

На правах рукописи



Касперович Екатерина Владимировна

**ТЕХНОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ
МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
НА СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ ПРИКАМЧАТСКИХ ВОД**

Специальность 03.02.08 – Экология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Петропавловск-Камчатский
2011

Работа выполнена в федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Камчатский государственный технический университет» (ФГОУ ВПО «КамчатГТУ»)

Научный

руководитель: доктор технических наук
Исаков Александр Яковлевич

Официальные оппоненты: доктор химических наук, доцент
Швецов Владимир Алексеевич

доктор биологических наук
Токранов Алексей Михайлович

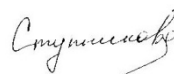
Ведущая организация: Федеральное государственное унитарное предприятие «Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГУП «МагаданНИРО»), г. Магадан

Защита состоится «10» июня 2011 г. в 14³⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 307.008.01 при Камчатском государственном техническом университете по адресу: 683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, д. 35, зал ученого совета. Факс (4152) 420-501.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО «КамчатГТУ».

Автореферат разослан « 07 » мая 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат биологических наук



Н.А. Ступникова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В последние годы изучение проблем загрязнения Мирового океана в значительной мере направлено на экологические аспекты эксплуатации объектов морского транспорта. Это внимание обусловлено повышением интенсификации морского судоходства, усилением экологических последствий аварийности судов, приводящих к разливам нефти. Между тем в процессе эксплуатации каждого судна образуются отходы, которые в составе судовых стоков попадают в море и воздействуют на экосистему на различных уровнях ее организации. Еще в 1973 г. Международной морской организацией с целью разработки мер по контролю и запрещению сбросов с судов различных веществ была принята Конвенция по предотвращению загрязнения моря с судов – МАРПОЛ 73/78 (Международная конвенция..., 1995; и др.). Но появление документов, регламентирующих экологическую безопасность моря, коренным образом не изменило ситуацию.

Специальные исследования морских экологов свидетельствуют об увеличении концентраций поллютантов в верхних отделах шельфа российских морей до критических значений (Романкевич и др., 2004; Клёнкин, 2008; Немировская и др., 2009; и др.). Они указывают на то, что значительный вклад в загрязнение морей вносят объекты транспорта. При этом анализ влияния хозяйственной деятельности рыбопромыслового флота на экосистемы в мористых районах, отдаленных от портов и транспортных магистралей, не приводится.

В биопродуктивных районах концентрируется большое количество судов флота рыбной промышленности (ФРП). Здесь накопление судовых стоков (СС) возрастает, их сброс происходит постоянно, но никем не учитывается. Методики, позволяющие рассчитать совокупную массу загрязняющих веществ, сбрасываемых в составе СС, отсутствуют. Во время бункеровки судов ФРП в режиме их повседневной деятельности происходят протечки нефтепродуктов (НП). Однако исследования мест бункеровки флота и населяющей их флоры и фауны гидробионтов у камчатского побережья до сих пор никем не проводились. Во время промысла на открытом пространстве, например Охотского моря, интенсивность судоходства, концентрация судов, а следовательно, совокупный сброс поллютантов, содержащихся в составе СС, может быть весьма значительным и негативно воздействовать на экосистемы прикамчатских вод.

Цель исследования. Изучение негативного влияния рыбопромыслового и обслуживающего его флота на состояние экосистем прикамчатских вод. Для реализации поставленной цели определены следующие **задачи исследования:**

- проанализировать сезонную динамику интенсивности судоходства в рыбопромысловых подзонах Охотского моря и определить объем всех стоков, поступающих с судов;
- разработать методику оценки массы загрязняющих веществ, сбрасываемых со стоками судов в рыбопромысловые подзоны;

- оценить качественный состав вредных судовых сбросов и изучить физико-химические характеристики судовых льяльных вод;
- провести обследование мест бункеровки флота, определить уровень их загрязнения нефтепродуктами, фенолами и тяжелыми металлами и дать комплексную характеристику их экологического состояния;
- изучить состояние макробентоса в местах бункеровки флота, определить воздействие токсикантов на морфофизиологическое состояние донных организмов на примере двустворчатого моллюска – *Mytilus trossulus*.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

- Льяльные воды (ЛВ), даже прошедшие на судах существующую очистку сохраняют опасные свойства нефти и вместе с другими СС представляют собой реальную угрозу экологической безопасности важнейших в рыбохозяйственном отношении акваторий и создают предпосылки к возникновению в прикамчатских водах чрезвычайной экологической ситуации.
- Места бункеровки флота и перевалки НП в б. Авачинская губа являются источниками хронического загрязнения, которое приводит к глубокой деструкции биотического компонента экосистемы на всех уровнях его организации.

Научная новизна. Разработана методика, позволяющая оценивать массы загрязняющих веществ, сбрасываемых со стоками судов в рыбопромысловые подзоны (РПП). Установлено, что сброс судовых ЛВ, даже прошедших на судах существующую очистку, происходит в виде полидисперсных множественных эмульсий, содержащих в т. ч. токсичные элементы – НП, СПАВ, фосфор, тяжелые металлы и др. Обнаружено, что нефтесодержащий слой ЛВ сохраняет свойства продукта переработки сырой нефти. Выявлено, что в судовых ЛВ содержатся нефтяные компоненты в масляной, растворенной, эмульгированной и адсорбированной формах. Физико-химические свойства ЛВ сохраняют опасные для морских экосистем свойства нефти. Установлено, что эти судовые стоки являются основным источником внесения в морскую среду наиболее опасной формы токсичных элементов – эмульгированной.

Показано, что стоки технологических помещений (ВТП) и хозяйственно-бытовые воды (ХБВ) судов, очистка которых не предусмотрена законодательством, содержат токсичные поллютанты – взвешенные вещества (ВЗВ), СПАВ, фосфор, железо и др. Определено, что операции с НП объектов транспорта оказывают негативное воздействие на морскую среду и приводят к накоплению НП, фенолов и тяжелых металлов (ТМ) в грунтах и гидробионтах. Показано, что места проведения бункеровки НП и их перевалки являются источниками хронического загрязнения экосистем и переноса загрязняющих веществ в соседние районы.

Личный вклад. Планирование НИР по теме диссертации, их реализация и последующий анализ полученных данных выполнены автором самостоятельно. Непосредственно автором проводился отбор проб судовых стоков и их химический, микрометрический и качественный анализ. Автор была организатором, ответственным исполнителем и участником исследований, проведен-

ных в б. Авачинская губа, а также участвовала в обработке собранных материалов, их последующем анализе и обобщении.

Практическая значимость работы заключается в развитии теоретических и методических аспектов экологии на морском транспорте, способствующих усовершенствованию систем оценки негативного воздействия транспорта на морские экосистемы при осуществлении хозяйственной деятельности. Научно обоснована необходимость ужесточения требований природоохранного законодательства, предъявляемых к судовым сбросам в рыбопромысловые подзоны и очистке стоков до концентраций, установленных для рыбохозяйственных водоемов. Полученные результаты работы можно также использовать для разработки и совершенствования системы экологического мониторинга и контроля на транспорте, в т. ч. для разработки программно-аналитического комплекса «Оценка и прогнозирование массы загрязняющих веществ, сбрасываемых со стоками судов в промысловые подзоны» на базе существующей Отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов (ОСМ).

Результаты работы можно применять для расчета производительности портовых сооружений по сбору и обезвреживанию СС и моделирования физико-химических процессов, происходящих с ЛВ на море. Полученные результаты также могут быть использованы для разработки мер, способствующих пересмотру требований по очистке СС при их сбросе за борт судна, разработки и совершенствования методов проектирования природоохранной техники водного транспорта и оценки влияния объектов транспорта на море при разработке природоохранных проектов, в т. ч. планов ЛРН, ОВОС и др.

Апробация работы. Основные положения работы были доложены на научных международных и региональных конференциях: «Экономические, социальные, правовые и экологические проблемы Охотского моря и пути их решения» (Петропавловск-Камчатский, 2004); «Наука и молодежь в XXI веке» (Петропавловск-Камчатский, 2005); «Рыбохозяйственные исследования Мирового океана» (Владивосток, 2005); «Экономические, социальные, правовые и экологические проблемы Охотского моря и пути их решения» (Петропавловск-Камчатский, 2006); «Проблемы ресурсов и геоэкология» (Пенза, 2006); «Экологические аспекты освоения нефтегазовых месторождений» (Владивосток, 2009); «Экология и природопользование» (Петропавловск-Камчатский, 2010).

Результаты работ по разделу «Физико-химические характеристики льяльных вод» награждены Грамотой ФАР РФ «КамчатГТУ» в конкурсе научных докладов «Наука и молодежь в XXI веке» (Петропавловск-Камчатский, 2005).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы. Работа изложена на 154 страницах машинописного текста и содержит 48 таблиц и 28 рисунков.

1. ВЛИЯНИЕ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ

В настоящей главе приводится подробный обзор загрязнения морских акваторий России, в т. ч. Дальнего Востока и прикамчатских вод. Наблюдение за загрязнением промысловых районов Камчатки показывает, что здесь основным источником сброса загрязняющих веществ является хозяйственная деятельность рыбопромыслового и обслуживающего его флота. При этом загрязнение моря НП происходит во время бункеровки судов ФРП с обеспечивающих их танкеров и при сбросе ЛВ. Во многих работах современных авторов показано также, что даже в морских портах, находящихся под надзором многочисленных природоохранных органов, складывается неблагоприятная экологическая обстановка, обусловленная сбросом за борт ЛВ, отработанных масел и мусора (Семанов, 1999; Рюмин, 2004; Щербаков, 2007; Ермолина, 2010; и др.). Известны также случаи интродукции морскими судами чужеродных организмов, приводящих к биоинвазии (Звягинцев и др., 2008; и др.).

В судовых стоках содержатся НП, тяжелые металлы (ТМ) и биогенные элементы. В повышенных концентрациях и в форме ряда соединений эти поллютанты становятся сильнейшими токсикантами и способны оказывать канцерогенное и мутагенное воздействие, особенно на бентосные и придонные виды и сообщества. Их воздействие на гидробионты проявляется в интоксикации, появлении канцерогенного и тератогенного эффектов, нарушении функций пищеварительной, нервной и других систем. Они ухудшают кислородный режим и замедляют процессы самоочищения вод, обладают сильными антисептическими свойствами, подавляют развитие микроорганизмов и нарушают биологические процессы в воде и т. д. (Шварц и др., 1960; Калугина и др., 1967; Влияние разлива..., 1984; Проблемы химического..., 1985; Христофорова, 1989; Бенжицкий, 1990; Саенко, 1992; Галимов и др., 1996; Бачурин, 2000; Ващенко, 2000; Патин, 2001; Ключкова, Березовская, 2001; Романкевич, Айбулатов, 2004; Подгурская, Кавун, 2005; Степаньян, 2008; и др.).

2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Прикамчатские воды характеризуются суровыми климатическими условиями и продолжительными сроками ледовых фаз, что соответствует низким температурам воды. Известно, что скорость процесса окисления разных форм нефти зависит от температуры. Следовательно, в изучаемых районах процессы окисления и нейтрализации экосистемой НП и других загрязняющих веществ будут проходить медленно, поэтому поллютанты будут трансформироваться в морской среде и аккумулироваться в грунтах и живых организмах. Здесь они могут проявлять синергический эффект загрязняющих веществ, выраженный в негативном воздействии на биоту.

Проведенные исследования показывают, что гидрометеорологические особенности в районе Западно-Камчатской (Зап.Камч.) и Камчатско-Куриль-

ской (Камч.Курил.) рыбопромысловых подзон способствуют переносу загрязняющих веществ, сбрасываемых в составе стоков судов, в следующие районы: 1) мелководная часть Камчатского шельфа: а) вдоль всего побережья западной Камчатки в период июль – сентябрь; б) вдоль южного берега западной Камчатки (ниже 58° с. ш.) в период июнь – ноябрь; 2) глубоководная часть Камч.Курил. РПП в период декабрь – июнь (Касперович и др., в печати).

3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования загрязнения судовыми стоками мористых районов западной Камчатки проводились путем опроса уполномоченных органов, населения и экипажей судов, а в б. Авачинская губа – при обнаружении проведения судами несанкционированных сбросов стоков. Были изучены проводимые на судах ФРП операции с НП и по обработке гидробионтов, а также операции по удалению стоков за борт. Изучение указанных судовых операций позволило прийти к выводу, что возможно применять принцип аналогии проведения работ по обработке гидробионтов на судах и береговых рыбных заводах, операций с НП на открытых акваториях морей и в портах. Отбор проб стоков проводился в период 2004–2008 гг. в морском порту Петропавловск-Камчатский у вернувшихся в порт судов ФРП. Были изучены следующие виды судовых стоков: сточные воды (СВ), ХБВ, ЛВ и ВТП. При этом СВ и ХБВ были объединены под названием хозяйственно-фекальные сточные (ХФС) воды.

Исследование и отбор проб морской воды, донных осадков и гидробионтов проходили в ноябре 2009 г. в б. Авачинская губа в рамках проводимого Росприроднадзором природоохранного мероприятия. Программа этого мероприятия «Установление источников повышенного риска и оценка воздействия на морскую акваторию б. Авачинской губы в районах мест бункеровки, разработка программы благоустройства мест бункеровки с целью предупреждения ЧС(Н)», разработанная автором, была заявлена на финансирование ФГУ «Камчаттехмордирекция» и включена в План природоохранных мероприятий Федеральной службы по надзору в сфере природопользования. Среди гидробионтов рассматривались ламинариевые водоросли рода *Saccharina* и видов *Alaria marginata*, *Arthrothamnus bifidus*, *Laminaria longipes*, *Laminaria yezoensis*, *Fucus evanescens*. Наиболее подробно изучался двустворчатый моллюск *M. trossulus*, т. к. известно, что этот вид-сестонофаг признан одним из лучших объектов для проведения биотестирования в морских водах.

Исследования и анализ сезонной динамики интенсивности судоходства проводились по всем рыбопромысловым подзонам Охотского моря с использованием программного обеспечения – ОСМ. При этом проведенные исследования, позволившие сделать оценку массы сбросов поллютантов в составе СС, выполнены для Зап.Камч. РПП. В качестве примера на рис. 1 представлена электронная карта ОСМ и показано передвижение в Охотском море судов типа МРС в августе 2005 г. Видно, что суда движутся по всей акватории моря. Здесь на расстоянии более 22 км от берега на горизонте 0–5 м во время хода судна сбрасываются СС.

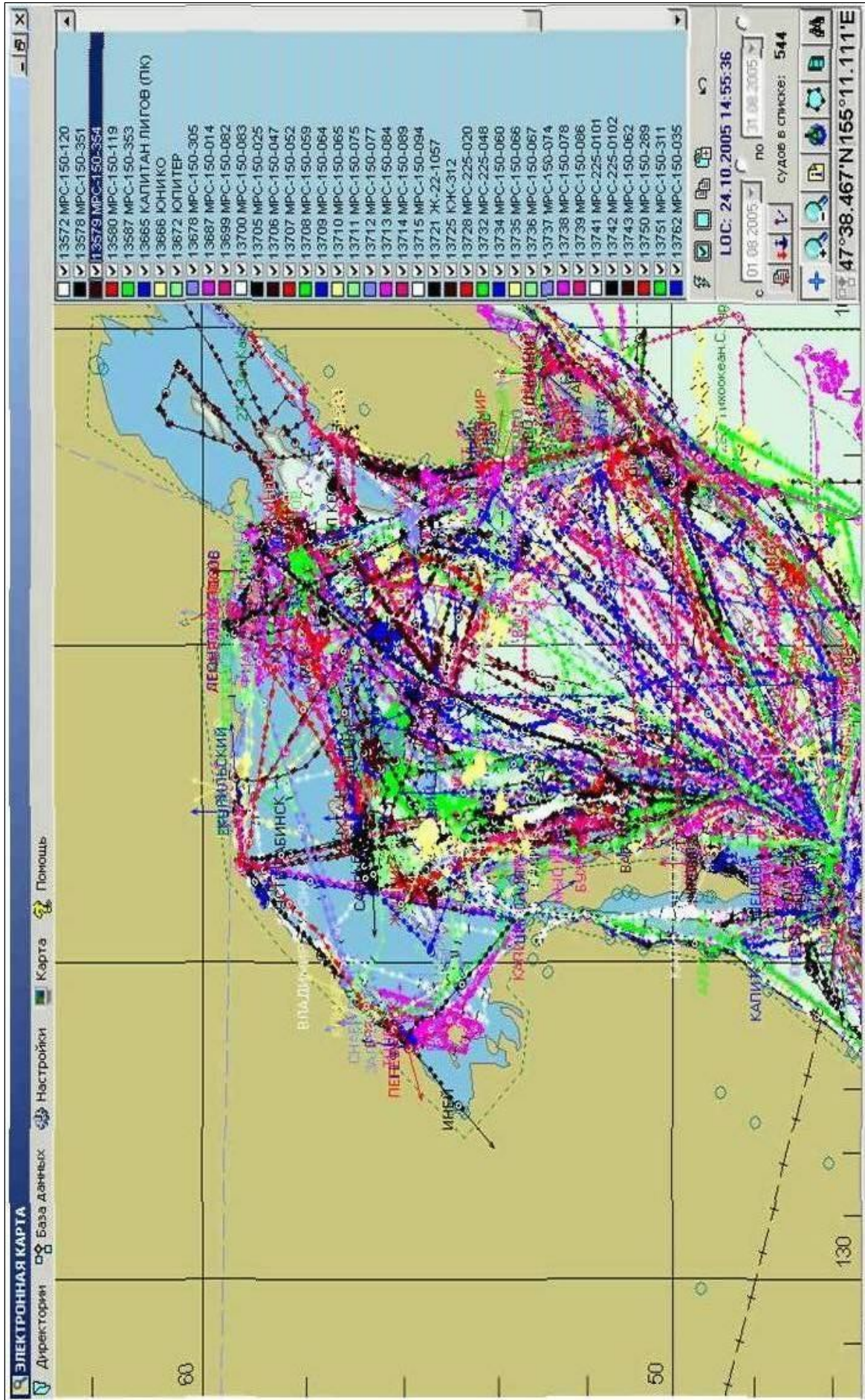


Рис. 1. Передвижение судов типа МРС в августе 2005 г. в Охотском море

Опасность сброса СС может усугубляться их способностью к перемещению и трансформации в морской среде. Так, в 2007 г. был замечен несанкционированный сброс ВТП судна в акваторию б. Авачинская губа (рис. 2 и 3). Из рис. 2 видно, что выпуски ВТП судна не оборудованы и сброс происходит на поверхность акватории, а из рис. 3 – что поля ВТП разносятся на большие расстояния и не рассеиваются мгновенно. Проведенные в 2007–2008 гг. исследования показали, что дрейфующие поля СС могут находиться на поверхности моря длительное время и загрязнять побережье. Так, например, за период 2007–2008 гг. на акватории б. Авачинская губа было зафиксировано 21 дрейфующее пятно НП. Опрошенные экипажи судов ФРП сообщают, что в теплый период года во время штиля в районах, отдаленных от мест бункеровки судов, в Охотском море часто можно увидеть пленку НП. К сожалению, визуально определить дрейфующие поля всех СС, например ВТП, невозможно. В зимний период во время промысла на огромной площади поверхности льда и снега отчетливо видны следы всех видов СС и НП.



Рис. 2. Сброс судовых стоков от технологического помещения судна после обработки рыбы



Рис. 3. Перемещение полей ВТП судна по морской акватории (на фото вид спустя 6 ч после сброса)

Методика оценки массы загрязняющих веществ, сбрасываемых со стоками судов флота рыбной промышленности

В качестве источников негативного влияния на окружающую среду, как правило, принимаются стационарные источники, а передвижные рассматриваются с позиции минимизации негативного влияния конкретных «площадок», к которым также можно отнести акватории морских портов. При оценке совокупного влияния источников загрязнения в границах «площадки» определяют количество расположенных на ней источников, режим их работы, концентрацию поллютантов в составе выбросов и сбросов. Для судов ФРП определить режим работы крайне сложно, т. к. они в течение промысловых рейсов неоднократно меняют свое местоположение. При этом движение судна из одной точки в другую можно описать с помощью показателя интенсивности судоходства, который применим к промысловому участку, следовательно, и к определенной «площадке». В связи с тем, что рыбохозяйственное районирование делит Охотское море на РПП, в настоящее время возможно определить количество поллютантов, сбрасываемых в составе СС.

Рассмотрим условия, при которых определяется масса загрязняющих веществ, поступающих в водный объект со сточными водами для стационарных источников:

$$m_i = V \cdot C_i \cdot k, \quad (1)$$

где m_i – масса i -го вредного (загрязняющего) вещества, например НП или СПАВ, сбрасываемого с одного выпуска, кг; V – объем сбрасываемых сточных вод, м³; C_i – концентрация i -го вредного вещества на сбросе сточных вод, мг/л; $k = 10^{-3}$ – единица перевода размерности величин.

Величина m_i (кг) определяется количеством заходов в промышленный район судна и его временем пребывания там. Накопление СС зависит от интенсивности судоходства (Зубрилов и др., 1989; Исаков и др., 2004; и др.). В этом случае формула (1) для передвижных источников сброса принимает вид:

$$m_i = q \cdot C_i \cdot t \cdot k, \quad (2)$$

где q – расход воды, поступающей на производственные (технологические) или хозяйственно-бытовые нужды, необходимый для расчета определенного стока, а также накопление ЛВ в цистернах, м³/сут; C_i – концентрация i -го вредного вещества в сбрасываемом стоке, мг/л; t – время пребывания судна в определенном РПП, сут.

Для определения суммарной массы сброса i -го загрязняющего вещества, поступающего в водный объект от всех находящихся в промежутке времени в промышленном районе судов, по одному виду стока, $m_{\Sigma i}$ (кг) формула (2) примет вид:

$$m_{\Sigma i} = Q C_{(c)} t_{\eta} k, \quad (3)$$

где Q для ВТП, ХБВ, СВ и ЛВ определяется по формуле (5), м³/сут; $C_{(c)}$ – усредненная концентрация i -го вредного вещества одного вида стока, мг/л; t_{η} – интенсивность судоходства, т. е. количество заходов в промышленную подзону судов ФРП за период времени, сут. Один судозаход равен нахождению судна в РПП не менее 12 ч.

Во всех СС содержатся практически идентичные загрязняющие вещества (например, ВЗВ, фосфаты и т. д.), а также вещества, присущие конкретному виду стока. Поэтому для определения суммарной массы сброса i -го вредного вещества, поступающего в водный объект со всех стоков, множественного количества судов в промышленный район формула (3) примет вид:

$$M_i = \sum_{i=1}^{m_{\Sigma i}} k, \quad (4)$$

где M_i – совокупная масса i -го загрязняющего вещества, сброшенная за определенный период времени от всех находящихся в РПП судов ФРП, содержащегося во всех видах стока, т.

Суммарный расход воды (Q) определяется как сумма произведений общего накопления (расхода) (q) определенного стока на определенном типе судов (s) в промышленном районе в определенный период времени, м³/сут, и рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{q_{s1}n_1 + q_{s2}n_2 + \dots + q_{sx}n_x}{K}, \quad (5)$$

где n – количество судов определенного типа, находящееся в промысловом районе в определенный период времени; s – тип (проект) судна, находящегося в промысловом районе в определенный период времени; K – рассматриваемый промежуток (период) времени, ед.

Усредненная концентрация ($C_{(C)}$) i -го вредного вещества в сбрасываемых стоках, мг/л (мг/дм³), вычисляется как средняя величина между известными значениями поллютантов, полученными за предыдущие годы:

$$C_{(C)} = \frac{C_{i1} + C_{i2} + \dots + C_{iz}}{z}, \quad (6)$$

где z – количество анализов, проведенных по одному виду стока на наличие i -го вредного (загрязняющего) вещества.

Определение расхода воды

До настоящего времени для судов нет нормативов по использованию воды для обработки гидробионтов и хозяйственно-бытовых целей. Поэтому расчет сброса стоков ВТП судов проводился по нормативам, применяемым к разделочно-морозильным участкам строящихся рыбозаводов по СНиП 2.04.01-85. Было установлено, что при наличии на судне разделочного конвейера на 14 рабочих мест расход воды на обработку рыбы составляет 73,35 м³/сут. Для расчета сброса СВ и ХБВ применялись объемы их среднесуточных накоплений у грузового флота – 200–250 л/чел, установленные Ленинградским институтом водного транспорта, которым также было показано, что состав этих стоков близок к городскому (Зубрилов и др., 1989). Объемы накопления ЛВ в машинных помещениях судов (за сутки) определялись по отраслевому стандарту ОСТ 5.5064-83. Отметим, что вследствие физической изношенности судов ФРП накопление ЛВ может происходить в больших объемах. Суммарный расход воды для ЛВ, ХФС и ВТП судов рассчитывался по формуле (5).

Определение интенсивности судоходства

Для определения интенсивности заходов судов ФРП в РПП использовались данные электронных таблиц ОСМ, составленных по форме № 2.8 «Диаграмма и анализ работы промысловых судов». В настоящее время эти сведения являются наиболее достоверным источником о передвижении судов ФРП (Отраслевая система..., 2010). Целью обработки данных ставилось определение РПП Охотского моря с максимальным показателем интенсивности судоходства в них за период 2003–2008 гг. Критерием для его выявления было более 1500 судозаходов (с. з.) в год в одну РПП. В 2009 г. проводилась обработка имеющихся данных по разграничению показателя интенсивности судоходства по водоизмещению и типу судов, курсирующих в РПП.

Определение усредненной концентрации загрязняющих веществ

Для изучения физико-химического состава ЛВ было обследовано более 50 судов ФРП, находящихся в морском порту Петропавловск-Камчатский. От-

бор проб ЛВ проводился для определения: а) органолептических характеристик ЛВ; б) объемного состава ЛВ; в) физических характеристик нефтепродуктов: фракционный состав, температура вспышки, плотность, вязкость. Также ставилась задача провести микрометрический анализ проб ЛВ и их химический анализ (табл. 1). Определение плотности НП (при температуре 20°C) выполнено по ГОСТ 3000-85, фракционного состава (при температуре водяной бани 50°C и выкипания 50% и 96%) – по ГОСТ 2177-99, вязкости (при температуре 20°C) – по ГОСТ 33-2000, а температуру вспышки в закрытом тигле – по ГОСТ 6356-75. Микрометрический анализ проб проводился при увеличениях микроскопа – 10×10×1,2; 25×10×1,2; 40×10×1,2 и 60×10×1,2, для этого было отобрано 18 проб и рассмотрено более 360 образцов. Для определения физических характеристик ЛВ было отобрано 36 проб, органолептических характеристик и объемного состава ЛВ – 14, а для проведения химического анализа – 97.

Для определения химического состава ВТП судов были проведены исследования сточных вод рыбозаводов, сбрасываемых без очистки в б. Авачинская губа. Также проводились обработка имеющихся у природоохранных организаций результатов анализов ВТП судов и отбор проб стоков, сбрасываемых незаконно и без очистки в акваторию бухты. Всего было обработано более 144 результатов анализов, выполненных по табл. 1.

Исследования, проведенные ранее (Косовский, 1982; Зубрилов и др., 1989), показывают, что для определения состава судовых ХФС можно использовать показатели поллютантов городских стоков. Поэтому был проведен камеральный выбор выпусков сточных вод МУП «Петропавловский водоканал» по следующим критериям: отсутствие на территории населенных пунктов совмещенной ливневой и хозяйственно-бытовой канализации; отсутствие специфических стоков промышленных предприятий; небольшой населенный пункт; сброс происходит без очистки. Были обработаны результаты анализов за 2 года по 6 выпускам сточных вод населенных пунктов, удовлетворяющих вышеперечисленным условиям. Методики и оборудование, которые применялись для химического анализа СС, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Методики проведения химического анализа проб судовых стоков

Определяемый компонент, мг/дм ³	Нормативно-техническая документация	Средство измерений
Взвешенные вещества	ПНД Ф 14.1:2.110-97	рН-метр рН150МИ; Весы лабораторные электронные ME 21SS; Термооксиметр AQYA-OXY; фотометр КФК-3-01-«ЗОМЗ»; Сушильный шкаф СНОЛ-24/200; и др. в соответствии с ПНД
Ион аммония	ПНД Ф 14.1:2.1-95	
Нитриты	ПНД Ф 14.1:2.3-95	
Нитраты	ПНД Ф 14.1:2.4-95	
Фосфаты	ПНД Ф 14.1:2.112-97	
Хлориды	ПНД Ф 14.1:2.96-97	
Сульфаты	ПНД Ф 14.1:2.108-97	
	ПНД Ф 14.1:2.159-2000	
Железо	ПНД Ф 14.1:2.2-95	
СПАВ	ПНД Ф 14.1:2.96-97	
Нефтепродукты (г/кг)	ПНД Ф 14.1:15-95	
Сухой остаток	ПНД Ф 14.1:2.114-97	

Определение массы поллютантов, сброшенных с судовыми стоками

Расчеты сброшенной массы загрязняющих веществ в составе СС за период 2003–2008 гг. были выполнены по Зап.Камч. РПП. Для расчета суммарной массы сброса поллютантов по формуле (3) применялись их усредненные концентрации в составе конкретного вида СС. Так, например, сначала была рассчитана масса фосфатов в составе ВТП судов, сброшенных в 2003 г. Совокупная масса поллютантов, сброшенная с СС в РПП за указанный период, определялась по формуле (4). Отметим, что расчет полученной массы поллютантов проводился на основе количества заходов судов в Зап.Камч. РПП и не учитывал повторные сбросы СС и дни, проведенные судами на промысле за указанный период.

Методы оценки влияния поллютантов на состояние морской среды в местах проведения операций с нефтепродуктами

Для оценки воздействия морских транспортных средств на состояние экосистем прикамчатских вод выполнено комплексное обследование 12 мест проведения объектами транспорта операций с НП (далее – места бункеровки) в б. Авачинская губа. Обследование поверхностного и придонного горизонта бухты включало отбор проб гидробионтов, донных осадков и морских вод, их химический анализ, а также видеосъемку бентоса, промеры глубин и слоя донных отложений. Также были обследованы места возможного негативного воздействия СС. Для определения этих районов использовалось программное обеспечение «VOS 5L/REA» – модель прогноза распространения нефтяного разлива. Фоновым районом была выбрана б. Спасения (Авачинский залив).

В качестве вида-индикатора был выбран *M. trossulus*. Для изучения размерно-массовых характеристик друзы мидий разбирали по отдельным экземплярам, которые взвешивали и измеряли. Полученные результаты записывали в одну из восьми размерных групп. Очищенные от раковин органы и ткани мидий отправляли на химический анализ. Отбор проб морской воды проводили в верхнем, среднем и придонном горизонте в каждом месте обследования и сразу измеряли Eh, pH и температуру воды. В ходе изучения проб грунтов определялись их гранулометрический состав и количество содержащихся в нем детрита, гидробионтов и их остатков. Гидробионты относили к крупным таксономическим категориям. В табл. 2 показаны методы химического анализа проб морской воды, гидробионтов и донных осадков, а также поллютанты, на содержание которых они проверялись.

Методы химического анализа проб гидробионтов, донных осадков и морской воды

Определяемый компонент, мг/л	Методы химического анализа проб (нормативно-техническая документация; средство измерений, метод)			
	Морские воды		Гидробионты и грунты	
БПК/5, мг/л О	ПНДФ 14.1.2.3:4.123-97	Титриметрия	–	–
ХПК/5, мг/л О	ПНДФ 14.1:2.100-97	Титриметрия	–	–
Cu (медь)	ПНДФ 14.1:2:4.140-98	ААС Analyst-800	НСАМ 450-С	ICP Optima 2000DV
Zn (цинк)	ГОСТ Р 51309-99	ICP Optima 2000DV		
Pb (свинец)	ПНДФ 14.1:2:4.140-98	ААС Analyst-800		
Ni (никель)	ГОСТ Р 51309-99	ICP Optima 2000DV		
Cd (кадмий)	ПНДФ 14.1:2:4.140-98	ААС Analyst-800		
ПАВ	ГОСТ Р 51211-98	Фотометрия, КФК-3М		
Нефтепродукты	ГОСТ Р 51797-2001	ИК спектрометр КН-2	ГОСТ Р 51797-2001	Весы ВЛР-200
Фенолы летучие	НСАМ452ХГ	Хроматограф Кристалл 2000М	Газовая хроматография после экстракции этилацетатом	Хроматограф Кристалл 2000М

При проведении исследований было отобрано 74 пробы морской воды, 73 – гидробионтов и 44 – донных осадков. Всего было проведено 180 анализов морских вод, 252 – гидробионтов и 147 – донных осадков.

4. СУДОВЫЕ СТОКИ ФЛОТА РЫБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК ФАКТОР НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИКАМЧАТСКИЕ ВОДЫ ОХОТСКОГО МОРЯ

Для исследования техногенного воздействия объектов транспорта на экосистемы прикамчатских вод выбрано Охотское море, что обусловлено многолетним хроническим загрязнением его биопродуктивных районов поллютантами, сбрасываемыми в составе стоков судов ФРП. Для оценки массы этих загрязняющих веществ разработана собственная методика, которая применима ко всем рыбопромысловым районам Дальнего Востока. Исследования, позволившие сделать расчет массы поллютантов, выполнены по Западно-Камчатской РПП, что обусловлено интенсивностью судоходства. Были изучены химический состав СС и физические характеристики ЛВ.

Согласно результатам обработки данных формы № 2.8 «Диаграмма и анализ работы промысловых судов» ОСМ основная нагрузка на рыбопромысловые подзоны Охотского моря в 2003 г. приходилась на Северо-Охотоморскую (2476 с. з.), Камчатско-Курильскую (2149 с. з.) и Западно-Камчатскую (1710 с. з.) РПП. Максимальный показатель интенсивности в этих РПП отмечен в период «зимней минтаевой путины» в декабре – апреле. Аналогичные результаты получены при обработке данных формы № 2.8 за 2004–2005 гг. Интенсивность судоходства в Камчатско-Курильскую РПП составляет 8522 с. з. за период 2003–2008 гг. и является максимальной по сравнению с Северо-Охотоморской – 8389 с. з. (94%) и Западно-Камчатской – 7096 с. з. (83%).

Проведенные исследования показали, что в биопродуктивных районах Охотского моря в холодное время года сконцентрировано большое количество судов ФРП, осуществляющих сброс в море. При этом состав СС недостаточно изучен, исследования современных авторов направлены на очистку ЛВ от НП с концентрацией на сбросе до 15 мг/л. Судовые СВ если и проходят очистку, то от кишечной палочки и ВЗВ. По настоящее время ХБВ и ВТП судов считаются неопасными для морских экосистем. Однако результаты анализов ВТП судов, сбрасываемых в акваторию б. Авачинская губа, показали их значительную загрязненность. При этом на морской поверхности были видны остатки рыбы-сырца (головы, жабры, слизь, отбракованные тушки и т. д.). Их визуальное и органолептическое исследование установило, что ВТП представляют собой сильно загрязненные воды с включением жира, взвесей и белковых коагулянтов. Пробы имели явно выраженный гнилостный запах сточных вод и разложившихся рыбных отходов. Концентрации поллютантов в месте сброса ВТП превышали фоновые показатели вод бухты по ВЗВ в 12,6 раза, азоту аммонийному – 3,2, нитритам – 38 800, нитратам – 3,9, фосфатам – 92,5 и фосфору – 47,9.

Обработанные по формуле (6) результаты анализов за 2 года по 6 выпускам сточных вод населенных пунктов показали их значительную загрязненность поллютантами. Их усредненные концентрации составляли по ВЗВ – 117 мг/л, СПАВ – 1,21, БПК₂₀ (БПК₅) – 100,58 (75,62) и НП – 0,56 и т. д. При этом значения БПК₅ и ВЗВ, содержащихся в сточных водах поселков, аналогичны данным, полученным В. И. Косовским с соавторами в 1984 г., что подтверждает возможность применения показателей загрязняющих веществ хозяйственно-фекальных вод поселков для определения возможного химического состава ХФС судов.

В отличие от рассмотренных выше судовых стоков ЛВ представляют собой сложную физико-химически измененную структуру отработанных НП и воды. Традиционно к этим стокам относились как к нефтесодержащим, и их химический состав недостаточно изучен. Для понимания экологической опасности ЛВ были исследованы их физико-химические характеристики. Визуальная оценка проб ЛВ на месте отбора показала, что они состоят из смеси НП и воды с включением взвешенных частиц. После отстаивания в течение 10 сут в лаборатории (рис. 4) ЛВ разделились по вертикали на первый слой, состоящий из нефтепродуктов (СНП), второй – морской воды (СМВ) и третий – осадка (ОС). Из рис. 4 видно, что НП присутствуют в ЛВ от $V_1(\min) \cong 1\%$ до $V_1(\max) \cong 100\%$, что в целом совпадает с результатами, полученными С. П. Зубриловым с соавторами (1989), А. Я. Исаковым (2002) и др.

Было установлено, что в ЛВ обследованных судов усредненное объемное содержание СНП составляет 43,2%, ОС – 1,89% и СМВ – 54,91%. Эти результаты показывают, что даже при соблюдении судами природоохранного законодательства в море сбрасывается порядка 60% от накопленной нефтесодержащей воды. При нарушении законодательства сброс ЛВ происходит без очистки, при этом содержание СНП в них может достигать 100%.



Рис. 4. Пробы льяльных вод судов ФРП

На обследованных судах в период отбора проб ЛВ для собственных нужд использовались дизельное топливо (ДТ) и масла, поэтому их физические характеристики сравнимы с характеристиками топлива по ГОСТ 305-82. Было установлено, что характеристики ЛВ отличаются от требуемых для ДТ, но в составе ЛВ присутствует физико-химически измененное судовое ДТ (летнее). В среднем показатели лабораторных испытаний СНП отличались от требуемых паспортных данных для ДТ по фракционному составу (50% и 90%). СНП перегонялся при температуре выше нормы на 8–12°C, кинематической вязкости в среднем выше нормы на 3,1 мм²/с² и температуре вспышки в закрытом тигле выше нормы на 19°C.

Плотность СНП была в пределах нормы, но в отдельных случаях превышала требуемые значения на 7 кг/м³, при этом диапазон плотности СНП находился (при температуре 20°C) в пределах 841–866,7 кг/м³. Это характерно для легкой (830,1–850,0 кг/м³) и средней (850,1–870,0 кг/м³) нефти (Григорьев, 2003). Превышение показателей СНП связано с наличием в ЛВ воды и масел. При этом НП в составе ЛВ во многом обладают свойствами тех НП, которые в большей степени используются на судне. Следовательно, основными фракциями верхнего слоя ЛВ являются ДТ и отработанные масла, т. е. продукты переработки нефти. Вероятно, что при использовании на судне другого вида топлива физико-химические свойства СНП будут отличаться от полученных.

При проведении микрометрического анализа СНП установлено, что отобранные из него образцы состоят из неоднородной структуры, содержат частицы воды линзообразной, овальной и круглой формы с четкими краями темного цвета. Эти частицы были характерного размера, в больших количествах и стабильны во времени. Микрометрический анализ образцов НП с их последующей цифровой обработкой показал, что включенные в них частицы воды в диаметре составляют от $d_{\min} \leq 0,5$ до $d_{\max} \geq 60$ мкм, при этом среднеарифметический характерный размер частиц ($d_{\text{ср}}$) воды равен 0,5 мкм. На рис. 5 показан образец, взятый из СМВ.

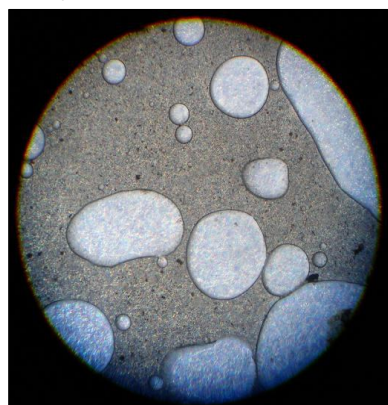


Рис. 5. Образец НП при увеличении 60×10×1,2

Согласно исследованиям Ф. Шермана (1972), чем меньше размер частиц, тем больше вязкость и стабильность эмульсии. Поэтому можно сделать вывод, что этот слой ЛВ состоит из эмульсии «вода в НП», которая весьма стабильна во времени. На рис. 6 показан образец, взятый из СМВ. Результаты микрометрического анализа образцов воды из этого слоя показали, что размеры частиц НП в их составе представлены диаметром от $d_{\min} \leq 0,5$ до $d_{\max} \geq 30$ мкм, а $d_{\text{cp}} = 1$ мкм. Таким образом, СМВ состоит из эмульсии «НП в воде».

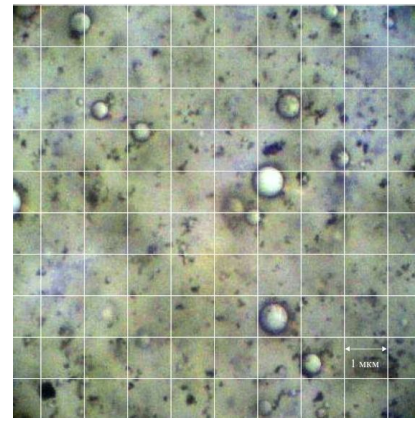


Рис. 6. Образец воды при увеличении $40 \times 10 \times 1,2$

При всех увеличениях микроскопа во всех образцах воды НП и ОС присутствовали твердые включения черного цвета. В последних также отмечены линзообразные капли НП. Было установлено, что с уменьшением диаметра частиц НП в образцах воды увеличивается их количество. Результаты анализов СМВ льяльных вод судов ФРП показали, что даже минимальное значение поллютантов в них превышает ПДК по НП в 3, а по СПАВ – в 1,8 раза. Максимальные значения поллютантов превышают ПДК по ВЗВ в 15 раз, по нитрит иону в – 1,1, фосфору – 4, хлоридам – 1,4, СПАВ – 113, а по НП более чем в 400 раз. Также было установлено, что в ЛВ содержится железо в количестве 0,09 мг/л (Потапов и др., 2006), а количество НП в смеси ЛВ может достигать 5248 мг/л и более.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что ЛВ имеют вид полидисперсных множественных эмульсий и не могут отстаиваться в судовых условиях. При этом очищенные ЛВ сбрасываются за борт с концентрацией по НП, превышающей ПДК (0,05 мг/л) в 300 раз. Даже прошедшие предусмотренную законодательством механическую «очистку» ЛВ содержат НП и ТМ в виде полидисперсных множественных эмульсий, что усиливает их экологическую опасность для экосистем прикамчатских вод.

Проведенные исследования СС показали их значительную загрязненность поллютантами, токсичными для морских экосистем. Их концентрации превышают ПДК, установленные для рыбохозяйственных водоемов в десятки, а в некоторых случаях даже в сотни раз. При этом оценка совокупной массы поллютантов, рассчитанной по формуле (4), показала, что с ВТП, ХФС и ЛВ судов только в Западно-Камчатскую РПП Охотского моря за период 2003–2008 гг. было сброшено (табл. 3) 234 тыс. т ВЗВ, 1,5 тыс. т фосфора, 690 т железа, 60 т ПАВ, 50 т НП и др. При учете количества проведенных дней на промысле судов ФРП за указанный период представленные в табл. 3 массы поллютантов увеличатся в 15–20 раз. Так, например, установлено, что в 2005 г. в Западно-Камчатской РПП судами ФРП было проведено 30 595 дней на промысле, при этом согласно формуле (3) сброшено только с ЛВ растворенных НП порядка 165 т и СПАВ 56,7 т.

**Совокупная масса загрязняющих веществ, сброшенных со стоками судов
в Западно-Камчатской рыбопромысловой подзоне за период 2003–2008 годов, тыс. т**

Наименование показателя	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	Всего за шесть лет
Взвешенные вещества	56,6	56,5	65,6	20,5	18,2	17,4	234,70
Ион аммония	0,18	0,18	0,21	0,07	0,06	0,06	0,75
Нитрит ион	20,86	20,83	24,19	7,55	6,72	6,42	86,57
Нитрат ион	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,09
Фосфор (общий)	0,38	0,38	0,44	0,14	0,12	0,12	1,58
Железо	0,17	0,17	0,19	0,06	0,05	0,05	0,69
СПАВ	0,02	0,01	0,02	0,01	0,005	0,005	0,06
Нефтепродукты	0,01	0,01	0,01	0,005	0,004	0,004	0,05
Сухой остаток	1 321,5	1 319,2	1 532,5	478,4	425,8	406,5	5 483,90

Таким образом, в ходе изучения СС установлено, что для экологической безопасности морских экосистем, уязвимых к воздействию техногенного пресса, необходимо пересмотреть природоохранные требования к очистке стоков судов. Так, ЛВ должны проходить очистку по приоритетному перечню поллютантов (ВЗВ, фосфор, нитриты, нитраты, хлориды, железо, ПАВ, НП и ТМ) до концентраций, установленных для рыбохозяйственных водоемов. ВТП и ХФС также требуют очистки от ВЗВ, фосфора, нитритов, нитратов, хлоридов, железа и ПАВ до концентраций, установленных для рыбохозяйственных водоемов. Для ЛВ необходима разработка требований к проведению практических природоохранных мер, направленных на установление современных систем экологической безопасности.

5. ВЛИЯНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, НЕФТЕПРОДУКТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СУДОВЫХ СТОКОВ НА СОСТОЯНИЕ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Загрязнение морских экосистем поллютантами, сбрасываемыми в составе СС, происходит также при проведении объектами транспорта операций с НП в ходе которых образуются протечки топлива и как следствие разливы нефти малой интенсивности. Бункеровка судов ФРП и разгрузка НП с танкеров на берег в районах промысла осуществляется в отведенных местах – разгрузочных пунктах (р/п). На рис. 7 показана карта-схема этих мест на акватории прикамчатских вод (авторские данные). Видно, что р/п расположены в биопродуктивных районах Камчатского шельфа, в т. ч. в устьях рек, подавляющее большинство которых являются местами нереста и обитания тихоокеанских лососей и относятся к водным объектам высшей и первой рыбохозяйственной категории. Из этого рисунка также видно, что со стороны восточного побережья п-ова Камчатка операции с НП объектов транспорта происходят и в б. Авачинская губа.

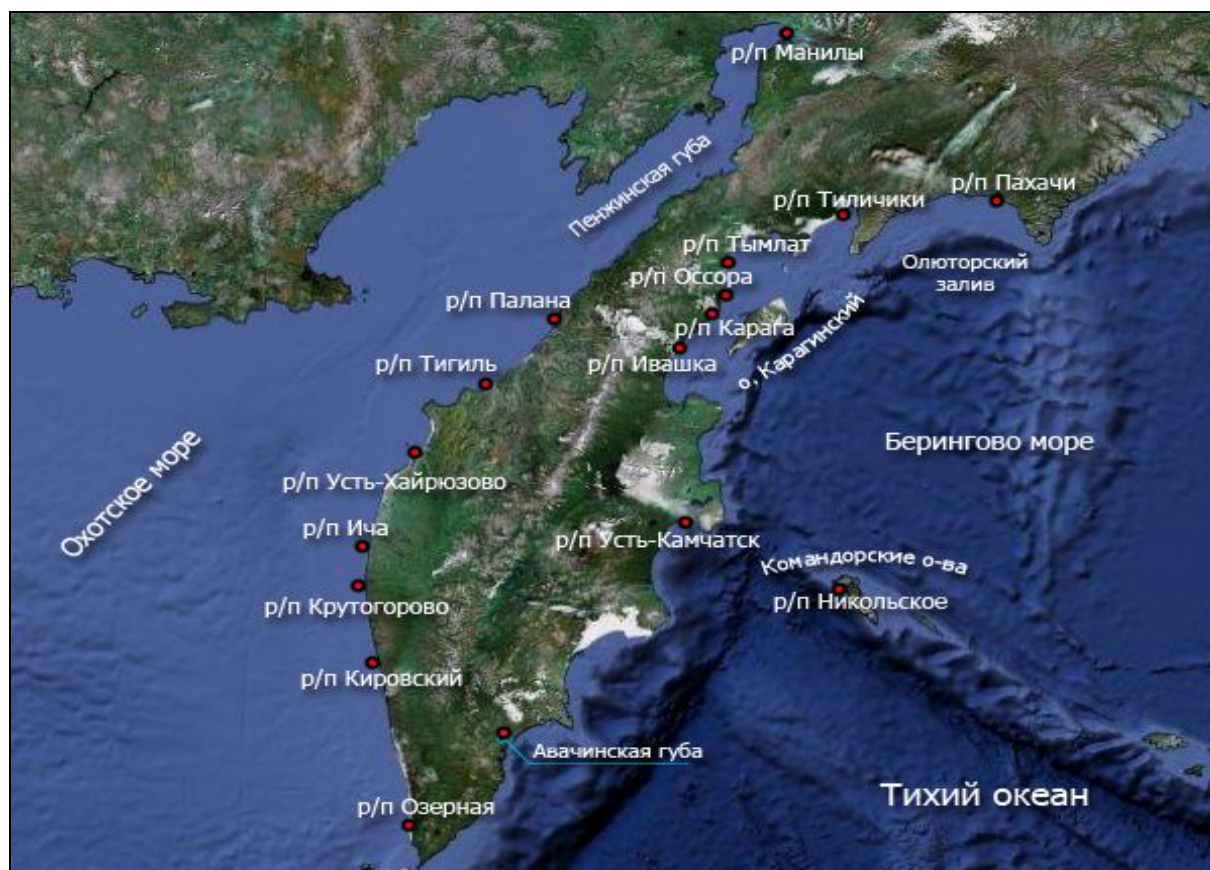


Рис. 7. Места проведения операций с НП объектов транспорта на морских акваториях, прилегающих к п-ову Камчатка

Изучение экологического состояния 12 мест бункеровки судов и нескольких районов возможного негативного воздействия СС, расположенных в б. Авачинская губа, а также анализ полученных данных по загрязнению грунтов, морских вод и гидробионтов, размерно-массовым характеристикам *M. trossulus* и их морфофизиологическому состоянию в каждом из районов исследования показали их значительную загрязненность. На рис. 8 и 9 в качестве примера представлены пробы донных отложений из этих мест. Видно, что места бункеровки очень загрязнены НП, наличие которых даже без применения специальных методов определялось по цвету и запаху. В районах возможного негативного воздействия СС видимые признаки присутствия поллютантов в экосистеме отсутствовали, однако понять, что она все-таки загрязняется, можно было по деструкции макрофитобентоса и нарастанию доминирования *M. trossulus* над сопутствующим ей видом усконогих ракообразных, в основном представителей рода *Balanus*.

Сравнение результатов анализов проб, отобранных во всех районах исследования, с ПДК, установленными для морских вод, имеющих первую и высшую рыбохозяйственную категорию, показало, что самые высокие превышения, в 10 раз над ПДК, наблюдаются у цинка. Концентрация фенолов в среднем превышала ПДК в 5,9 раза, а никеля в 5 раз. Превышение над ПДК по НП в среднем было в 1,6 раза, а максимальное в 8,6 раза. Концентрации всех поллютантов, которые контролировались в морских водах, превышали

ПДК, наименьшие показатели были повсеместно у кадмия (0,1 раза) и ПАВ (0,25 раза).



Рис. 8. Проба донных отложений, отобранная в районе б. Турпанка (б. Авачинская губа)



Рис. 9. Проба донных отложений, отобранная в районе м. Санникова (б. Авачинская губа)

Оценка распределения и количественного развития массовых видов макробентоса проводилась на основе изучения материалов подводной видеосъемки районов исследования. Было установлено, что в местах бункеровки флота макробентос характеризуется чрезвычайно скудным и однообразным видовым составом. Это набор полисапробных видов, заселяющих мягкие, заиленные грунты, – зеленые водоросли, морские звезды, актинии и мидии (рис. 10). При этом заросли водорослей встречались крайне редко. Изменчивым в местах бункеровки флота было количественное развитие усоногих, морских ежей и ламинарии. На рис. 11 в качестве примера представлены кадры подводной видеосъемки в б. Спасения.



Рис. 10. Кадр подводной видеосъемки в месте бункеровки в б. Авачинская губа



Рис. 11. Кадр подводной видеосъемки в б. Спасения (Авачинский залив)

Сравнительный анализ размерно-массовых характеристик *M. trossulus* из разных районов исследования показывает, что этот вид является оптимальным показателем экологического состояния морских акваторий. Характеристиками, отражающими условия обитания мидии, являются длина, толщина раковин и особенно общая масса тела. Так, сравнение соотношения средней массы внутренних тканей к усредненной массе раковин показывает, что оно в зависимости

от загрязнения морской среды может меняться от 53% до 65% у одноразмерных особей. При этом общая масса мидии уменьшается за счет недоразвития либо раковины, либо массы внутренних органов и тканей. В табл. 4 представлены результаты анализов внутренних органов моллюсков, собранных в местах бункеровки флота. Отметим, что у этого вида появление признаков уродства наблюдалось при содержании в них НП, фенолов и ТМ (особенно меди в количестве 1,6 мг/кг, цинка – 27 и свинца – 0,76 и др.).

Таблица 4

Накопление токсикантов в органах и мягких тканях двустворчатого моллюска *Mytilus trossulus*

Наименование загрязняющего вещества	Концентрация, мг/кг
Cu (медь)	от 0,66 до 2,5
Zn (цинк)	от 11,3 до 27
Pb (свинец)	от 0,5 до 0,95
Ni (никель)	от 0,1 до 2,9
Cd (кадмий)	от 0,1 до 1,6
Нефтепродукты	от 210 до 1076
Фенолы	от 0,5 до 1,2

Изучение загрязнения морских вод, донных отложений и гидробионтов в местах бункеровки судов НП показало их значительное отличие от районов возможного негативного воздействия стоков судов.

Гранулометрический состав донных отложений в местах бункеровки флота однообразный. Он имеет вязкую консистенцию и, как правило, представляет собой смесь детрита, ила, мелкозернистого песка с включением остатков политоксобных представителей донной фауны, чаще в виде мертвых особей *M. trossulus* и *Balanus*. Как правило, донные отложения здесь имеют запах сероводорода, гниющей органики или чаще НП, которыми они пропитаны на толщину слоя размером более 60 см. При этом накопление НП в мягких фракциях грунта неравномерно. Поверхность воды в таких местах загрязнена нефтяными и альгобактериальными пленками, а на отдалении от них было отмечено массовое цветение фитопланктона. Самым загрязненным районом среди изученных мест бункеровки является м. Санникова. Концентрация поллютантов в его грунтах составляет по НП – 14 430 мг/кг, меди – 243, цинку – 447, свинцу – 344, кадмию – 2,37 и никелю – 3,5. Отметим, что здесь осуществляет деятельность организация по приему и очистке судовых ЛВ.

Для районов возможного негативного воздействия стоков судов характерно отсутствие в донных отложениях илистых, пеллитовых, детритных фракций и осевшей органики. Грунт здесь, как правило, рассыпчатый, заселен интерстициальной биотой, включающей зарывающихся животных и их остатки, не содержит видимых признаков наличия НП. На жестких грунтах в таких местах развит макрофитобентос, имеющий хорошо выраженные признаки деструкции, и сидячие политоксобные виды зообентоса. Подобные

районы относятся к мезотоксобным. Химический анализ донных отложений в районах возможного негативного воздействия стоков судов также показывает их значительное загрязнение. При этом концентрация поллютантов здесь значительно меньше, чем в районах бункеровки флота.

Проведенные исследования показали, что в прикамчатских водах во время промысла сконцентрировано большое количество судов ФРП. Они в огромных количествах сбрасывают стоки, содержащие токсичные поллютанты, которые накапливаются в донных отложениях и живых организмах непосредственно в месте сброса и переносятся течениями на достаточно большие расстояния.

ВЫВОДЫ

1. Изучение позиционирования промысловых судов, периода их работы и объектов лова показало, что суда (как правило, водоизмещением 250–500, 750–1000 и 1250–10000 рег. т) присутствуют круглогодично во всех рыбопромысловых подзонах Охотского моря. При этом максимальное количество судозаходов приходится на Камч.Курил. (более 250 с. з. в мес., максимум в феврале – марте), Сев.Охот. (более 200 с. з. в мес., максимум в декабре – апреле) и Зап.Камч. (более 140 с. з. в мес., максимум в декабре – марте) РПП. Только в Зап.Камч. РПП в течение года может работать 500 судов разного типа, из них максимальное количество судозаходов производят БМРТ, ТР, РС, СРТМ, СТР и СЯМ. Общее количество занятых на промысле людей составляет здесь 23 тыс. в год, а в период максимума судоходства – более 15 тыс. в сут.

2. Разработана методика расчета массы загрязняющих веществ, сбрасываемых с судовыми стоками в рыбопромысловые подзоны. Согласно проведенным по ней расчетам при 7096 с. з. в Зап.Камч. РПП за период 2003–2008 гг. и однократных сбросах судовых стоков в эту акваторию поступило 234 тыс. т ВЗВ, 1,5 тыс. т фосфора, 690 т железа, 60 т СПАВ, 50 т НП и др. Реально с учетом длительности промысла и повторных сбросов с тех же судов количество загрязняющих веществ было выше в 15–20 раз. Масса поллютантов, поступивших в Камч.Курил. РПП, была еще больше. Гидрометеорологические особенности восточной части Охотского моря способствовали их выносу и накоплению в прибрежной зоне западной Камчатки.

3. Анализ качественного состава трех видов судовых стоков – ВТП, ХФС и ЛВ – показал, что основным источником сброса в морскую среду ВЗВ, нитритов, фосфора, железа являются ВТП, нефтепродуктов – ЛВ, СПАВ и хлоридов – ХФС и особенно ХБВ. До настоящего времени ВТП и ХБВ не рассматривались как источники сброса загрязняющих веществ.

4. Исследование ЛВ с разных типов судов показало, что они представляют собой многослойную эмульсию. Ее верхний слой (эмульсия «вода в НП») составляет в среднем 43,2% от общего объема ЛВ и образован нефтепродуктами и их отходами. Минимальный характерный диаметр частиц воды, содержащихся в НП, – 0,5 мкм. Второй слой (эмульсия «НП в воде») в среднем составляет 54,91% и образован загрязненной водой. Он включает

эмульгированные и растворенные НП, ВЗВ, СПАВ и др. токсичные элементы. Характерный диаметр капель НП – 1 мкм. Основу третьего слоя (осадок), 1,89%, образуют смешанная с НП и водой взвесь, твердые включения (битумные фракции и др.) и микроскопические капли НП.

5. Установлено, что в ЛВ нефтяные компоненты содержатся в масляной, растворенной, эмульгированной и адсорбированной формах. Поскольку ЛВ сохраняют опасные свойства нефти, их можно рассматривать как групповой токсикант неспецифического действия, способный оказывать канцерогенное и мутагенное воздействие особенно на бентосные и придонные виды.

6. Установлено, что сброс ЛВ, прошедших механическую очистку на судах, происходит в виде полидисперсных множественных эмульсий, содержащих в т. ч. ионы металлов, СПАВ, растворенные и эмульгированные НП и др. токсичные вещества, вредные для обитателей морских экосистем. Эти стоки являются основным источником внесения в морскую среду наиболее опасной формы токсичных элементов – эмульгированной.

7. Установлено, что в местах проведения судами операций с НП в донных отложениях и гидробионтах накапливаются ТМ, фенолы и НП. Грунты в местах бункеровки НП и их перевалки содержат НП в концентрациях 1550–14430 мг/кг, фенолы – менее 0,5–1,5 мг/кг, медь – 27–243, цинк – 92–447, свинец – 6,8–344, кадмий – 0,1–2,37 и никель – 22–64 мг/кг сухого вещества и характеризуются нами как гипертоксибные. Виды интерстициальной фауны способны выживать при содержании в грунтах НП до 4490 мг/кг, меди – 27, цинка – 85, свинца – менее 1,0, кадмия – менее 0,1 и никеля – 23. При концентрации НП 2320 мг/кг, меди – 48, цинка – 126, свинца – 19, кадмия – 0,30 и никеля – 43 имеет место их массовая гибель.

8. Макробентос в изученных местах бункеровки флота и перевалки НП в б. Авачинская губа крайне обеднен и подвержен глубокой деструкции. Доминируют в таких сообществах морские звезды, морские ежи, медузы, актинии, двустворчатый моллюск *M. trossulus*, усоногие раки рода *Balanus* и зеленые макроводоросли отдела *Chlorophyta*. При концентрациях в грунтах НП – 200–3180 мг/кг, фенолов – менее 0,5, меди – 27–174, цинка – 101–182, свинца – менее 1,0–56, кадмия – 0,1–1,51 и никеля – 22–52 наблюдается массовая гибель балянусов и заметно возрастает ценотическая роль мидии.

9. Установлена прямая зависимость между уровнем загрязнения грунтов и концентрацией поллютантов в мягких тканях *M. trossulus*, которая в местах бункеровки НП и их перевалки достигает 210–1076 мг/кг сухого вещества по НП, 0,5–1,2 – фенолам, 0,66–2,5 – меди, 11,3–27 – цинку, 0,5–0,95 свинцу, 0,1–1,6 – кадмию и 0,1–2,9 – никелю. Воздействие этих поллютантов на мидию приводит к уменьшению объема внутренних тканей и их обводнению, истончению раковины, тератогенным эффектам. Наихудшее морфофизиологическое состояние у мидии было отмечено при концентрации в ее тканях НП 400 и 650 мг/кг сухого вещества, меди – 2,5 и 1,6, цинка – 23 и 27, свинца – 0,95 и 0,76, кадмия – 0,39 и 0,2, никеля – 1 и фенолов 0,5 и 1,2. Соотношение средних величин масс внутренних тканей и створок мидии у одноразмерных особей в

зависимости от условий среды обитания меняется в пределах от 53% до 65% и уменьшается за счет заметного недоразвития либо раковины, либо внутренних тканей.

10. Проведенные исследования показывают, что активная рыбопромысловая деятельность в холодных прикамчатских водах является фактором высокого экологического риска, связанного с накоплением в промысловых районах огромных масс загрязняющих веществ, измеряемых десятками тысяч тонн. Это свидетельствует о несовершенстве природоохранного законодательства и вызывает необходимость ужесточения требований, предъявляемых к судовым сбросам в рыбопромысловые подзоны, и очистки стоков до концентраций, установленных для рыбохозяйственных водоемов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Касперович, Е. В. Оценка массы сброса загрязняющих веществ со стоками судов в промысловые подзоны Охотского моря / Е. В. Касперович // Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 10. – С. 15–19.

2. Исаков, А. Я. О загрязнении нефтепродуктами Охотского моря / А. Я. Исаков, Е. В. Касперович // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – № 2(26). – Шифр Информрегистр: 0420700012\0021. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/02/pdf/13.pdf>

3. Исаков, А. Я. О загрязнении нефтепродуктами Охотского моря / А. Я. Исаков, Е. В. Касперович // Рыбное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 40–41.

Публикации в других изданиях и материалах конференций:

4. Касперович, Е. В. О загрязнении морей нефтепродуктами при эксплуатации судов (на примере Западно-Камчатской и Североохотоморской рыбопромысловых подзон Охотского моря и внутренних морских вод Авачинской губы Камчатского края) / Е. В. Касперович / Экологические аспекты освоения нефтегазовых месторождений: сб. ст. РЭА № 1. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – С. 105–109.

5. Касперович, Е. В. О загрязнении стоками морских транспортных средств Охотского моря / Е. В. Касперович // Экономические, социальные, правовые и экологические проблемы Охотского моря и пути их решения: материалы II регион. Науч.-практ. конф., Петропавловск-Камчатский, 17–19 мая 2006 г. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2006. – С. 251–253.

6. Потапов, В. В. Очистка льяльных вод от нефтепродуктов с использованием мембранных фильтров / В. В. Потапов, В. А. Горбач, В. Н. Кашпура, Г. М. Мин, Е. В. Касперович // Проблемы ресурсов и геоэкология: материалы междунар. науч.-практ. симп., Пенза, 17–19 мая 2006 г. – Пенза: ПГУ, 2006. – С. 59–60.

7. Касперович, Е. В. Судовые нефтесодержащие (ляльные) воды, их физико-химические параметры и очистка / Е. В. Касперович // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2005. – Вып. 4. – С. 63–66.

8. Исаков, А. Я. О химическом составе ляльных вод крупнотоннажных судов флота рыбной промышленности / А. Я. Исаков, Е. В. Касперович // Рыбохозяйственные исследования Мирового океана: материалы III междунар. науч. конф., Владивосток, 19–21 мая 2005 г.: в 3 т. Т. 1. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2005. – С. 117–120.

9. Исаков, А. Я. Физико-химические характеристики нефтесодержащих вод на судах рыбопромыслового флота / А. Я. Исаков, Е. В. Касперович // Экономические, социальные, правовые и экологические проблемы Охотского моря и пути их решения: материалы регион. науч.-практ. конф., Петропавловск-Камчатский, 23–25 ноября 2004 г. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2004. – С. 135–140.

Касперович Екатерина Владимировна

**ТЕХНОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
НА СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ ПРИКАМЧАТСКИХ ВОД**

*Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук*

В авторской редакции
Технический редактор О.А. Лыгина
Набор текста Е. В. Касперович
Верстка, оригинал-макет О.А. Лыгина

Подписано в печать 25.04.2011 г.
Формат 60*84/16. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 1,79. Уч.-изд. л. 1,94. Усл. печ. л. 1,69
Тираж 120 экз. Заказ № 47

Издательство
Камчатского государственного технического университета

Отпечатано участком оперативной полиграфии издательства КамчатГТУ
683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35