

# Экологические параметры судов рыбопромыслового флота



Д-р техн. наук А.Я. Исаков – КамчатГТУ  
Канд. техн. наук А.А. Исаков – ЗАО «АКРОС»

Несовершенство способа преобразования энергии в силовых установках судов рыбопромыслового флота приводит к тому, что в лучшем случае только 37 % энергии жидких сортов топлива преобразуется в полезную механическую работу. Около 63 % внутренней энергии топлива выбрасывается в окружающую водную и воздушную среду в виде тепла, вредных веществ и физических полей, причем примерно 60 % приходится на потери в виде тепла. Техногенное влияние судов на экологическое состояние внешней воздушной и водной среды можно представить как последовательность энергетических преобразований и переходов.

Если рассматривать отдельно взятое судно, то амплитудные значения единичных показателей уровня влияния каждого вида генерируемой энергии и вещества на окружающую среду будут казаться ничтожно малыми. Ситуация коренным образом меняется в случае присутствия в ограниченном по площади районе океана большого числа судов.

На рис. 1 представлена блок-схема взаимодействия судна с окружающей средой. Можно выделить десять основных источников воздействия на атмосферу, гидросферу и биосферу. Все источники связаны с генерацией в окружающую среду либо вещества в различном фазовом состоянии, либо физических полей. Целесообразно подразделить все источники негативного воздействия на полевые излучения (пунктирный блок I) и выбросы в форме вещества (пунктирный блок II).

В современной научно-технической литературе выбросы судов в форме физических полей в основном рассматриваются с позиций их обитаемости и санитарных норм. Вместе с тем судно представляет собой высокоинтенсивный источник акустического и гидроакустического воздействия на водные биологические объекты.

Магнитные поля, включая электромагнитное излучение навигационных приборов, распространяются в воздушной среде, их проникновение в воду незначительно. Это же касается и электрических полей, обусловленных работой электроэнергетического оборудования.

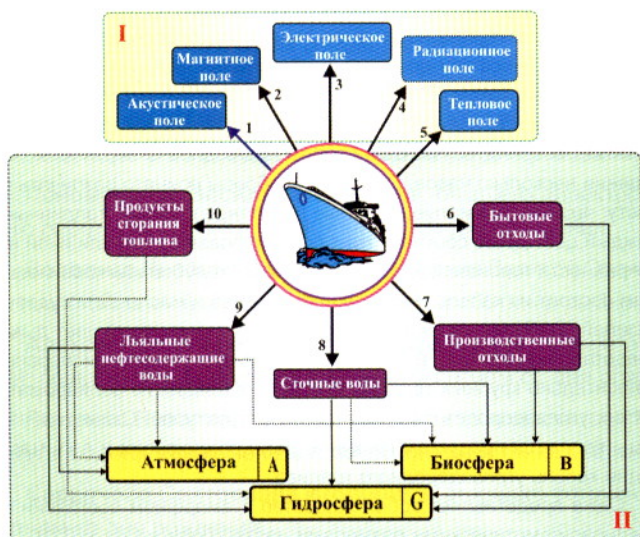


Рис. 1. Взаимодействие судна с окружающей средой

Радиационное воздействие на биосферу характерно для судов военного назначения, частота появления и время пребывания которых в биологически продуктивных зонах Мирового океана малы по сравнению с судами гражданского назначения.

Тепловые поля судна вносят определенные изменения в температурный режим окружающего его пространства, однако, благодаря высокой теплоемкости и теплопроводности воды, градиенты наведенных судном температур достаточно быстро рассеиваются. Заметным является влияние на атмосферу и гидросферу выбросов отработанных высокотемпературных газов, в состав которых входят и вредные вещества в твердом состоянии.

Выбросы с борта судов разного рода веществ (см. рис. 1, блок II) – от отходов нефтепродуктов до бытового мусора – уже давно попали в поле зрения инженеров-экологов, биологов, гидробиологов и других специалистов, занимающихся сохранением биосферы, как вносящие наибольшие экологические возмущения. Однако в большинстве известных работ с позиций геоэкологии оценивается техногенное влияние единичных судов. Значительно меньшее число исследований посвящены оценке техногенного влияния флота на отдельные районы, в частности, на зоны, где сосредоточены многочисленные промысловые экспедиции, когда в промысловых районах в течение нескольких месяцев находятся десятки рыбодобывающих и рыбообрабатывающих судов.

На основании спутниковой информации Камчатского центра мониторинга и радиосвязи в Охотском море во время зимней путины 2004 г. находилось 76 судов в течение 6594 судо-сут., ими было израсходовано 43220 т топлива и накоплено 86,4 т нефтесодержащих вод. С учетом максимально возможного коэффициента полезного действия судовых энергетических устройств ( $\eta \cong 0,4$ ) около 60 % углеводородов, т.е. 25932 т нефтепродуктов, было преобразовано в отходы в виде физических полей и веществ. Если принять величину удельной теплоты сгорания топлива  $\lambda = 42700$  кДж/кг, что соответствует энергетике дизельного топлива, то непроизводительные потери энергии всеми судами за время их пребывания в биологически продуктивных зонах Охотского моря составят:  $\Delta E \cong 0,6 \lambda m \cong 6,4 \cdot 10^9$  МДж. Нужно иметь в виду, что данные о накоплении на судах отходов горючесмазочных материалов взяты на основе анализа паспортных данных судов на момент ввода их в эксплуатацию. Следует ожидать, что реальная картина будет существенно отличаться в сторону увеличения непроизводительных энергетических потерь. Основанием для такого вывода служит проведенный нами анализ «возрастного» состава судов. На рис. 2 в виде гистограммы показаны особенности распределения рыбодобывающих судов, промышлявших в Охотском море, по времени их эксплуатации в заданных координатах (N – количество судов;  $T_c$  – время эксплуатации).

Средний возраст судов составил  $\langle \Delta T_c \rangle \cong 14-25$  лет, а наиболее вероятный возраст  $T_w \cong 18$  лет. Естественно предположить, что суда со сроком эксплуатации  $T_c > 20$  лет будут иметь большие непроизводительные потери энергии, которая, в конечном счете, определяет уровень техногенного воздействия на экологическое состояние биологически продуктивных зон.

Если выстраивать качественный негативный ряд степени экологического влияния отдельных источников, то льяльные нефтесодержащие воды следует принять за условную единицу, как самое вредное по всем параметрам влияние. При таком способе нормирования прочим судовым источникам выбросов полей и вещества можно при-

своить следующие коэффициенты: акустические поля – 0,26; магнитные поля – 0,05; электрические поля – 0,04; радиационные поля – 0,01; тепловые поля – 0,08; бытовые отходы – 0,12; производственные отходы – 0,1; сточные воды – 0,27; льяльные нефтьсодержащие воды – 1,0; продукты сгорания топлива – 0,63.

На рис. 3 представлена качественная гистограмма относительного экологического влияния отдельных десяти источников судовых выбросов  $\Omega$ . Наибольшую экологическую угрозу для гидросферы и биосферы представляют загрязнения нефтепродуктами, несанкционированно сбрасываемыми за борт в виде прямых и обратных эмульсий. Этой проблеме посвящено достаточно большое число исследований отечественных и зарубежных авторов. В настоящее время осуществляется, правда, не всегда эффективно, контроль за хранением и утилизацией нефтьсодержащих вод. Гораздо меньше внимания экологические и природоохранные службы уделяют выбросам продуктов сгорания топлива.

Несмотря на то, что морской транспорт не является лидером в экологическом воздействии на окружающую среду, пренебрегать этим видом техногенного влияния при рассмотрении экологического состояния биопродуктивных зон океана не представляется возможным по причине концентрации судов флота рыбной промышленности на ограниченных площадях шельфовых зон. Применительно к судовым дизелям принято считать, что около 98 % отработанных газов, являющихся неотъемлемой частью их разомкнутого цикла, состоит из веществ, включающих в свой состав окиси углерода, азота, серы и углеводородов. Кроме того, с отработанными газами в атмосферу выбрасываются вредные вещества в твердом и жидком состоянии. Твердая фаза представлена в основном продуктами неполного сгорания топлива в виде сажи. В состав жидкой фазы входят мелкодисперсные сферические частички смазочных веществ и не полностью окислившегося топлива.

Крупнотоннажные суда, оборудованные энергетическими установками мощностью  $N \geq 5 \cdot 10^6$  Вт ( $\geq 6800$  л.с.), выбрасывают в среднем в атмосферу  $V_{G,T} \cong 0,45$  м<sup>3</sup>/с смеси отработанных газов и воздуха. Если принять среднегодовое количество суток, проведенных всеми добывающими судами в акватории Охотского моря,  $\tau \cong 6600$  сут., а суммарные суточные выбросы отработанных газов в исследуемой акватории одновременно работающих  $Z = 76$  судов составят  $V_{G,T} \cong 3,1 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>, то в течение года объем выбросов отработанных газов составит  $V_{G,Z} \cong 1 \cdot 10^9$  м<sup>3</sup>.

Концентрация вредных веществ в отработанных газах зависит от многих факторов, основными из которых являются степень износа элементов топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы, а также неудовлетворительное состояние возможных регулировок. Концентрация выбросов увеличивается также при использовании судовых дизелей на максимально возможных мощностных режимах, что часто случается во время промысловых рейсов при тралениях и выходах на замет.

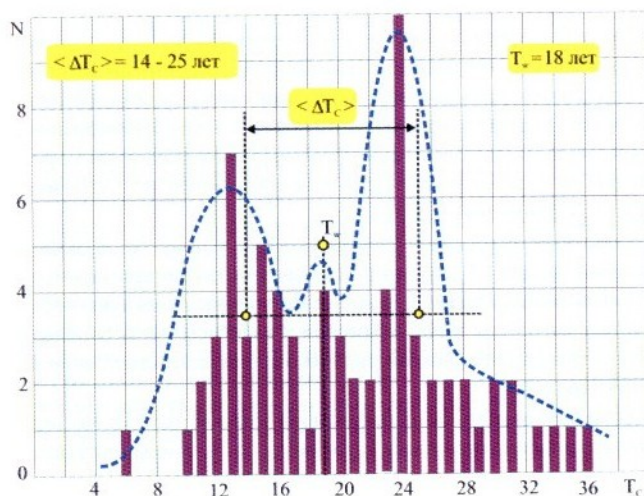


Рис. 2. «Возрастной» состав промыслового флота



Рис. 3. Относительное экологическое влияние крупнотоннажного судна на окружающую среду

Судовые дизели в условиях промысла с учетом морального и физического износа топливной аппаратуры имеют повышенные концентрации вредных веществ в отработанных газах. В таблице приведены ориентировочные результаты расчетов, в основу которых положены данные о нахождении судов в Охотском море и приближенные данные о концентрациях вредных газообразных и твердых веществ в отработанных газах судовых дизелей.

Оксидов углерода, например, в кубическом метре отработанных газов, содержится в среднем  $1,5 \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>3</sup>, т.е. все суда за время пребывания в акватории Охотского моря выбрасывают в атмосферу (по оптимистичным данным) 384 кг CO<sub>x</sub>. Такой же порядок выбросов и по другим составляющим продуктов сгорания в судовых энергетических установках.

Влияние газообразных вредных выбросов непосредственно на гидросферу, несомненно, существует, однако установить количественные параметры такого влияния чрезвычайно затруднительно ввиду сложности процессов, происходящих при взаимодействии атмосферы и поверхности океана. В таблице приняты следующие обозначения:  $\langle n \rangle$  – средняя концентрация вредных веществ в отработанных газах судовых дизелей;  $V_1$  – выбросы в течение суток одним усредненным промысловым судном;  $V_2$  – суточные выбросы по Охотскому морю 76 судами;  $V_6$  – выбросы всеми судами за 6594 судо-сут. Вредные выбросы представлены в пересчете: оксиды азота – на NO<sub>2</sub>, углеводороды – на метан CH<sub>4</sub>, альдегиды – C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O.

Непосредственное негативное влияние выбросов отработанных веществ в атмосферу достаточно убедительно прослеживается на примере сажи, которой, по приведенным оценкам, выбрасывается в общей сложности всеми судами почти 12 т. Сажа в некоторых случаях может сохраняться во взвешенном над водной поверхностью состоянии несколько часов. Сажистые выбросы принято различать по цвету: черные (сажистые), голубые (масляные), белые (топливные). Каждый цвет дыма соответствует превалированию той или иной неисправности топливной аппаратуры. Белый, голубой или коричневый дым состоит из капель несгоревшего топлива и масла. Для судовых дизелей наиболее характерен черный или темно-серый цвет дыма, представляющего собой комплексы-агломераты мелкодисперсных относительно крупных твердых частиц, состоящих из полиароматических углеводородов с гексагональной структурой. Сажистые частицы являются продуктом крекинга, дегидрогенизации и полимеризации капель углеводородного топлива.

Сажа представляет собой вещество в аморфном состоянии со среднеарифметическими размерами частиц порядка  $d_s \cong 2 \cdot 10^{-7}$  м. Сама по себе сажа нетоксична, но она обладает высокой степенью адсорбции. Сажа накапливает в своем составе газообразные и жид-

Химический состав выбросов судовых дизелей	< p >, мг/м <sup>3</sup>	Объемы выбросов, м <sup>3</sup>		
		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>0</sub>
Оксид углерода, CO, %	1	389	2,94·10 <sup>4</sup>	2,57·10 <sup>6</sup>
Оксиды азота, %	0,25	9,72	739	4,87·10 <sup>6</sup>
Углеводороды, %	0,001	0,4	29,5	6,41·10 <sup>4</sup>
Альдегиды, %	0,25	97,3	7,39·10 <sup>3</sup>	5,18·10 <sup>5</sup>
Формальдегиды, %	0,002	0,798	60,6	5,26·10 <sup>3</sup>
Акролеин, %	10 <sup>-4</sup>	3,89·10 <sup>-2</sup>	2,96	2,57 <sup>4</sup>
Бенз(α)пирен, мг/м <sup>3</sup>	0,075	29,2	2,22·10 <sup>3</sup>	1,46·10 <sup>2</sup>
Сажа, г/м <sup>3</sup>	0,05	1,94 кг	148 кг	1,28·10 <sup>4</sup> кг

кие высокотоксичные компоненты, такие как бенз(α)пирен, формальдегиды, альдегиды и др.

Сажа судовых дизелей содержит полициклические ароматические углеводороды, относящиеся к канцерогенным веществам. Индикатором присутствия в отработанных газах всех известных групп канцерогенов является бенз(α)пирен. Таким образом, практически весь набор токсичных веществ транспортируется по прилегающей к судну акватории посредством сажистых частиц, которые, адсорбируя дополнительно на своей поверхности воду, оседают на поверхность, производя негативное воздействие на все элементы биосферы.

Таким образом, из десяти источников вредных судовых выбросов можно выделить два наиболее опасных для окружающей среды: несанкционированные сбросы нефтьсодержащих льяльных вод и отработанные газы, содержащие вредные вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии.

## ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРОВ!

**Ефремову Римму Ричардовну**, бывшего работника ЦУРЭН, ветерана рыбного хозяйства.

**Зорину Людмилу Сергеевну**, бывшего ведущего специалиста Финансово-бухгалтерского отдела Главрыбвода МРХ СССР, ветерана рыбной отрасли.

**Калашникову Маргариту Георгиевну**, бывшего инженера ВНИЭРХ, ветерана рыбного хозяйства.

**Мальцеву Марию Яковлевну**, бывшего старшего бухгалтера Финансово-бухгалтерского отдела Главрыбвода МРХ СССР, одного из старейших работников отрасли.

**Мерзлякову Аделаиду Васильевну**, бывшего старшего инженера Управления руководящих кадров и учебных заведений Минрыбхоза СССР, ветерана рыбного хозяйства.

**Осетрову Нону Викторовну**, ведущего научного сотрудника ВНИРО, ветерана рыбной отрасли.

**Погорецкую Марию Петровну**, бывшего начальника Отдела гидротехнического строительства внутренних водоемов, одного из старейших работников рыбной отрасли.

**Солдатову Елену Владимировну**, бывшего старшего научного сотрудника ВНИРО, кандидата биологических наук, ветерана рыбного хозяйства.

**Успенскую Зою Степановну**, бывшего сотрудника Главрыбснаба МРХ СССР, ветерана рыбной отрасли.

**Щепкину Людмилу Ивановну**, ветерана рыбного хозяйства.

**Попова Петра Васильевича**, бывшего директора благотворительного фонда ветеранов рыбной отрасли, ветерана Великой Отечественной войны, капитана ВМФ I ранга, обладателя орденов Красного знамени, Красной звезды и Отечественной войны II степени, почетного работника рыбного хозяйства России, – с 91-летием со дня рождения.

**Тыминского Ромуальда Матвеевича**, бывшего старшего инженера Отдела связи и поисковой техники МРХ СССР, ветерана Великой Отечественной войны, обладателя орденов Красной звезды, Отечественной войны II степени и многочисленных медалей, – с 91-летием со дня рождения.

**Завельского Марка Зельмановича**, бывшего заместителя генерального директора «Дагрыбпром», ветерана Великой Отечественной войны, обладателя ордена Отечественной войны I степени и многочисленных медалей, почетного работника рыбного хозяйства России, – с 90-летием со дня рождения.

**Пономаренко Василия Петровича**, бывшего директора ПИНРО, почетного работника рыбного хозяйства России, почетного работника ПИНРО, – с 80-летием со дня рождения.

**Воловика Николая Ивановича**, ветерана Великой Отечественной войны, обладателя ордена Отечественной войны I степени и многочисленных медалей, почетного работника рыбного хозяйства России, – с 75-летием со дня рождения.

**Александрова Анатолия Константиновича**, бывшего сотрудника ЦУРЭН, почетного работника рыбного хозяйства России, почетного рыбоведа России, – с 70-летием со дня рождения.

**Лысенко Николая Ивановича**, бывшего заместителя Министра рыбного хозяйства СССР, капитана ВМФ III ранга, обладателя ордена «Знак Почета», почетного работника рыбного хозяйства России, – с 70-летием.

**Саранчова Святослава Игоревича**, старшего сотрудника ВНИРО, ветерана рыбной отрасли, почетного радиста, – с 75-летием со дня рождения.

**Снегового Игоря Александровича**, ветерана рыбного хозяйства, – с 70-летием со дня рождения.