

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Исаков А.Я., – д.т.н., профессор
Камчатский государственный технический университет

Исаков А.А., – к.т.н.
ЗАО «АКРОС»

На примере морских крупнотоннажных судов рыбопромыслового флота показано, что любое транспортное средство представляет собой техногенный объект, осуществляющий преобразование энергии углеводородного топлива в другие виды энергии с существенными потерями, которые являются источниками негативного влияния на экологическую безопасность окружающей среды. Проведена классификация вредных выбросов и оценен уровень их относительной интенсивности.

By the example of heavy-tonnage vessels of fishing fleet it is shown that any transport facility is the technogenic subject which transforms hydrocarbon fuel energy into other kinds of energy with significant losses which are sources of negative effect on environmental security. Classification of noxious emissions is carried out and level of relative intensity is estimated.

Когда между просвещёнными людьми возникают споры об исключительности человека в этом мире, то сторонники его царствующего положения как один из основных аргументов в пользу своей точки зрения приводят факты, касающиеся целенаправленного использования различных видов энергии. Всю историю цивилизации можно рассматривать как процесс освоения различных источников энергии и кровавую историю борьбы за их обладание. Войны на планете, в конечном счёте, во все времена были обусловлены желанием владеть тем или иным энергетическим ресурсом. Историю становления современной цивилизации в этой связи можно представить как развитие процесса освоения человеком различных источников энергии, от тривиального костра посредством которого жарили мясо и отпугивали врагов до термоядерного реактора, представляющего собой своеобразную квинтэссенцию энергетических достижений человечества. Каждый уровень развития человеческого сообщества характеризовался способностью преобразовывать различные виды энергии с целью максимально возможной трансформации окружающей среды сообразно своим по-

требностям.

По данным специалистов, к настоящему времени около 90% всей энергии, используемой цивилизацией для своих нужд, извлекается посредством двигателей внутреннего сгорания. Несмотря на впечатляющую распространённость этих источников энергии, их КПД удручающе невелик. Самые современные образцы преобразуют в полезную работу не более 40% внутренней энергии, используемого углеводородного топлива. При этом баланс загрязнения окружающей среды в масштабах планеты оценивается следующими величинами: 50,4% – двигатели внутреннего сгорания, 15,7% – тепловые электростанции, 14,1% – промышленные предприятия. На автомобильный транспорт приходится 70% вредных выбросов, на машины сельскохозяйственного назначения – 9,2%, на воздушные суда – 7,3%, на морской транспорт – 4,1% [1].

Несовершенство рассматриваемого способа получения энергии приводит к тому, что около 60% исходных энергетических возможностей углеводородного топлива возвращается в окружающую среду в виде выбросов физических полей и вредных веществ, нарушающих экологическое состояние окружающего пространства.

Рассмотрим некоторые качественные и количественные параметры вредных выбросов двигателей внутреннего сгорания на примере крупнотоннажных судов рыбопромыслового флота, которые, на наш взгляд, характеризуют общее состояние экологических параметров транспортных средств воздушного, морского и наземного базирования.

Дизельные двигатели морских транспортных средств имеют относительно высокий КПД, достигающий 40%, вместе с тем, их эксплуатация оказывает достаточно высокое негативное влияние на окружающую природную среду. Приведенные ниже данные, полученные для крупнотоннажного флота рыбной промышленности, являются характерными и для транспортных средств наземного и воздушного базирования.

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 количества 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

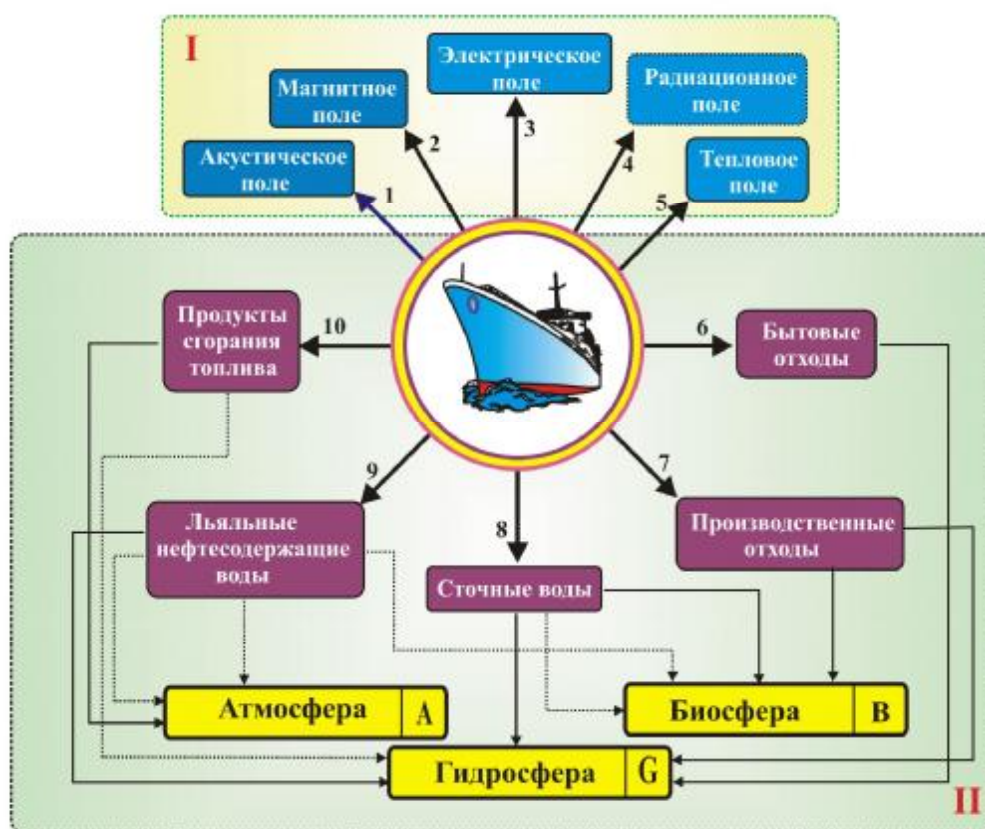


Рис. 1. Взаимодействие судна с окружающей средой

окружающую среду либо вещества в различном фазовом состоянии либо физических полей. Целесообразно подразделить все источники негативно-

го 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.

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

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

Выбросы с борта судов разного рода веществ (блок II рис. 1) 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. Существенно меньше исследований, посвящённых оценке техногенного влияния флота на отдельные районы, в частности на зоны, где сосредоточены много-

численные промысловые экспедиции, когда в промысловых районах находятся в течение нескольких месяцев 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 судосуток, ими было израсходовано 43220 т топлива и накоплено 86,4 т нефтесодержащих вод. С учётом максимально возможного коэффициента полезного действия судовых энергетических устройств ($\eta \cong 0,4$) около 60 % углеводородов, т.е. 25932 тонны нефтепродуктов, было преобразовано в отходы в виде физических полей и веществ [2]. Если принять величину удельной теплоты сгорания топлива $\lambda = 42700$ кДж/кг, что соответствует энергетике дизельного топлива, то непроизводственные потери энергии всеми судами за время их пребывания в биопродуктивных зонах Охотского моря составят $\Delta E \cong 0,6 \lambda m \cong 6,4 \cdot 10^6$ МДж. Следует иметь в виду, что данные о накоплении на судах отходов горюче-смазочных 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 непроизводственных энергетических потерь. Основанием к такому выводу служит сделанный 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 координатах: количество судов – N; время эксплуатации – T_C .

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 непроизводственные потери энергии, которая, в конечном счете, определяет уровень техногенного воздействия на экологическое состояние биопродуктивных зон.

Если выстраивать качественный негативный ряд степени экологического влияния отдельных источников, то льяльные нефтесодержащие воды

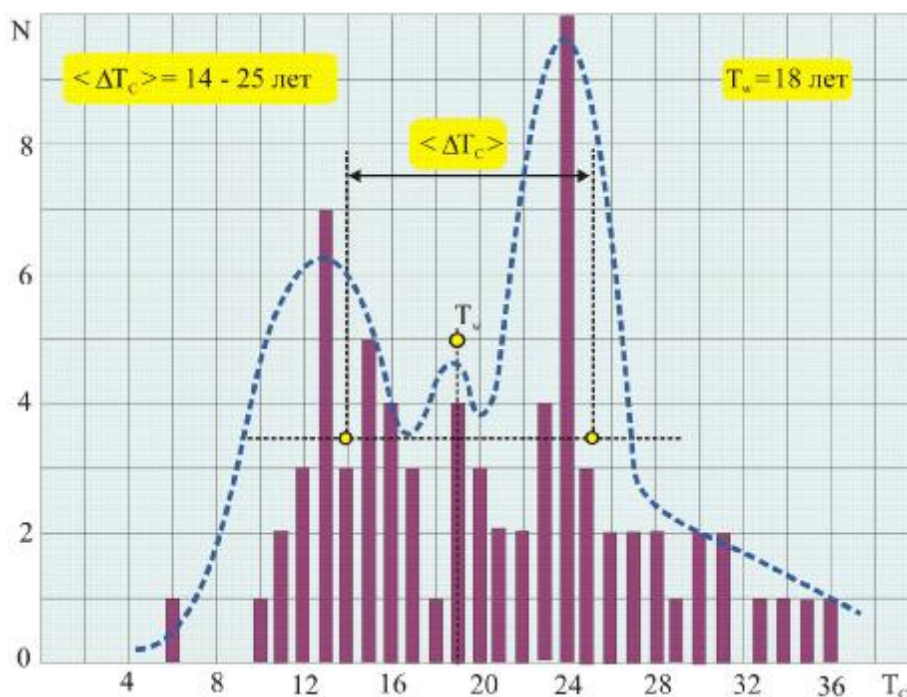


Рис. 2. «Возрастной состав» промышленного флота

следует принять за условную единицу, как самое вредное по всем параметрам влияние. При таком способе нормирования прочим судовым источникам выбросов полей и вещества можно присвоить 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 нефтесодержащие воды – 1,0; продукты сгорания топлива – 0,63.

На рис. 3 представлена качественная гистограмма относительного экологического влияния отдельных десяти источников судовых выбросов Ω_i . Наибольшую экологическую угрозу гидросфере и биосфере представляют загрязнения нефтепродуктами, несанкционированно сбрасываемыми за борт в виде прямых и обратных эмульсий. Этой проблеме посвящено достаточно большое число исследований отечественных и зарубежных авто-



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

ров. В настоящее время осуществляется, правда не всегда эффективно, контроль хранения и утилизации нефтесодержащих вод. Гораздо меньшее внимание экологических и природоохранных служб уделяется выбросам продуктов сгорания топлива.

Несмотря на то, что морской транспорт не является лидером в экологическом влиянии 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 в газообразном состоянии, включающих в свой состав окиси углерода, азота, серы и углеводородов [3].

Кроме того, с отработанными газами в атмосферу выбрасываются вредные вещества в твёрдом и жидком состоянии. Твёрдая 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, снабжённые энергетическими установками мощностью $N \geq 5 \cdot 10^6$ Вт (≥ 6800 л.с.), выбрасывают в среднем в атмосферу около $V_G \cong 0,45$ м³/с смеси отработанных газов и воздуха. Если принять среднегодовое количество суток, проведенных всеми добывающими судами в акватории Охотского моря $\tau \cong 6600$ суток, а суммарные суточные выбросы отработанных газов в исследуемой акватории одновременно работающих $Z = 76$ судов составят $V_{G(\tau)} \cong 3,1 \cdot 10^6$ м³, то в течение года объём выбросов отработанных газов составит $V_{G(\Sigma)} \cong 1 \cdot 10^9$ м³.

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 замёт.

Судовые дизели в условиях промысла с учётом морального и физического износа топливной аппаратуры имеют повышенные концентрации вредных веществ в отработанных газах. В табл. 1 приведены ориентировочные результаты расчетов, в основу которых положены данные о нахождении судов в Охотском море и приближенные данные о концентрациях вредных газообразных и твёрдых веществ в отработанных газах судовых дизелей.

Таблица 1– химический состав и объёмы вредных выбросов судовых дизелей

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

Оксидов углерода, например, в кубическом метре отработанных газов содержится в среднем $1,5 \cdot 10^{-4}$ кг/м³, т. е. все суда за время пребывания в акватории Охотского моря выбрасывают в атмосферу по оптимистичным данным 384 кг СО_x. Такой же порядок выбросов и по другим составляющим продуктов сгорания в судовых энергетических установках.

Влияние газообразных вредных выбросов непосредственно на гидросферу, несомненно, имеет место быть, однако установить количественные параметры такого влияния чрезвычайно затруднительно ввиду сложности процессов при взаимодействии атмосферы и поверхности океана. В табл.1 приняты следующие обозначения: <n> – средняя концентрация вредных веществ в отработанных газах судовых дизелей; V₁ – выбросы в течение суток одним усреднённым промысловым судном; V₂ – суточные выбросы по Охотскому морю 76 судами; V₀ – выбросы всеми судами за 6594 судовых суток. Вредные выбросы представлены в пересчёте: оксиды азота – на NO₂, углеводороды – на метан CH₄, альдегиды – C₂H₂O.

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 тонн. Сажа в некоторых случаях может сохраняться во взвешенном над водной поверхностью состоянии несколько часов. Сажистые выбросы принято различать по цвету: чёрные (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 чёрный или тёмно серый цвет дыма, представляющего собой комплексы – агломераты мелкодисперсных относительно крупных твёрдых 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 не токсична, но она обладает высокой степенью адсорбции. Сажа накапливает в своём составе газообразные и жидкие высокотоксичные компоненты, такие как бензо(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 бензо(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 нефтесодержащих льяльных вод и отработанные газы, содержащие вредные вещества в твёрдом, жидком и газообразном состоянии.

Для транспортных средств наземного базирования, включая машины сельскохозяйственного назначения, наиболее интенсивными с позиций экологической безопасности следует считать вредные выбросы в атмосферу отработанных газов и отходы горюче-смазочных веществ, образующихся при техническом обслуживании агрегатов. Так, например, в г. Петропавловске-Камчатском, несмотря на значительное количество общественного, производственного и личного автотранспорта отсутствует система централизованной утилизации нефтесодержащих отходов, особенно это касается частных станций технического обслуживания и автомобильных мастерских. В большинстве своём отработанные масла, в конечном счёте, попадают в почвенный покров с соответствующими экологическими последствиями.

Литература

1. Исаков А.А., Исаков А.Я. Природа и цивилизация: Учеб. пособие. Петропавловск-Камчатский, КамчатГТУ, 2006. С. 120 – 182.
2. Исаков А.А. Исследование техногенного влияния судов на экологию биопродуктивных зон Камчатского шельфа. Автореферат дисс. канд. техн. наук. Владивосток, 2005. 26 с.
3. Основы экологии. Аудит и экспертиза техники и технологии: Учебник для вузов / Т.Ю. Салова, Н.Ю. Громова, В.С. Шкрабак, Г.А. Курмашев : – СПб, «Лань», 336 с.