

14. Кочетов О. С. Расчет элементов очистных сооружений / О. С. Кочетов // Глобализация науки: проблемы и перспективы. — 2014. — № 10. — С. 23.
15. Бурдин В. Н. Физические основы технологии промывки золотосодержащих / В. Н. Бурдин, Н. В. Бурдин // Современные наукоемкие технологии. — 2009. — № 8. — С. 16–22.
16. Пономарёв В. Г. Основы моделирования сооружений механической очистки сточных вод / В. Г. Пономарёв // Вода и экология: проблемы и решения. — 2004. — № 3 (20). — С. 47–55.
17. Семенова И. В. Условия осаждения железа из воды / И. В. Семенова, А. В. Хорошилов // Энергосбережение и водоподготовка. — 2006. — № 5. — С. 7–10.

УДК 502.1/2:656

А. Е. Пластинин,
канд. техн. наук, доц.

ОЦЕНКА РАЗМЕРА ВРЕДА, ПРИЧИНЕННОГО ПОЧВЕ, ПРИ РАЗЛИВАХ НЕФТИ С СУДОВ

ASSESSMENT OF THE EXTENT OF HARM TO THE SOIL AT OIL SPILLS FROM VESSELS

Выполнена количественная оценка размера вреда от компонентов судна различного класса опасности. Предложен способ косвенного определения размера вреда при сносе судна на берег по его типовым характеристикам. Получены расчетные зависимости для оценки размера вреда береговой черте при разливах нефти на объектах водного транспорта и определен порядок их применения. Разработаны регрессионные уравнения зависимости размера вреда от компонентов судна различного класса опасности с характеристиками районов их расположения. Создана методика определения размера вреда от компонентов судна различного класса опасности и выполнена ее алгоритмизация. Полученные результаты исследований могут быть полезны при создании документов, разрабатываемых в рамках Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (планов локализации и ликвидации разливов нефти, деклараций промышленной безопасности) при эксплуатации и проектировании объектов транспортного комплекса, а также проведении тренажерной подготовки персонала.

The quantitative assessment of the extent of harm from components of the vessel of various class of danger is executed. The way of indirect determination of the extent of harm at demolition of the vessel on the coast according to its standard characteristics is offered. Settlement dependences for an assessment of the extent of harm to coastal line at oil spills on objects of a water transport are received and the order of their application is developed. The regression equations of communication of the extent of harm from components of the vessel of various class of danger with characteristics of regions of their arrangement are developed. The technique of determination of the extent of harm from components of the vessel of various class of danger is created and its algorithmization is executed. The results of the researches can be useful at creation of the documents developed within the framework of the Uniform state system of the prevention and liquidation of emergencies (plans of localization and liquidation of oil spillages, declarations of industrial safety) during exploitation and designing of objects of the transport complex, and also during personnel training.

Ключевые слова: вред, почва, разлив нефти, способ оценки, компоненты судна, отходы, класс опасности, уравнения связи.

Key words: harm, soil, oil spills, assessment way, vessel components, waste, danger class, communication equations.



ОДНОЙ из важнейших задач, решаемых в рамках функциональных и территориальных подсистем Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), является определение размера вреда и, соответственно, уровня

управления при локализации и ликвидации разливов нефти (ЛРН), вызываемых действием источников как природного, так и техногенного характера [1, с. 74–77]; [2, с. 152–157].

Оценка размера вреда при ЛРН необходима при разработке следующих документов, создаваемых в рамках РСЧС: планов ЛРН всех уровней, планов ликвидации аварийных ситуаций, деклараций промышленной безопасности, паспортов безопасности опасных промышленных объектов, типовых паспортов безопасности территорий субъектов РФ и муниципальных образований и др. Следует отметить, что процедура оценки размера вреда при ЛРН осложняется действием следующего ряда факторов: большое разнообразие ситуаций, при которых возникает разлив нефти (РН); значительное количество составляющих размера вреда; обширная география местоположения возможных источников чрезвычайных ситуаций, связанных с РН (ЧС(Н)); множество методик для расчета вреда и отсутствие механизмов расчета, учитывающих специфику РН; разнообразие типов водных путей (поверхностных водотоков); учет эффективности мероприятий по ликвидации ЧС(Н) и др. [2, с. 152–157]; [3, с. 92–97]; [4, с. 168–174]; [5, с. 149–156]; [6, с. 129–135]; [7, с. 83–88]; [8, с. 130–135]; [9, с. 97–104]; [10, с. 53–61]; [11, с. 65–70]; [12, с. 127–134]. Поэтому существует необходимость разработки специального методологического обеспечения, которое будет предусматривать учет всех видов причинения вреда компонентам природной среды при планировании мероприятий по ликвидации последствий рассматриваемого вида ЧС.

Поскольку решение этого вопроса является достаточно сложной комплексной задачей, наиболее целесообразно для создания методологического обеспечения при расчете размера вреда в случае ЛРН использовать подход, в основе которого лежит разработка комплекса проблемно ориентированных методик, каждая из которых применима к отдельным компонентам природной среды.

Данная работа посвящена оценке размера вреда, причиняемого береговой черте при ЛРН с объектов водного транспорта. Основными источниками причинения вреда при ЧС(Н) на судах являются:

- нефть (груз, топливо и нефтесодержащая вода (НВ));
- грузы, не являющиеся нефтепродуктами (при авариях неналивных судов);
- хозяйственно-бытовые сточные воды (СВ);
- мусор;
- корпус, надстройка и механизмы судна как отходы производства и потребления при его выбросе (сносе) на берег в результате ЧС.

Оценка размера вреда в случае реализации рассматриваемого вида воздействия выполняется в соответствии с [13]. При этом искомую величину целесообразно представить как сумму размеров вреда собственно от РН и от сопряженных с ЧС(Н) источников причинения вреда (груз, СВ, мусор, и собственно судно при его выбросе (сносе) на берег в результате ЧС). Соответственно выражение для оценки размера вреда, причиняемого береговой черте, можно записать в следующем виде:

$$V_6 = V_{\text{РН}} + V_{\text{сопр}}, \quad (1)$$

где V_6 – суммарный размер вреда, причиненный береговой черте при ЧС(Н), тыс. руб.; $V_{\text{РН}}$ – размер вреда, причиненный береговой черте собственно от разлива нефти, тыс. руб.; $V_{\text{сопр}}$ – размер вреда, причиненный береговой черте от сопряженных с ЧС(Н) источников негативного воздействия, тыс. руб.

При ликвидации последствий РН объем механически снимаемого слоя почвы должен размещаться в специально оборудованных местах для хранения нефтесодержащих отходов. Однако, поскольку РН имеют случайный характер, предусмотреть заранее такие места практически невозможно, что приводит к образованию несанкционированных свалок и загрязненной нефтепродуктами земли. Поэтому необходимо разложить $V_{\text{РН}}$, тыс. руб., на два компонента:

$$V_{\text{РН}} = V_{\text{загр}} + V_{\text{отх}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{загр}}$ – размер вреда при химическом загрязнении почв, тыс. руб.; $V_{\text{отх}}$ – размер вреда в результате несанкционированного размещения отходов производства и потребления, тыс. руб.

Основными ущербобразующими, т.е. формирующими вред факторами, являются: параметры загрязнения (масса, глубина, класс опасности); категории земель и целевого назначения, на которую выброшено судно; таксы [13].

Определение размера вреда при химическом загрязнении почв $V_{\text{загр}}$, тыс. руб., выполняется по формуле [13]:

$$V_{\text{загр}} = \text{СХВ} \cdot S \cdot K_r \cdot K_{\text{исх}} \cdot T_x, \quad (3)$$

где СХВ – степень химического загрязнения; S – площадь загрязненного участка, м^2 .

$$S_i = L_{3(i)} \cdot B_{3(i)}, \quad (4)$$

где $L_{3(i)}$ – длина участка береговой черты, загрязненного нефтепродуктами, м; $B_{3(i)}$ – ширина участка береговой черты, загрязненного нефтепродуктами, м; K_r – показатель глубины химического загрязнения или порчи почв; $K_{\text{исх}}$ – исходный показатель категории земель и целевого назначения; T_x – такса, установленная при химическом загрязнении почв, тыс. руб./ м^2 , определяемая в зависимости от почвенно-климатической зоны [13]. Например, для Волжского бассейна T_x находится в диапазоне от 400 до 600 руб./ м^2 (среднетаежная, южнотаежная, лесостепная, степная, сухостепная и полупустынная зона).

Оценка размера вреда при несанкционированном размещении отходов производства и потребления (ОПП) $V_{\text{отх}}$, тыс. руб., выполняется по формуле

$$V_{\text{отх}} = \sum_{i=1}^n (M_i \cdot T_{\text{отх}}) \cdot K_{\text{исх}}, \quad (5)$$

где M_i – масса отходов с одинаковым классом опасности, т; n – количество видов отходов, сгруппированных по классам опасности; $T_{\text{отх}}$ – установленная такса при деградации почв при несанкционированном размещении и ОПП, тыс. руб./т.

Масса отходов с одинаковым классом опасности M_i , т, определяется по следующей формуле:

$$M_i = M_{\text{нг}} + M_{\text{нп}} + M_{\text{т}}, \quad (6)$$

где $M_{\text{нг}}$ – масса удаленного нефтесодержащего грунта береговой черты, т,

$$M_{\text{нп}} = S_i \cdot h_r \cdot \rho_{\text{но}}, \quad (7)$$

где S_i – площадь загрязненного участка, м^2 ; h_r – глубина снимаемого слоя, м; $\rho_{\text{но}}$ – плотность почвогрунтов, $\text{т}/\text{м}^3$; $M_{\text{нп}}$ – масса нефтепродуктов, осевших в береговой черте в виде пленки; при прогнозировании принимается по данным математического моделирования (масса нефти на берегу), при ликвидации последствий – по данным обследования зоны ЧС, т; $M_{\text{т}}$ – масса нефтепродуктов, оставшихся в грузовых танках, топливных и масляных цистернах, а также в сборной цистерне НВ, т.

Размер причинения вреда береговой черте от сопряженных с ЧС(Н) источников $V_{\text{сопр}}$, тыс. руб., целесообразно представить в следующем виде:

$$V_{\text{сопр}} = V'_r + V'_{\text{СВ}} + V'_m + V'_c, \quad (8)$$

где V'_r – размер причинения вреда в результате несанкционированного размещения отходов производства и потребления (ОПП) в виде грузов, не являющихся нефтепродуктами, тыс. руб.;

$V'_{\text{СВ}}$ – размер вреда в результате несанкционированного размещения ОПП в виде СВ, тыс. руб.;

V'_m – размер вреда в результате несанкционированного размещения ОПП в виде емкостей с судовым мусором, тыс. руб.;

V'_c – размер вреда в результате несанкционированного размещения ОПП в виде корпуса, надстройки и механизмов судна при его выбросе (сносе) на берег в результате ЧС(Н), тыс. руб.

Оценки V'_r , $V'_{\text{СВ}}$, V'_m , V'_c могут быть получены по формуле (5).

В соответствии с федеральным Классификационным каталогом отходов перевозимые грузы, судостроительные материалы в составе корпуса и надстройки, судовых систем и механизмов относятся преимущественно к 3- – 5-му классу опасности, СВ и судовый мусор – к 4-му классу опасности. Таким образом, выражение для оценки размера причинения вреда в результате несанкционированного размещения ОПП в виде корпуса, надстройки и механизмов судна Y_c , тыс. руб., при его выбросе (сносе) на берег вследствие ЧС(Н) целесообразно представить в следующем виде:

$$Y'_c = Y_{c(3кл)} + Y_{c(4кл)} + Y_{c(5кл)}, \quad (9)$$

где $Y_{c(3кл)}$ – размер вреда от компонентов судна 3-го класса опасности, тыс. руб.; $Y_{c(4кл)}$ – размер вреда от компонентов судна 4-го класса опасности, тыс. руб.; $Y_{c(5кл)}$ – размер вреда от компонентов судна 5-го класса опасности, тыс. руб.

Определение массы рассматриваемых компонентов производится в соответствии с проектной документацией на судно, в том числе в виде проектно-специфицированных норм расхода материалов (ПСРМ)), а также на основании документов классификационных обществ (грузы, НВ, СВ, мусор).

Следует отметить, что в настоящее время транспортные суда представлены более чем 600 проектами различных типов и классов Российского Речного Регистра (РРР) и Российского морского регистра судоходства (РМРС). В зависимости от вида флота судно может содержать от 50 (сухогрузные баржи) до 320 (танкеры) различных видов отходов, что создает принципиальные трудности в оценке размера вреда от этого типа сложных отходов [14], [15].

Обработка ПСРМ и группировка материалов по классам опасности требует значительных затрат времени и труда высококвалифицированных специалистов. По оценке, выполненной в [14], [15], трудоемкость этих работ для одного проекта судов составляет в среднем 418,6 нормо-часов, что исключает возможность оперативного категорирования ЧС и определения уровня реагирования и управления при ЛЧС – необходимого условия функционирования РСЧС.

Сложный компонентный состав судов и не менее большое число видов и типов судов определяют необходимость применения статистических методов при оценке размера вреда от компонентов судна различного класса опасности. Поэтому преодоление рассмотренных трудностей возможно путем разработки специальной регрессионной модели для оценки размера вреда при сносе судна на берег, основанной на исследовании статистической зависимости степени экологической опасности компонентов судна-отхода или судоотхода (размера вреда) от его характеристик (модулей), которую можно получить в результате обработки статистических материалов достаточного представительного объема по типам и классам судов, построенным по отечественным проектам в некотором временном диапазоне. В таком случае определение размеров вреда будет производиться через конструктивные характеристики объекта, т. е. путем косвенного измерения исследуемых величин на основе применения методов теории вероятностей и математической статистики.

В работах [14], [15] было показано, что на судне существует три района концентрации преобладающего количества отходов с одинаковым классом опасности: машинное отделение (3-й класс), надстройка (4-й класс) и корпус (5-й класс). Соответственно размер причинения вреда от компонентов одинакового класса опасности должен быть статистически связан с характеристиками выделенных районов судна.

Для построения регрессионной модели использовались статистические данные по массам компонентов различного класса опасности и характеристикам районов их сосредоточения путем обработки ПСРМ, содержащихся в 90 проектах судов, отобранных случайным образом из 600 проектов. При этом рассматривалось шесть видов флота: буксирные, несамоходные сухогрузные, самоходные сухогрузные, пассажирские, несамоходные наливные и самоходные наливные суда (по 15 проектов судов каждого вида). В табл. 1 – 3 представлен фрагмент созданной базы данных по компонентам различного класса опасности в составе судов и их характеристикам. Перечень рассмотренных характеристик районов судна составлен на основе модулей, разработанных в середине XX в. Н. К. Дормидонтовым в его работах по проектированию судов [16].

На основании данных табл. 1 – 3 выполнено обоснование формы связи между размером причинения вреда и характеристиками районов судна $Y_{с(3-5 кл)}$, тыс. руб., целью которого являлось построение соответствующих уравнений регрессии:

$$Y_{с(3 кл)} = 0,3366 S_{МО}^{1,1267}; \quad (10)$$

$$Y_{с(4 кл)} = 1,5408 S_{над} + 25,71; \quad (11)$$

$$Y_{с(5 кл)} = 4,0573 LBN^{0,8117}, \quad (12)$$

где $S_{МО}$ – площадь машинного отделения, m^2 ; $S_{над}$ – площадь палуб надстройки, m^2 ; LBN – кубический модуль, m^3 .

Графики полученных уравнений связи приведены на рис. 1 – 3.

Таблица 1

База данных по компонентам 3-го класса опасности в составе судов (фрагмент)

Проект	Масса, т	Вред, тыс. руб.	Объем машинного отделения, m^3	Мощность главных двигателей, кВт	Площадь машинного отделения, m^2	Объем машинного отделения в степени 2/3, m^2
576T	3,64	131,04	315	735	126	46
P42	2,92	105,12	215	331	86	36
866	2,86	102,96	210	404	84	35
P77	3,25	117	230	971	92	38
81180	3,69	132,84	330	882	132	48
14891	2,93	105,48	250	442	100	40
P96	0,4	14,4	70	110	28	17
911B	0,38	13,68	75	221	30	18
81350	0,73	26,28	140	220	56	27
305	2,6	93,6	510	588	204	64
785	1,6	57,6	290	588	116	44
P51	0,35	12,6	70	220	28	17

Таблица 2

База данных по компонентам 4-го класса опасности в составе судов (фрагмент)

Проект	Масса, т	Вред, тыс. руб.	Объем надстройки, m^3	Объем надстройки в степени 2/3, m^2	Площадь палуб надстройки, m^2
576T	74,6	671,4	1000	100	400
P42	38,6	347,4	310	46	124
866	32	288	325	47	130
P77	62	558	1110	107	444
81180	50	450	540	66	216
14891	38	342	400	54	160
P96	5,3	47,7	100	22	40
911B	12	108	150	28	60
81350	8	72	200	34	80
305	170	1530	4475	272	1790
785	200	1800	3784	243	1514
P51	12,5	112,5	317	46	127

Таблица 3

База данных по компонентам 5-го класса опасности в составе судов (фрагмент)

Проект	Масса, т	Вред, тыс. руб.	LBH	$(LBH)^{2/3}$	L(B+H)
576T	717	5162,4	6689	355	1908
P42	280,7	2021,04	1597	137	744
866	220	1584	1369	123	719
P77	845	6084	1524	132	752
81180	738	5313,6	3486	230	1287
14891	452	3254,4	1825	149	885
P96	32,1	231,12	139	27	127
911B	93	669,6	326	47	230
81350	98	705,6	247	39	212
305	526	3787,2	2663	192	1037
785	495	3564	2298	174	969
P51	64	460,8	324	47	252

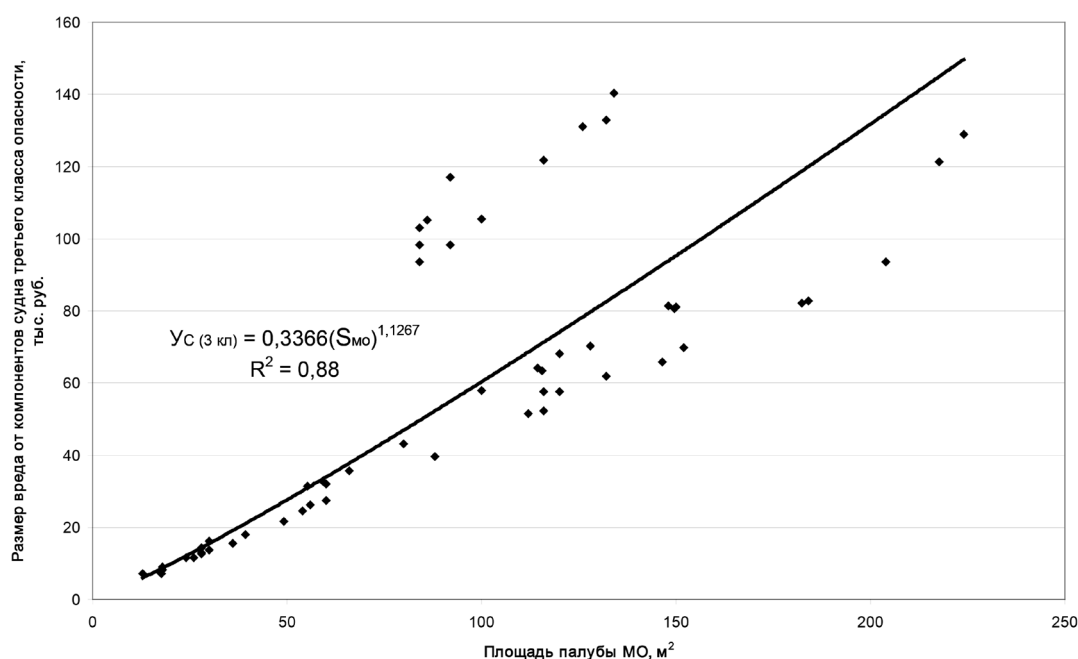


Рис. 1. Уравнение связи между размером вреда от компонентов судна 3-го класса опасности и площадью машинного отделения

Поскольку связь между размером вреда от компонентов судна определенного класса опасности и модулями районов судна прямая, консервативную оценку размера вреда $Y_{c(iкл)}^{ВДГ}$, тыс. руб., можно получить по значению, соответствующему верхней доверительной границе:

$$Y_{c(iкл)}^{ВДГ} = Y_{c(iкл)} + t \sqrt{D(Y_{c(iкл)})}, \quad (13)$$

где $Y_{c(iкл)}^{ВДГ}$ – значение размера вреда, соответствующее верхней доверительной границе; t – коэффициент доверия.

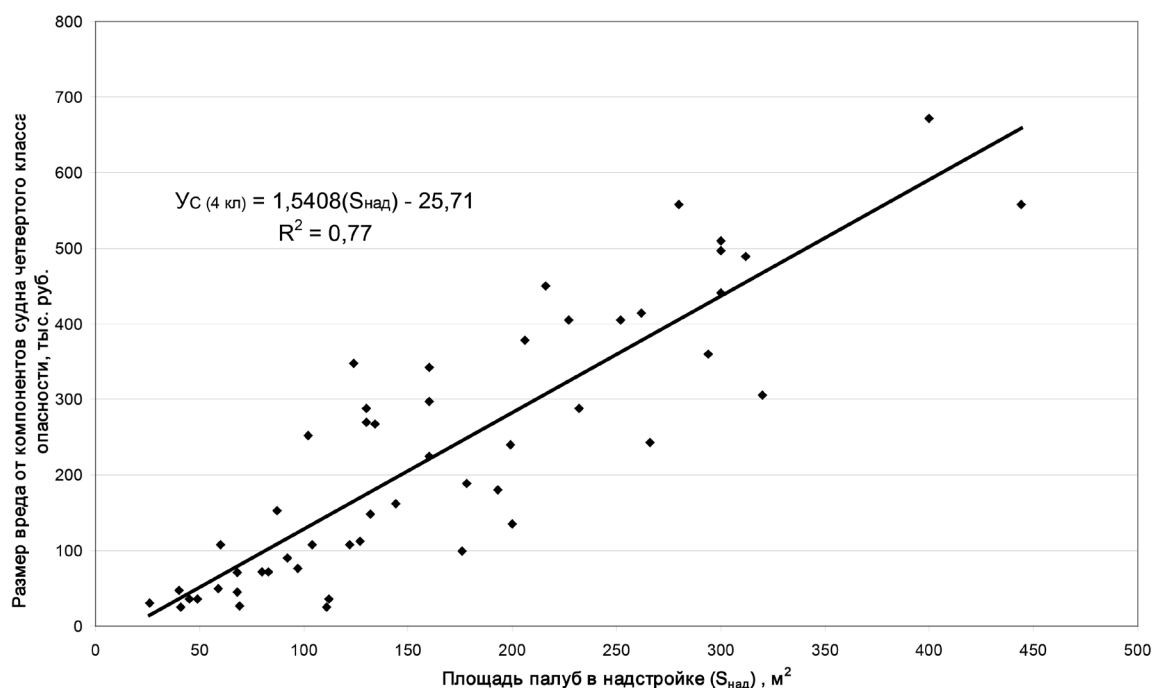


Рис. 2. Уравнение связи между размером вреда от компонентов судна 4-го класса опасности и площадью палуб в надстройке

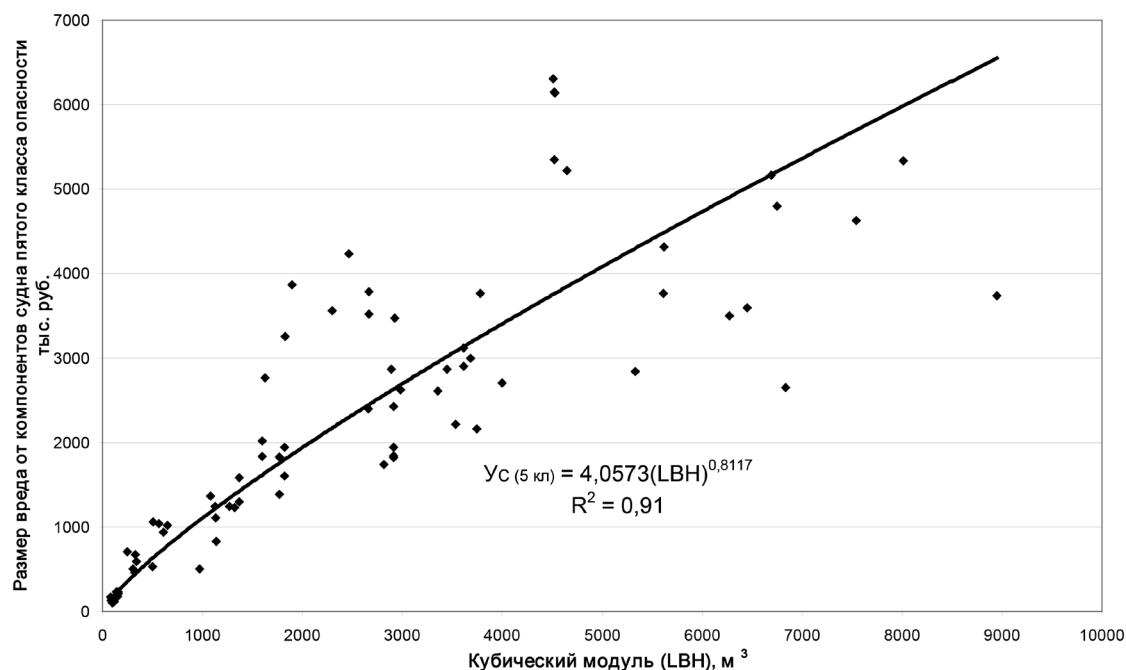


Рис. 3. Уравнение связи между размером вреда от компонентов судна 5-го класса опасности и кубическим модулем

Предложенный способ оценки размера вреда от компонентов судна различного класса опасности предполагает следующие этапы: определение характеристик районов судна; проверка выполнения условий применения регрессионной модели ($0 \text{ м}^2 \leq S_{\text{мо}} \leq 294 \text{ м}^2$; $0 \text{ м}^2 \leq S_{\text{над}} \leq 583 \text{ м}^2$; $0 \text{ м}^3 \leq LBH \leq 11910 \text{ м}^3$); расчет размера вреда; расчет оценки дисперсии размера вреда; расчет значения размера вреда, соответствующего верхней доверительной границе.

Технико-экономическая эффективность от внедрения определяется возможностью ускоренного получения количественной оценки размера вреда от компонентов судна различного класса, т. е. получением оперативных прогнозов размера вреда и категорирования ЧС(Н), являющихся необходимым условием функционирования подсистем РСЧС. Поэтому в качестве основного показателя технико-экономической эффективности от внедрения разработанного способа оценки размера вреда целесообразно использовать снижение трудоемкости работ.

В табл. 4 приведены результаты расчета трудоемкости по оценке размера вреда на примере буксирного судна проекта № Р96 по ПСНРМ (1-й вариант) и в соответствии с разработанной методикой по характеристикам районов судна, полученных путем натурного измерения (2-й вариант) и на основании документов классификационных обществ (3-й вариант), а также отношения полученных значений.

Таблица 4

Оценка трудоемкости

№ п/п.	Вариант оценки	Трудоемкость, нормо-ч
1	Обработка ПСНРМ (T_1)	418
2	По характеристикам районов судна, полученных путем натурного измерения (T_2)	9
3	По характеристикам районов судна, полученных на основании документов классификационных обществ (T_3)	2
4	Отношение T_1 / T_2	46,44
5	Отношение T_1 / T_3	209
6	Отношение T_2 / T_3	4,5

Наблюдаемое снижение трудоемкости (более чем в 200 раз) свидетельствуют о значительной технико-экономической эффективности от внедрения предлагаемого способа оценки размера вреда, причиненного почве от компонентов судна различного класса опасности при его сносе на берег в результате ЧС(Н).

Полученные результаты определяют приведенную последовательность оценки размеров вреда береговой черте при ЧС(Н).

1. Сбор исходных данных и формирование БД по характеристикам ЧС(Н) и ущербообразующим факторам (степень и глубина химического загрязнения; длина и ширина загрязненной части берега; количество нефти на берегу; категория земель и целевого назначения; вид и масса груза; объемы сборных емкостей (СВ, НВ и мусор); характеристики районов судна (площадь машинного отделения, площадь палуб в надстройке, кубический модуль); таксы).

2. Расчет площадей участков береговой черты, загрязненных нефтепродуктами.

3. Проверка наличия в зоне ЧС(Н) особо охраняемых территорий.

4. Оценка размера вреда при химическом загрязнении почв.

5. Оценка размера вреда в результате несанкционированного размещения отходов производства и потребления.

6. Оценка размера вреда, причиненного береговой черте собственно от РН.

7. Оценка размера вреда, причиненного береговой черте от сопряженных с ЧС(Н) источников причинения вреда.

8. Оценка суммарного размера вреда береговой черте при ЧС(Н).

Выводы

1. В результате выполненных исследований получены расчетные зависимости для оценки размера вреда береговой черте при ЧС(Н) на объектах водного транспорта и разработан порядок их применения.

2. Выполнена количественная оценка размера вреда от компонентов судна различного класса опасности.

3. Путем статистического анализа БД по компонентам различного класса опасности в составе судов показано, что для оценки размеров вреда от компонентов 3-го класса опасности целесообразно использовать характеристику района МО в виде его площади, для оценки размеров вреда от компонентов 4-го класса опасности – характеристику района надстройки в виде площади палуб надстройки, для оценки размеров вреда от компонентов пятого класса опасности – «кубический модуль» (произведение главных размерений).

4. Впервые получены регрессионные уравнения связи размера вреда от компонентов судна различного класса опасности с характеристиками районов их расположения. При этом коэффициенты детерминации $R^2 \geq 0,77$, что свидетельствует о наличии очень сильной связи между исследуемыми признаками.

5. Разработана методика определения размера вреда от компонентов судна различного класса опасности и выполнена ее алгоритмизация.

6. Впервые предложен и обоснован способ косвенного определения размера вреда при сносе судна на берег по его типовым характеристикам. Предлагаемый способ обеспечивает получение оперативных прогнозов размера причиненного вреда и категорирование ЧС(Н), что является необходимым условием для функционирования подсистем РСЧС. Наблюдаемое снижение трудоемкости (более чем в 200 раз) свидетельствует о значительной технико-экономической эффективности от внедрения предлагаемого способа оценки размера вреда.

7. Полученные результаты нашли применение при разработке и отработке более 100 планов ЛРН, в процессе подготовки более 200 спасателей и руководителей аварийно-спасательных формирований в составе персонала организаций водного транспорта на базе учебно-тренажерного центра по управлению кризисными ситуациями природного и техногенного характера Волжской государственной академии водного транспорта; при разработке мероприятий по обеспечению допустимого уровня риска негативного влияния судоходства на гидротехнические сооружения Нижегородской и Ростовской АЭС.

Список литературы

1. Наумов В. С. Информационные аспекты создания функциональной подсистемы организации работ по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на внутренних водных путях / В. С. Наумов, А. Е. Пластинин // Наука и техника транспорта. — 2007. — № 3. — С. 74–77.
2. Наумов В. С. Оценка ущерба при разливах нефти на объектах транспортного комплекса / В. С. Наумов, А. Е. Пластинин // Журнал университета водных коммуникаций. — 2010. — № 5 (1). — С. 152–157.
3. Наумов В. С. Организация контроля потенциально-опасных объектов судоходства / В. С. Наумов, А. Е. Пластинин // Журнал университета водных коммуникаций. — 2010. — № 8 (4). — С. 92–97.
4. Пластинин А. Е. Особенности оценки ущерба при разливах нефти на внутренних водных путях / А. Е. Пластинин, А. Н. Каленков // Приволжский научный журнал. — 2011. — № 3. — С. 168–174.
5. Наумов В. С. Проблема аварийных сбросов опасных грузов с судов / В. С. Наумов, А. Е. Пластинин, А. А. Парахина // Журнал университета водных коммуникаций. — 2011. — № 11 (3). — С. 149–156.
6. Пластинин А. Е. Оценка загрязнения при разливе нефти на водную поверхность / А. Е. Пластинин // Журнал университета водных коммуникаций. — 2013. — № 18 (2). — С. 129–135.
7. Пластинин А. Е. Оценка риска возникновения транспортных происшествий / А. Е. Пластинин // Речной транспорт (XXI век). — 2013. — № 3. — С. 83–88.
8. Наумов В. С. Проблема защиты экологически чувствительных территорий при разливах нефти на внутренних водных путях / В. С. Наумов, А. Е. Пластинин, О. С. Нестерова // Журнал университета водных коммуникаций. — 2013. — № 3 (19). — С. 130–135.

9. Пластинин А. Е. Оценка ожидаемого ущерба водным объектам при разливах нефти / А. Е. Пластинин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 1. — С. 97–104.

10. Пластинин А. Е. Разработка матриц выбора средств борьбы с разливами нефти / А. Е. Пластинин // Речной транспорт (XXI век). — 2014. — № 2. — С. 53–61.

11. Наумов В. С. Моделирование процессов ликвидации разливов нефти с судов / В. С. Наумов, А. Е. Пластинин // Речной транспорт (XXI век). — 2014. — № 3. — С. 65–70.

12. Липатов И. В. Оценка гидродинамических условий при ликвидации разливов нефти / И. В. Липатов, А. Е. Пластинин // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 5. — С. 127–134.

13. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды (утв. приказом МПР РФ от 8 июля 2010 года № 238) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902227668>, свободный. — Загл. с экрана. (дата обращения: 24.10.2014).

14. Пластинин А. Е. Оценка экологической опасности судов внутреннего плавания, подлежащих утилизации: Дис. ... канд. техн. наук: 03.00.16. / А. Е. Пластинин. — Защищена 30.11.04; утв. 11.03.05. — Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2004. — 18 с.

15. Пластинин А. Е. Исследование распределения массы компонентов различного класса опасности по районам судна, подлежащего утилизации / А. Е. Пластинин // Вестник ВГАВТ. — 2006. — Вып. 18. — С. 142–145.

16. Дормидонтов Н. К. Проектирование судов внутреннего плавания / Н. К. Дормидонтов. — Л.: Судостроение, 1974. — 336 с.

УДК: 656; 004.8, 007.5 , 51-7, 510.67

Я. А. Селиверстов,
науч. сотр.;

С. А. Селиверстов,
науч. сотр.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВЫХ ВИДОВ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

ABOUT USING SIMULATION TO EVALUATE THE EFFICIENCY OF THE NEW TYPE OF THE URBAN PASSENGER TRANSPORT

Выполнено формальное построение модели распределения транспортных потоков с использованием графоаналитического и теоретико-множественного аппаратов. На практическом примере пояснен метод распределения транспортных потоков. Приведена разработка информационно-логической модели нового маршрута «Невской линии» внутригородского водного пассажирского транспорта. Выполнено моделирование и произведена оценка распределения транспортных потоков на улично-дорожной сети и внутренней сети метрополитена Санкт-Петербурга. Осуществлена оценка увеличения провозной способности «Невской линии» внутригородского водного пассажирского транспорта. Проанализированы результаты транспортного моделирования. Даны рекомендации по транспортному обслуживанию прилегающих к «Невской линии» районов. Обозначены практические ориентиры развития технологии транспортного моделирования.

The formal mathematical construction of the model distribution of traffic flows using graph theory and set-theory are developed. The method of distribution of traffic flows are explained with the practical example. The program model of the new route "Neva line" water transport are developed here. The evaluation of the distribution of traffic on the road network and the network of metro of St. Petersburg is performed with using the transport