

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

### **ENVIRONMENTAL SAFETY**

УДК 504.45.054: 665.6

DOI: 10.37890/jwt.vi74.341

#### **Прогнозирование разливов нефти с судов в Амурском бассейне**

**А.Н. Каленков**<sup>1</sup>

*ORCID: 0000-0001-8985-5598*

**А.Е. Пластинин**<sup>1</sup>

*ORCID: 0000-0003-4244-8703*

<sup>1</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация.** В связи с необходимостью разработки и совершенствования мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти в Амурском бассейне внутренних водных путей в статье выполнено прогнозирование распространения нефтяного загрязнения на реках Амур, Аргунь, Зея, Уссури, Тунгуска и Амгунь. Целью данного исследования является оценка параметров разлива нефти и нефтепродуктов и создание ситуационных математических моделей необходимых для расчета средств борьбы (боновых заграждений и нефтесборщиков). Построены зависимости для оценки длины и ширины нефтяных пятен, а также длины загрязненного берега при разливах в Амурском бассейне. Полученные результаты применены при создании регионального (бассейнового) плана по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в Амурском бассейне.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, воздействие на окружающую среду, разливы нефти, прогнозирование, Амурский бассейн.

#### **Forecasting of oil spills from ships in the Amur River basin**

**Aleksandr N. Kalenkov**<sup>1</sup>

*ORCID: 0000-0001-8985-5598*

**Andrey E. Plastinin**<sup>1</sup>

*ORCID: 0000-0003-4244-8703*

<sup>1</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** In connection with the need to develop and improve measures to prevent and eliminate oil spills in the Amur River basin of inland waterways, the article predicts the spread of oil pollution on the Amur, Argun, Zeya, Ussuri, Tunguska and Amgun Rivers. The purpose of this study is to evaluate the parameters of oil and oil product spills and create situational mathematical models necessary for the calculation of control means (booms and oil skimmers). To estimate the length and width of oil slicks, as well as the length of the contaminated coast in case of oil spills in the Amur basin, relationships between different parameters were assessed. The results obtained were applied in the creation of a regional (basin) plan for the prevention and elimination of oil and oil product spills in the Amur basin.

**Keywords:** environmental safety, environmental impact, oil spills, forecasting, Amur basin.

## **Введение**

В связи с необходимостью разработки и совершенствования мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти в Амурском бассейне внутренних водных путей прогнозирование распространения нефтяного загрязнения по водной поверхности представляется актуальной задачей [1 – 3].

Следует отметить, что Амурский бассейн включает многочисленные особо охраняемые природные территории, уязвимые при нефтяном загрязнении и требующие оперативной защиты. Например, государственный природный заповедник «Большехецирский» в Хабаровском районе; бассейн озера Гасси, где расположен модельный лес «Гассинский», первый в России; памятники природы: озеро Синдинское (место обитания бобра), озеро Гасси (место обитания черепахи-трионикса), остров Листвянный (место гнездования цапель), протока Эморон в Нанайском районе [4 – 6].

Государственный природный заповедник «Комсомольский», заповедник Шарголь и Горинский заказник расположены в Комсомольском районе и являются местом обитания множества редких видов (рыбы: желтощек, ауха; пресмыкающиеся: дальневосточная черепаха; птицы: белоплечий орлан, беркут, большой подорлик, дальневосточный аист, дальневосточный кроншнеп, дикуша, мандаринка, нырок, орлан-белохвост, пискулька, рыбный филин, скопа, филин, черный аист, черный журавль, чешуйчатый крохаль; млекопитающие: амурский тигр) [4].

В настоящее время в указанных выше заповедниках описано 12 видов земноводных и пресмыкающихся, 236 видов птиц, 45 видов млекопитающих. Многие из них занесены в Красную книгу Российской Федерации. Богата и ихтиофауна заповедников. Например, по реке Горин проходят сезонные миграции сига, сазана, карася, в верховьях реки и ее притоках нерестятся лососевые: горбуша, ленок, хариус [4].

В Николаевском районе находятся заказники краевого значения «Приозерный» и «Дальжинский».

Государственный биологический заказник «Удыль» (Ульчский район) - федерального значения, в период весенне-осенней миграции отмечается концентрация водных и редких видов птиц и их гнездование.

Зейский заповедник расположен на восточной оконечности хребта Тукурингра, на берегу Зейского водохранилища, на территории Зейского района Амурской области. Целью создания заповедника является охрана и изучение эталонного участка горных ландшафтов северо-западного Приамурья, а также изучение воздействия Зейского водохранилища на природные комплексы [4].

Хинганский заповедник расположен на стыке террасовых равнин среднего течения Амура и предгорий Малого Хингана, на территории Архарского района Амурской области. Основной целью создания Хинганского заповедника является охрана гнездовых стадий уссурийского и даурского журавлей. Территория заповедника отнесена к водно-болотным угодьям международного значения ("Хингано-Архаринская низменность", Рамсарская конвенция). Угодье расположено на крайнем юге Амурской области, у ее границ с Еврейской автономной областью и Китаем, в 175 км к юго-востоку от центра области - г. Благовещенска. Угодье занимает Среднеамурскую равнину (долину Амура) от реки Буреи до реки Хинган, располагаясь юго-западнее Транссибирской железнодорожной магистрали. Уникальные ландшафты восточных влажных лесостепей (прерий) в долине Амура являются местом массового гнездования редких птиц [4].

Создание эффективной системы защиты многочисленных особо охраняемых природных территорий бассейна возможно на основе применения современных систем имитационного моделирования. Основным средством борьбы с разливами нефти являются боновые ограждения, а для расчета их параметров необходимы оценки длины и ширины нефтяного пятна, протяженности загрязненного берега. В

связи с этим, целью наших исследований является оценка параметров разлива нефти и нефтепродуктов и создание ситуационных математических моделей изменения выше перечисленных параметров нефтяного загрязнения для расчета средств борьбы (боновых заграждений и нефтесборщиков) [7 – 9].

#### **Материалы и методы**

В этом исследовании для моделирования процесса распространения нефти использовалось программное средство PISCES 2, которое обеспечивает оценку нефтяного загрязнения. Расчеты в PISCES 2 объединяют данные об окружающей среде в реальном времени, такие как скорость ветра, с информацией о химических и физических свойствах нефти. Программа обеспечивает вывод данных о выветривании нефти путем воспроизведения таких процессов, как испарение, диспергирование в толще воды, а также изменения плотности и вязкости нефти. Помимо характеристики нефти, ветра и течения являются основными факторами, влияющими на траекторию разлива [7].

Для оценки нефтяного загрязнения проводилось математическое моделирование следующих показателей: длины и ширины нефтяного пятна, протяженности загрязненного берега [10 – 12].

Транспортный флот Амурского бассейна имеет в своем составе более 30 судов, которые перевозят нефтепродукты на внутренних водных путях или являются бункеровочными объектами, дислоцирующимися в районах, прилегающих к населенным пунктам: г. Хабаровск, г. Комсомольск-на-Амуре, г. Благовещенск г. Николаевск-на-Амуре.

Самыми крупными судами, имеющими значительные запасы нефтепродуктов, являются: нефтеналивные баржи типа «БНТ-3500», «БНБ-2001», «ТН-600», суда типа «НТ-101», «БСТ» и др. В случае наиболее тяжелого развития сценария аварии на них возможно возникновение разлива нефти от 75 до 1750 т.

Судоходные компании, используя находящиеся в их распоряжении суда, осуществляет перевозки следующих видов нефтепродуктов: моторное топливо (дизельное топливо), моторное масло (дизельное масло), мазут, бензин, керосин.

Статистический анализ проводился с помощью математической системы STATISTICA 8.

#### **Результаты и обсуждение**

Полученные оценки параметров нефтяного загрязнения в Амурском бассейне при различных скоростях течения представлены в табл. 1.

Моделирование разливов нефти массой 1750 тонн дизельного топлива в меженных и паводковых условиях выполнялось на следующих водных объектах: река Амур, река Аргунь, река Зея, река Усури, река Тунгуска, река Амгунь.

В качестве примера на рис. 1 – 5 приведены построенные карты чрезвычайных ситуаций для источника разлива на реке Амур в районе г. Хабаровск в меженных условиях со скоростью течения 3,6 км/ч и западном ветре со скоростью 3 м/с. (широта 48° 27.983'N, долгота 135° 03.130'E.).

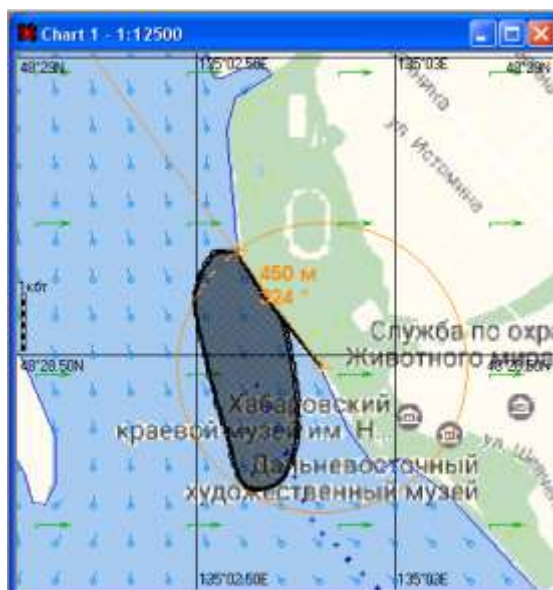


Рис. 1. Карта чрезвычайной ситуации на 0 часов 32 минут с момента разлива. (длина загрязненной части берега)

Таблица 1

**Оценки параметров нефтяного загрязнения в Амурском бассейне при различных скоростях течения на 4 часа с момента разлива**

№	Дислокация источника	Длина пятна, м	Ширина пятна, м	Загрязненный берег, м	Скорость течения, км/ч
1	2	3	4	5	6
1	Река Амур. Благовещенск. Координаты источника разлива: широта 50 <sup>0</sup> 15.348'N, долгота 127 <sup>0</sup> 30.596'E. Межень. Ветер южный 5 м/с.	2300	198	5432	5,5
2	Река Амур. Благовещенск. Координаты источника разлива: широта 50 <sup>0</sup> 15.348'N, долгота 127 <sup>0</sup> 30.596'E. Паводок. Ветер южный 15 м/с.	1700	50	12438	8,5
3	Река Амур. Хабаровск. Координаты источника разлива: широта 48 <sup>0</sup> 27.983'N, долгота 135 <sup>0</sup> 03.130'E. Межень. Ветер западный 3 м/с.	2300	92,3	11827	3,6
4	Река Амур. Хабаровск. Координаты источника разлива: широта 48 <sup>0</sup> 27.983'N, долгота 135 <sup>0</sup> 03.130'E. Паводок. Ветер западный 15 м/с	71	50,5	11134	6,1

№	Дислокация источника	Длина пятна, м	Ширина пятна, м	Загрязненный берег, м	Скорость течения, км/ч
1	2	3	4	5	6
5	Река Амур. г. Комсомольск-на-Амуре. Координаты источника разлива: широта 50 <sup>0</sup> 30.316'N, долгота 137 <sup>0</sup> 00.520'E. Межень. Ветер юго-восточный 4 м/с.	120	153	6120	3,2
6	Река Амур. г. Комсомольск-на-Амуре. Координаты источника разлива: широта 50 <sup>0</sup> 30.316'N, долгота 137 <sup>0</sup> 00.520'E. Паводок. Ветер юго-восточный 15 м/с.	90	120	7630	5,2
7	Река Амур. г. Николаевск-на-Амуре. Координаты источника разлива: широта 53 <sup>0</sup> 07.135'N, долгота 140 <sup>0</sup> 41.362'E. Межень. Ветер южный 3 м/с.	400	602	0	2,8
8	Река Амур. г. Николаевск-на-Амуре. Координаты источника разлива: широта 53 <sup>0</sup> 07.135'N, долгота 140 <sup>0</sup> 41.362'E. Паводок. Ветер южный 15 м/с.	1600	63	5308	3,8
9	Река Аргунь. г. Усть-стрелка. Координаты источника разлива: широта 53 <sup>0</sup> 19.456'N, долгота 121 <sup>0</sup> 22.951'E. Межень. Ветер юго-западный 3 м/с.	6000	106	16213	5,9
10	Река Аргунь. г. Усть-стрелка. Координаты источника разлива: широта 53 <sup>0</sup> 19.456'N, долгота 121 <sup>0</sup> 22.951'E. Паводок. Ветер юго-западный 15 м/с.	2900	40	23212	8,0
11	Река Зея. г. Зея. Координаты источника разлива: широта 53 <sup>0</sup> 44.693'N, долгота 127 <sup>0</sup> 18.034'E. Межень. Ветер северо-восточный 3 м/с.	3200	350	12312	7,2
12	Река Зея. г. Зея. Координаты источника разлива: широта 53 <sup>0</sup> 44.693'N, долгота 127 <sup>0</sup> 18.034'E. Паводок. Ветер северо-восточный 15 м/с.	1300	144	19261	10,0

№	Дислокация источника	Длина пятна, м	Ширина пятна, м	Загрязненный берег, м	Скорость течения, км/ч
1	2	3	4	5	6
13	Река Уссури. г. Лесозаводск. Координаты источника разлива: широта 45°27.688'N, долгота 133°23.236'Е. Межень. Ветер южный 3 м/с.	2000	90,7	16751	2,5
14	Река Уссури. г. Лесозаводск. Координаты источника разлива: широта 45°27.688'N, долгота 133°23.236'Е. Паводок. Ветер южный 15 м/с.	500	92	20565	7,2
15	Река Тунгуска. с. Волочаевка. Координаты источника разлива: широта 48°37.945'N, долгота 134°33.086'Е. Межень. Ветер западный 3 м/с.	100	78,2	7087	3,6
16	Река Тунгуска. с. Волочаевка. Координаты источника разлива: широта 48°37.945'N, долгота 134°33.086'Е. Паводок. Ветер западный 15 м/с.	60	63	5950	6,1
17	Река Амгунь. село им. П. Осипенко. Координаты источника разлива: широта 52°25.405'N, долгота 136°29.955'Е. Межень. Ветер юго-западный 5 м/с.	2700	134	7958	2,0
18	Река Амгунь. село им. П. Осипенко. Координаты источника разлива: широта 52°25.405'N, долгота 136°29.955'Е. Паводок. Ветер юго-западный 15 м/с.	1730	128	12789	4,0

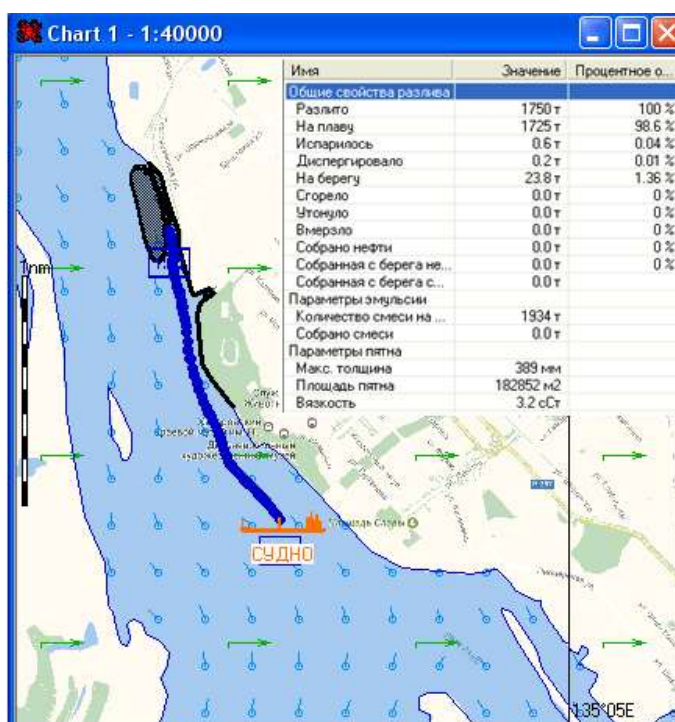


Рис. 2. Карта чрезвычайной ситуации на 1 час с момента разлива

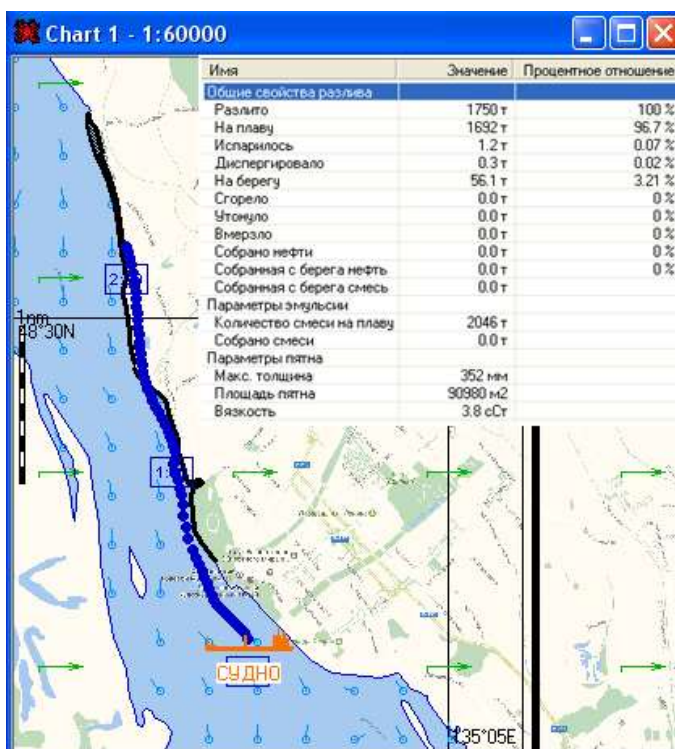


Рис. 3. Карта чрезвычайной ситуации на 2 часа с момента разлива

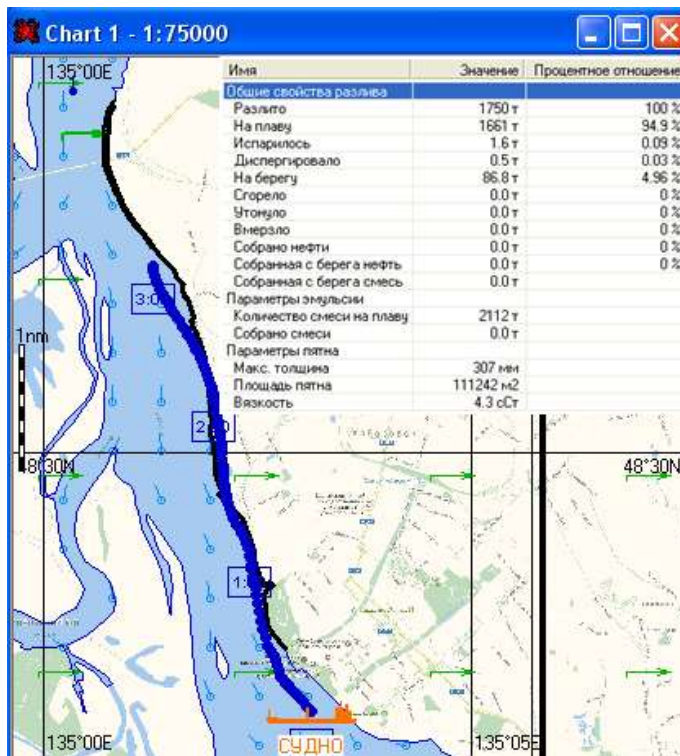


Рис. 4. Карта чрезвычайной ситуации на 3 часа с момента разлива

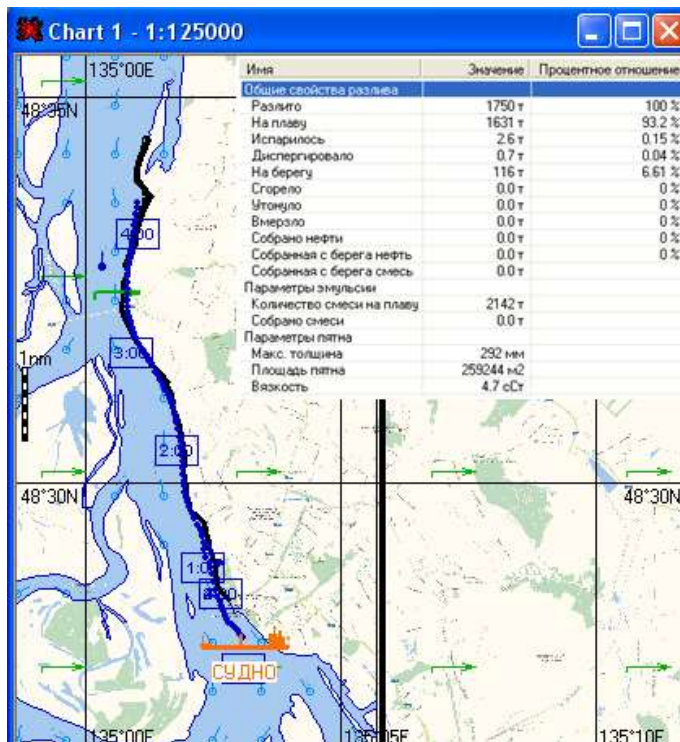


Рис. 5. Карта чрезвычайной ситуации на 4 часа с момента разлива



В ходе обработки результатов моделирования в программном комплексе STATISTICA получены регрессионные уравнения связи длины пятна, ширины пятна и длины загрязненного берега в зависимости от скорости течения (рис. 6).

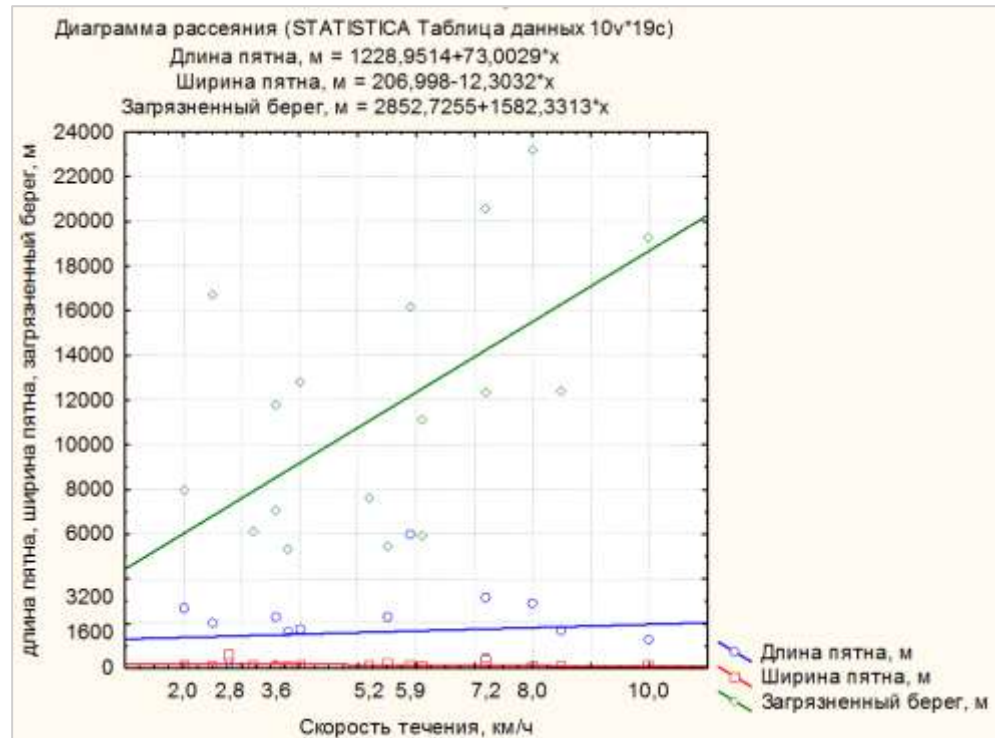


Рис. 6. Графики зависимостей длины пятна, ширины пятна и длины загрязненного берега от скорости течения

По данным рис. 6 уравнения регрессии имеют вид:

$$L = 1228,95 + 73v, \text{ м} \tag{1}$$

$$B = 207 - 12,3v, \text{ м} \tag{2}$$

$$L_b = 2852,73 + 1582,33v, \text{ м}, \tag{3}$$

где L – длина пятна, м;  
 B – ширина пятна, м;  
 L<sub>b</sub> – длина загрязненного берега, м;  
 v – скорость течения, км/ч.

Следует отметить, что все суда, осуществляющие деятельность во внутренних водных путях Амурского бассейна, выполняют требования Правил Российского Речного Регистра, что снижает уровень риска разливов нефти. На основании типового плана по предупреждению и ликвидации аварийного разлива нефти и нефтепродуктов судов, разработаны планы для каждого конкретного судна, учитывающего конструктивные особенности судна и объем имеющихся на его борту нефтепродуктов.

Во всех организациях утверждены и действуют «Планы мероприятий по предупреждению загрязнения водоёмов нефтепродуктами при транспортировке, погрузке-выгрузке и организации работ по ликвидации аварийных разливов нефти». Этими планами предусмотрены мероприятия, позволяющие значительно снизить

вероятность возникновения ситуаций, связанных с разливами нефтепродуктов, таких как:

- на перевозках нефтепродуктов закреплять специально подготовленные суда;
- бункеровку транспортного флота и портовых перегрузочных механизмов производить только закрытым способом;
- прием подсланевых вод осуществлять закрытым способом, для чего на судах установить присоединительные устройства;
- не принимать в эксплуатацию суда и перегрузочные механизмы, на которых не выполнены природоохранные мероприятия;
- к работе по ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов привлекать технические средства с исправными пожарными системами, искрогасителями и при наличии индивидуальных средств защиты обслуживающего персонала;
- продолжать ежегодное обучение оперативных и рабочих групп, капитанов судов и их помощников в соответствии с разработанными программами;
- до погрузки судов нефтепродуктами производить проверку исправности судов и т.д.

В Амурском бассейне имеются специальные суда для сбора и обработки сточных фановых, подсланевых нефтесодержащих вод (т/х «Докучаев», баржи типа «БНТ-3500», баржа СППВ «Сахалин», нефтесборщики ОС-1 и ОС-2 и др., пожарные суда «Стрежень», «Прилив» и др.).

### **Заключение**

В результате проведенных исследований выполнены:

- обзор многочисленных и требующих оперативной защиты особо охраняемых природных территорий Амурского бассейна, уязвимых при нефтяном загрязнении;
- прогнозирование распространения нефтяного загрязнения на реках Амур, Аргунь, Зeya, Уссyри, Тунгyска и Амгyнь в количестве 18 сценариев в меженных и паводковых условиях;
- разработка карт чрезвычайных ситуаций с указанием свойств разлива;
- построение зависимостей для оценки длины и ширины нефтяных пятен, а также длины загрязненного берега при разливах в Амурском бассейне;
- обзор защитных мероприятий по предупреждению разливов нефти в Амурском бассейне.

Полученные результаты применены при создании регионального (бассейнового) плана по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в Амурском бассейне.

### **Список литературы**

1. Reshnyak, V. Evaluating environmental hazards of the potential sources of accidental spills / V. Reshnyak, O. Domnina, A. Plastinin. - doi:10.1088/1755-1315/867/1/012046. - Текст: электронный // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021 International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects, ESHCIP 2021". IOP Publishing Ltd. - 2021. - С. 012046. - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/867/1/012046/pdf> (дата обращения: 11.04.2022).
2. Проблемы экономической безопасности: новые глобальные вызовы и тенденции / Л. М. Анохин, Н. В. Анохина, О. Г. Аркадьева [и др.]; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет; Кафедра «Экономическая безопасность». – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 2021. – 715 с. – ISBN 978-5-696-05206-9. – Текст: непосредственный.

3. Бородин, А. Н. Совершенствование тренажерной подготовки по ликвидации разливов нефти при эксплуатации судов на внутренних водных путях / А. Н. Бородин. – Текст: электронный // Наука и устойчивое развитие общества. Наследие В.И. Вернадского. – 2009. – № 9. – С. 259-260. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_21213237\\_42203347.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_21213237_42203347.pdf) (дата обращения: 05.05.2022).
4. Курорты, санатории, пансионаты Амурская область (ДВФО). АкваЭксперт.Ру. URL: <http://aquaexpert.ru> (дата обращения 5.04.2022).
5. Защита устьевых участков малых рек от разливов нефти с судов / А.Н. Донина, А.Е. Пластинин, А.Н. Бородин, А.Н. Каленков. – Текст: электронный // Транспорт. Горизонты развития: Труды 1-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород - Новосибирск, 25–28 мая 2021 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО "ВГУВТ"), 2021. – С. 43. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_48326077\\_95624368.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48326077_95624368.pdf) (дата обращения: 27.04.2022).
6. Оценка воздействия разливов нефти на экологически чувствительные районы в Печорском бассейне / Е.Ю. Шматкова, А.Е. Пластинин, А.П. Балденков, А.Н. Бородин. – Текст: электронный // Великие реки - 2020: Труды 22-го международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 27–29 мая 2020 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2020. – С. 18. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_44631516\\_19167764.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44631516_19167764.pdf) (дата обращения: 10.05.2022).
7. Toz, A. C. Numerical modelling of oil spill in New York Bay / A. C Toz, B. Koseoglu, C. Sakar. - DOI 10.1515/aer-2016-0037. - Текст: электронный // Archives of Environmental Protection. - 2016. - Vol. 42 no. 4. - pp. 22–31. - URL: [https://www.researchgate.net/publication/309519305\\_Numerical\\_modelling\\_of\\_oil\\_spill\\_in\\_New\\_York\\_Bay](https://www.researchgate.net/publication/309519305_Numerical_modelling_of_oil_spill_in_New_York_Bay) (дата обращения: 11.02.2022).
8. Пластинин А.Е. Оценка риска возникновения разливов нефти на внутренних водных путях // Наука и техника транспорта. – 2015. – № 1. – С. 39-44. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_23146319\\_96013009.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23146319_96013009.pdf) (дата обращения: 11.04.2022).
9. Сравнительная динамика изменения качества дистиллированной и природной воды при длительном контакте с некоторыми судовыми конструкционными материалами / Н.Ш. Ляпина, И.Б. Мясникова, А.А. Иконников, А.Н. Бородин. – Текст: электронный // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2005. – № 12. – С. 171-176. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18411334> (дата обращения: 12.05.2022).
10. Проблемы экономической безопасности: новые решения в условиях ключевых трендов экономического развития / М. Стуль, Ш. А. Смагулова, А. Е. Ермуханбетова [и др.]; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет, Кафедра «Экономическая безопасность». – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. – 461 с. – ISBN 978-5-696-05149-9. – Текст: непосредственный.
11. Определение координат пятна дизельного топлива при затоплении судна в порту / Б.М. Ташимов, Н.С. Родина, А. Н. Бородин, А. Н. Каленков. – Текст: электронный // Транспорт. Горизонты развития: Труды 1-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород - Новосибирск, 25–28 мая 2021 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО "ВГУВТ"), 2021. – С. 46. – URL: [http://вф-река-море.рф/2021/PDF/4\\_5.pdf](http://вф-река-море.рф/2021/PDF/4_5.pdf) (дата обращения: 27.04.2022).
12. Определение участков концентрации транспортных происшествий с участием судов в Республике Татарстан / Е.А. Батанина, А.Н. Бородин, О. Л. Домнина, А. Е. Пластинин. – Текст: электронный // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 4-1 (50). – С. 161-168. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44517000> (дата обращения: 12.05.2022).

### References

1. Reshnyak, V. Evaluating environmental hazards of the potential sources of accidental spills / V. Reshnyak, O. Domnina, A. Plastinin. - doi:10.1088/1755-1315/867/1/012046. - Текст: электронный // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021 International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects, ESHCIP 2021". IOP Publishing Ltd. - 2021. - p. 012046. - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/867/1/012046/pdf> (accessed 11.04.2022).
2. Problemy ehkonomicheskoi bezopasnosti: novye global'nye vyzovy i tendentsii [Problems of Economic Security: New Global Challenges and Trends] / L. M. Anokhin, N. V. Anokhina, O. G. Arkad'eva [i dr.]; Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossiiskoi Federatsii; Yuzhno-Ural'skii gosudarstvennyi universitet; Kafedra «Ehkonomicheskaya bezopasnost'». – Chelyabinsk: Yuzhno-Ural'skii gosudarstvennyi universitet (natsional'nyi issledovatel'skii universitet), 2021. – 715 p. (In Russ). – ISBN 978-5-696-05206-9. – Текст: neposredstvennyi.
3. Alexey N. Borodin. Improving simulator training for oil spill response during the operation of ships on inland waterways. *Science and sustainable development of society. Legacy of V.I. Vernadsky*. 2009. No. 9. pp. 259-260 (In Russ).
4. Kurorty, sanatorii, pansionatyu Amurskaya oblast' (DVFO). AkvAEhkspert.Ru. URL: <http://aquaexpert.ru> (accessed 5.04.2022).
5. Zashchita ust'evykh uchastkov malykh rek ot razlivov nefi s sudov [Protection of small river mounting areas against oil spills from ships] / Anastasia N. Donina, Andrey E. Plastinin, Alexey N. Borodin, Aleksandr N. Kalenkov. – Текст: ehlektronnyi // Transport. Gorizonty razvitiya: Trudy 1-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma, Nizhnii Novgorod - Novosibirsk, 25–28 maya 2021 goda. – Nizhnii Novgorod: Volzhskii gosudarstvennyi universitet vodnogo transporta (FGBOU VO "VGUVT"), 2021. – p. 43. (In Russ). – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_48326077\\_95624368.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48326077_95624368.pdf) (accessed 27.04.2022).
6. Otsenka vozdeistviya razlivov nefi na ehkologicheski chuvstvitel'nye raiony v Pechorskom basseine [Assessment of the influence of oil spills on ecologically sensitive areas in Pechora basin] / Elena Y. Shmatkova, Andrey E. Plastinin, Anton P. Baldenkov, Alexey N. Borodin. – Текст: ehlektronnyi // Velikie reki - 2020: Trudy 22-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma, Nizhnii Novgorod, 27–29 maya 2020 goda. – Nizhnii Novgorod: Volzhskii gosudarstvennyi universitet vodnogo transporta, 2020. – p. 18. (In Russ). – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_44631516\\_19167764.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44631516_19167764.pdf) (accessed 10.05.2022).
7. Toz, A. C. Numerical modelling of oil spill in New York Bay / A. C. Toz, B. Koseoglu, C. Sakar. - DOI 10.1515/aep-2016-0037 // *Archives of Environmental Protection*. - 2016. - Vol. 42 no. 4. - pp. 22–31. - URL: [https://www.researchgate.net/publication/309519305\\_Numerical\\_modelling\\_of\\_oil\\_spill\\_in\\_New\\_York\\_Bay](https://www.researchgate.net/publication/309519305_Numerical_modelling_of_oil_spill_in_New_York_Bay) (accessed 11.02.2022).
8. Plastinin A.E. Ocenka riska vozniknoveniya razlivov nefi na vnutrennix vodny'x putyax [Assessment of the risk of oil spills on inland waterways] // *Nauka i tekhnika transporta*. 2015, no 1, pp. 39-44. (In Russ). – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_23146319\\_96013009.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23146319_96013009.pdf) (accessed 11.04.2022).
9. Sravnitel'naya dinamika izmeneniya kachestva distillirovannoi i prirodnoi vody pri dlitel'nom kontakte s nekotorymi sudovymi konstruksionnymi materialami [The comparative dynamics changing quality of distilled and natural water after it long contact with ship's constructional materials] / N.S. Lyapina, I.B. Myasnikova, A.A. Ikonnikov, A.N. Borodin. – Текст: ehlektronnyi // *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta [Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport]*. – 2005. – no. 12. – pp. 171-176. (In Russ). – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18411334> (accessed 12.05.2022).
10. Problemy ehkonomicheskoi bezopasnosti: novye resheniya v usloviyakh klyuchevykh trendov ehkonomicheskogo razvitiya [Problems of economic security: new solutions in the context of key trends in economic development] / M. Stul', SH. A. Smagulova, A. E. Ermukhanbetova [i dr.]; Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossiiskoi Federatsii; Yuzhno-Ural'skii gosudarstvennyi universitet, Kafedra «Ehkonomicheskaya bezopasnost'». – Chelyabinsk: Izdatel'skii tsentr YUURGU, 2020. – 461 p. (In Russ). – ISBN 978-5-696-05149-9. – Текст: neposredstvennyi.

11. Opredelenie koordinat pyatna dizel'nogo topliva pri zatopenii sudna v portu [Determination of diesel fuel spot coordinates during ship flooring in port] / Boris M. Tashimov, Natalia S. Rodina, Alexey N. Borodin, Aleksandr N. Kalenkov. – Tekst: ehlektronnyi // Transport. Gorizonty razvitiya: Trudy 1-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma, Nizhnii Novgorod - Novosibirsk, 25–28 maya 2021 goda. – Nizhnii Novgorod: Volzhskii gosudarstvennyi universitet vodnogo transporta (FGBOU VO "VGUVT"), 2021. – p. 46. (In Russ). – URL: [http://vf-reka-more.rf/2021/PDF/4\\_5.pdf](http://vf-reka-more.rf/2021/PDF/4_5.pdf) (data obrashcheniya: 27.04.2022).
12. Ekaterina A. Batanina, Alexey N. Borodin, Olga L. Domnina, Andrey E. Plastinin, Determination of areas of concentration of transport accidents with the participation of ships in the Republic of Tatarstan, *Marine intellectual technologies*. № 4 part 1, pp. 161-168 (2020) doi: 10.37220/MIT.2020.50.4.022.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Каленков Александр Николаевич**, к.т.н., доцент кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [kaf\\_oospb@vsuwt.ru](mailto:kaf_oospb@vsuwt.ru)

**Пластинин Андрей Евгеньевич**, д.т.н., доцент, профессор кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: [plastininae@yandex.ru](mailto:plastininae@yandex.ru)

**Aleksandr N. Kalenkov**, Ph.D.(Eng), Associate Professor of the Department of Environmental Protection and Industrial Safety, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951

**Andrey E. Plastinin**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Environmental Protection and Industrial Safety, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951

Статья поступила в редакцию 01.09.2022; опубликована онлайн 20.03.2023.  
Received 01.09.2022; published online 20.03.2023.