



DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-4-325-336  
УДК 502.51(282.247.41):504.5:665.6

Научная статья

## Оценка влияния различных факторов на площадь нефтяных пятен в районе Средней Волги

Н.И. Волкова, В.С. Наумов, А.Е. Пластинин, В.Н. Захаров

Волжский государственный университет водного транспорта  
Российская Федерация, 603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

**Аннотация.** В работе проведена оценка влияния различных факторов на площадь нефтяного загрязнения для решения задач прогнозирования при разливах нефтепродуктов с судов на внутренних водных путях (на примере района Средней Волги). В качестве факторов рассматривались скорость течения, температура воздуха, температура воды, объем и тип разлитого нефтепродукта, высота волны, извилистость берега, скорость и направление ветра, тип берега, ширина реки. Разработан подробный двухуровневый факторный план Бокса и Хантера для тестирования значимости исследуемых факторов. Выполнено математическое моделирование группы сценариев разливов нефти в районе Средней Волги. Установлено, что наибольшее влияние на площадь нефтяного пятна оказывает объем разлитого нефтепродукта, высота волны и извилистость берега. Исходя из полученных результатов предложен порядок ранжирования факторов на четыре группы по степени влияния на площадь пятна в зависимости от установленной величины эффекта: чрезвычайно значимые, особо значимые, высоко значимые и умеренно значимые. Результаты исследований применены при разработке более 30 объектовых планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти организаций, осуществляющих транспортировку и перегрузку нефти, бункеровку судов топливом в районе Средней Волги, а также плана по предупреждению и ликвидации разливов нефти в Волжском бассейне внутренних водных путей.

**Ключевые слова:** площадь нефтяного пятна, разлив нефти, оценка влияния, факторы, Средняя Волга

### Введение

При разработке мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти на водных объектах ключевое значение имеет прогнозирование площадей нефтяного загрязнения при различных, в том числе неблагоприятных, гидрометеорологических условиях, способствующих максимально возможному распространению разлива нефти, что является одним из основных требований как в России, так и за рубежом [1; 2].

Оценки площадей нефтяного загрязнения необходимы для построения и дальнейшего анализа карт чрезвычайных ситуаций, оценки вреда основным



компонентам природной среды, расчета типа и количества боновых заграждений и способа их постановки, схем применения нефтесборных устройств, оценки поражающих факторов при пожарах разлития нефти на водной поверхности [3; 4].

Площадь нефтяного загрязнения определяется в результате совместного моделирования сложных физических процессов: растекания, эмульгирования, диспергирования, испарения, взаимодействия с берегом, ветром и течением. При этом первые два процесса способствуют увеличению площади пятна, последующие два процесса приводят к уменьшению площади и имеют в научной литературе устойчивое название – процессы выветривания. Взаимодействие с берегом, ветром и течением может приводить как к увеличению площади нефтяного загрязнения, так и к уменьшению в зависимости от конкретных условий (факторов), которые определяют характер протекания всех вышеперечисленных процессов [5; 6].

На площадь нефтяного пятна влияет целый ряд факторов, которые можно разделить на три группы – географические, гидрометеорологические и характеристики нефтепродукта. К географическим факторам относят характеристики водного объекта – ширину, извилистость, тип грунта берега и др. Указанные характеристики можно считать неизменными (квазиконстантами) для конкретных потенциальных источников разлива нефти и гидрологического режима водного объекта – межени, паводка (река), прилива, отлива (море) [7; 8].

Необходимость учета всех перечисленных факторов, обработки большого количества информации и создания баз данных для автоматизации расчетных процедур определяет цель данной работы: оценка значимости влияния различных факторов на площадь нефтяных пятен при прогнозировании чрезвычайных ситуаций на водном транспорте [9; 10].

### **Материалы и методы**

В качестве источников аналитических материалов по исследуемым факторам в работе использовались данные электронных картографических систем и атласов Единой глубоководной системы Российской Федерации [11; 12].

Для определения ширины водного объекта применялась электронная картографическая система *Pisces 2*. В условиях внутренних водных путей принято деление акваторий по этому признаку на три группы: речные участки с шириной преимущественно от 100 до 1000 м; озерно-речные участки с шириной водного объекта от 1000 до 2000 м; озерные участки с шириной более 2000 м [11]. На исследуемом участке реки Волги ширина водного объекта варьируется в диапазоне от 600 до 5000 м.

Извилистость водного объекта характеризуется коэффициентом извилистости, который определяется как отношение длины водного объекта, измеренной по карте, к сумме отрезков прямых, соединяющих начало и конец однообразно ориентированных участков водного объекта. В зависимости от диапазонов изменения этого коэффициента выделяют четыре группы акваторий: очень извилистые (более 1,8); извилистые (1,6–1,8); слабо извилистые (1,2–1,6) и очень слабо извилистые (менее 1,2) [8]. В данной работе рассматривались водные объекты с коэффициентом извилистости более 1,8 и менее 1,2.

Тип берега определяется материалом, из которого состоит береговая черта: ил, песок, галька, бетон и др. На исследуемых участках в местах разлива нефти преимущественным типом берега является песок и бетон (причалные сооружения и берегоукрепления).

Гидрометеорологические факторы – это поля скоростей течений и ветра, температуры воздуха и воды, высота волны. Перечисленные факторы всегда имеют существенный диапазон изменения и могут принимать большое количество значений в зависимости от места дислокации моделируемого источника разлива.

Базы данных по полям скоростей течений, как правило, встроены в состав программно-аппаратных комплексов по моделированию разлива нефти или могут быть импортированы из специальных гидродинамических компьютерных программ. Для исследуемого участка реки Волги поле скоростей течений задавалось с помощью базовых векторов и триангуляции Делоне в системе *Pisces 2*.

Информацию по другим гидрометеорологическим факторам получают по данным мониторинга окружающей среды за репрезентативный период наблюдения (не менее 10 лет), а также из навигационных очерков.

Основными моделируемыми характеристиками нефтепродукта являются плотность, вязкость, масса, а также объем и тип нефтепродукта, значения которых варьируются для каждого потенциального источника разлива.

Прогнозируемые объемы разлива изменяются в широком диапазоне от нескольких тонн (для яхт и маломерного флота) до нескольких десятков тысяч тонн (морские танкеры и нефтедобывающие платформы). В данной работе рассматривались две моды объемов разлива нефти 100 и 1000 т соответственно [1].

Наиболее распространенными типами нефтепродуктов на внутренних водных путях являются дизельное топливо, мазут, сырая нефть, вакуумный газойль. На исследуемом участке преимущественно перевозятся мазут и дизельное топливо.

При моделировании сценариев чрезвычайных ситуаций, связанных с разливами нефти, необходимо учитывать все перечисленные факторы, поэтому возникает задача оценки значимости факторов, влияющих на площадь нефтяного загрязнения, для решения которой наиболее целесообразно использовать метод планирования эксперимента с применением для выбора плана эксперимента и анализа полученных данных в компьютерной программе *STATISTICA 8.0* [7–8].

## **Результаты и обсуждение**

Для исследования разработан дробный двухуровневый факторный план Бокса и Хантера, который обеспечивает тестирование значимости влияния рассматриваемых факторов, зафиксированных на минимальном и максимальном уровнях, на площадь нефтяного пятна [7; 8].

План многофакторного эксперимента представлен в табл. 1 и 2.

Вместо параметра «направление ветра» применялся параметр «сонаправленность векторов скорости течения и ветра», который принимает два значе-

ния: *да* (векторы сонаправлены, ветер способствует распространению нефти) и *нет* (векторы перпендикулярны, ветер направлен к берегу). Два значения также принимает параметр «извилистость русла»: *да* (извилистый) и *нет* (слабо извилистый).

В качестве источников опасности рассматривались четыре потенциальных источника разлива нефти в районе Средней Волги: 886 км; 985,4 км (Нижегородская область); 1304 км; 1313,1 км (республика Татарстан), которые являются очагами аварийности транспортных судов.

Таблица 1

План дробного двухфакторного эксперимента (часть 1)

№	Скорость течения	Скорость ветра, м/с	Сонаправленность векторов скоростей течения и ветра	Высота волны, м	Температура воды, °
1	минимальная	0	да	0	5
2	максимальная	0	да	0	25
3	минимальная	15	да	0	25
4	максимальная	15	да	0	5
5	минимальная	0	нет	0	25
6	максимальная	0	нет	0	5
7	минимальная	15	нет	0	5
8	максимальная	15	нет	0	25
9	минимальная	0	да	1	5
10	максимальная	0	да	1	25
11	минимальная	15	да	1	25
12	максимальная	15	да	1	5
13	минимальная	0	нет	1	25
14	максимальная	0	нет	1	5
15	минимальная	15	нет	1	5
16	максимальная	15	нет	1	25

Table 1

Fractional two-factor experiment plan (part 1)

No.	Current velocity	Wind speed, m/s	Co-directivity of the current and wind velocity vectors	Wave height, m	Water temperature, °
1	minimal	0	yes	0	5
2	maximum	0	yes	0	25
3	minimal	15	yes	0	25
4	maximum	15	yes	0	5
5	minimal	0	no	0	25
6	maximum	0	no	0	5
7	minimal	15	no	0	5
8	maximum	15	no	0	25
9	minimal	0	yes	1	5
10	maximum	0	yes	1	25
11	minimal	15	yes	1	25
12	maximum	15	yes	1	5
13	minimal	0	no	1	25
14	maximum	0	no	1	5
15	minimal	15	no	1	5
16	maximum	15	no	1	25

Таблица 2

## План дробного двухфакторного эксперимента (часть 2)

№	Температура воздуха, °	Тип нефтепродукта	Извилистость русла	Ширина реки	Объем разлива, т	Тип берега
1	0	дизтопливо	нет	озерный	1000	бетон
2	0	мазут	да	речной	100	песок
3	30	дизтопливо	да	речной	100	бетон
4	30	мазут	нет	озерный	1000	песок
5	30	мазут	нет	речной	1000	песок
6	30	дизтопливо	да	озерный	100	бетон
7	0	мазут	да	озерный	100	песок
8	0	дизтопливо	нет	речной	1000	бетон
9	30	мазут	да	речной	1000	бетон
10	30	дизтопливо	нет	озерный	100	песок
11	0	мазут	нет	озерный	100	бетон
12	0	дизтопливо	да	речной	1000	песок
13	0	дизтопливо	да	озерный	1000	песок
14	0	мазут	нет	речной	100	бетон
15	30	дизтопливо	нет	речной	100	песок
16	30	мазут	да	озерный	1000	бетон

Table 2

## Fractional two-factor experiment plan (part 2)

No.	Air temperature, °	Oil product type	Riverbed tortuosity	River width	Spill volume, t	River bank type
1	0	diesel fuel	no	lake	1000	concrete
2	0	fuel oil	yes	river	100	sand
3	30	diesel fuel	yes	river	100	concrete
4	30	fuel oil	no	lake	1000	sand
5	30	fuel oil	no	river	1000	sand
6	30	diesel fuel	yes	lake	100	concrete
7	0	fuel oil	yes	lake	100	sand
8	0	diesel fuel	no	river	1000	concrete
9	30	fuel oil	yes	river	1000	concrete
10	30	diesel fuel	no	lake	100	sand
11	0	fuel oil	no	lake	100	concrete
12	0	diesel fuel	yes	river	1000	sand
13	0	diesel fuel	yes	lake	1000	sand
14	0	fuel oil	no	river	100	concrete
15	30	diesel fuel	no	river	100	sand
16	30	fuel oil	yes	lake	1000	concrete

Прогнозирование площадей нефтяного загрязнения осуществляется разработчиками планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти с применением специальных компьютерных программ для математического моделирования разливов нефти. Наибольшее распространение в мире получили следующие программно-аппаратные комплексы: OILMAP (RPS, Великобритания), CRISIS (Шип Аналитикс, США), OPC (National Oceanic and Atmospheric Administration, США), Pisces 2 (ЗАО «ТРАНЗАС», Россия) Seatrack Web (Шведский институт метеорологии и гидрологии, Швеция) МРСТ (Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering, Южная Корея), Arctic oil

spill response system (консалтинговая инженерная группа RAMBOL, Дания), OilMARS (Арктический и антарктический НИИ, Россия) [2; 13].

В данной работе моделирование выполнялось в системе Pisces 2. На рис. 1 в качестве примера показана карта чрезвычайной ситуации на четыре часа для 1313,1 км, в табл. 3 приведены результаты моделирования площади нефтяного пятна.



**Рис. 1.** Карта чрезвычайной ситуации  
 [Figure 1. Emergency situation map]

Таблица 3

**Результаты моделирования площади нефтяного пятна**

№	Площадь, м <sup>2</sup>	№	Площадь, м <sup>2</sup>	№	Площадь, м <sup>2</sup>	№	Площадь, м <sup>2</sup>
1	219465	5	192116	9	617203	13	243224
2	2603	6	49188	10	52396	14	38911
3	3093	7	3332	11	73224	15	21818
4	442585	8	112359	12	480953	16	558117

Table 3

## Oil patch area simulation results

No.	Area, m <sup>2</sup>	No.	Area, m <sup>2</sup>	No.	Area, m <sup>2</sup>	No.	Area, m <sup>2</sup>
1	219465	5	192116	9	617203	13	243224
2	2603	6	49188	10	52396	14	38911
3	3093	7	3332	11	73224	15	21818
4	442585	8	112359	12	480953	16	558117

Оценка влияния факторов в проведенном эксперименте определялась при уровне значимости  $p \leq 0,05$  [7; 8].

Анализ результатов моделирования дробного двухуровневого факторного плана Бокса и Хантера представлен в табл. 4.

Таблица 4

## Результаты численного эксперимента

Показатель	Стандартная ошибка	<i>t</i>	<i>p</i>	–95,00 %, доверительный интервал	+95,00 %, доверительный интервал	Бета
Свободный член	2373936	–12,0259	0,000274	–35139806	–21957602	–
Скорость течения	7396	6,1458	0,003555	24920	65989	0,109897
Скорость ветра	7396	4,7386	0,009046	14512	55581	0,084734
Направление ветра	7396	–11,3652	0,000342	–104592	–63523	–0,203227
Высота волны	7396	17,9337	0,000057	112104	153173	0,320683
Температура воды	7396	–10,7545	0,000424	–100075	–59006	–0,192307
Температура воздуха	7396	12,8861	0,000209	74771	115840	0,230423
Нефтепродукт	7396	12,6013	0,000228	72665	113734	0,225331
Извилистость русла	7396	13,6026	0,000169	80070	121139	0,243235
Ширина реки	7396	–2,9150	0,043460	–42094	–1025	–0,052125
Объем	7396	–44,3052	0,000002	–348217	–307148	–0,792247
Тип берега	7396	–3,9300	0,017102	–49601	–8532	–0,070275

Table 4

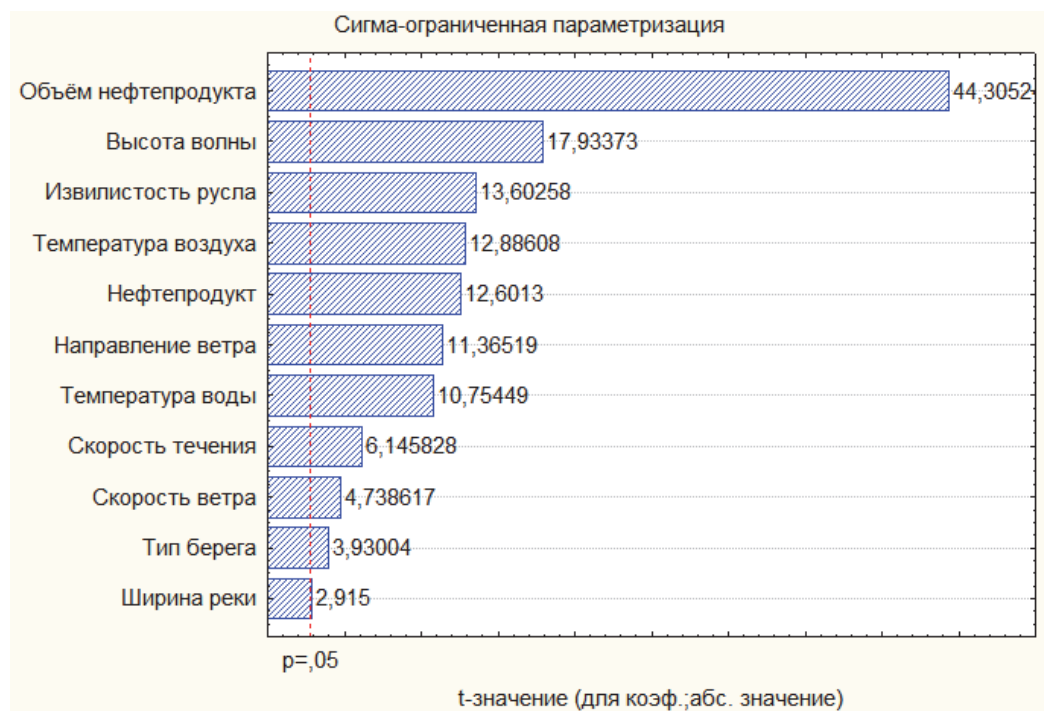
## Results of a numerical experiment

Indicator	Standard error	<i>t</i>	<i>p</i>	–95,00%, confidence interval	+95,00%, confidence interval	Beta
Absolute term	2373936	–12,0259	0,000274	–35139806	–21957602	–
Current velocity	7396	6,1458	0,003555	24920	65989	0,109897
Wind speed	7396	4,7386	0,009046	14512	55581	0,084734
Wind direction	7396	–11,3652	0,000342	–104592	–63523	–0,203227
Wave height	7396	17,9337	0,000057	112104	153173	0,320683
Water temperature	7396	–10,7545	0,000424	–100075	–59006	–0,192307
Air temperature	7396	12,8861	0,000209	74771	115840	0,230423
Oil product	7396	12,6013	0,000228	72665	113734	0,225331
Riverbed tortuosity	7396	13,6026	0,000169	80070	121139	0,243235
River width	7396	–2,9150	0,043460	–42094	–1025	–0,052125
Volume	7396	–44,3052	0,000002	–348217	–307148	–0,792247
River bank type	7396	–3,9300	0,017102	–49601	–8532	–0,070275

Для иллюстрации результатов анализа целесообразно применять карту Парето, которая показывает оценки эффектов, отсортированные по своей абсолютной величине [7; 8]. Вертикальная линия, используя критерий статистической значимости, обозначает минимальную величину статистически значимых эффектов при заданной текущей модели (рис. 2).

Как видно из рис. 2, все факторы пересекает критерий статистической значимости. Наибольшее влияние на площадь оказывает объем разлитого нефтепродукта, что соответствует современным представлениям о процессах растекания нефти [2]; на втором месте по влиянию находится высота волны, что объясняется влиянием этого фактора на процессы выветривания и изменения количества нефти на плаву; фактор «извилистость берега» занимает третье место, что обусловлено влиянием этого фактора на процесс загрязнения береговой черты с последующим изменением площади пятна [7].

Выполненное исследование подтверждает высокую чувствительность нефтяной модели и возможность применения программно-аппаратного комплекса *Riscos 2* для выполнения работ по математическому моделированию разливов нефти.



**Рис. 2.** Карта Парето  
[Figure 2. Pareto map]

Исходя из полученных результатов, целесообразно разделить факторы на четыре группы по степени влияния на площадь пятна в зависимости от установленной величины эффекта: чрезвычайно значимые (объем разлитого нефтепродукта), особо значимые (высота волны), высоко значимые (извилистость берега, тип нефтепродукта, направление ветра, температура воды и воздуха) и умеренно значимые (тип берега, скорость течения, скорость ветра и ширина реки).



## Заключение

На основании полученных результатов можно сформулировать следующие рекомендации и выводы.

1. Чем выше оценка влияния фактора, тем более жесткие требования необходимо предъявлять к качеству (оценке репрезентативности) баз данных при формировании перечня сценариев чрезвычайных ситуаций и задании исходных данных при прогнозировании разливов нефти.

2. Важной особенностью бассейновых планов является учет всех источников разлива нефти региона, что обеспечивает прогнозирование нескольких объемов разлива нефти на одном участке и фактически нивелирует недостатки объектовых планов, в которых в соответствии с действующим законодательством рассматривается только один максимально возможный объем, имеющий малую частоту практической реализации [14; 15].

Результаты исследований применены при разработке более 30 объектовых планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти организаций, осуществляющих транспортировку и перегрузку нефти, бункеровку судов топливом в районе Средней Волги, а также плана по предупреждению и ликвидации разливов нефти в Волжском бассейне внутренних водных путей.

## Список литературы

- [1] *Наумов В.С., Пластинин А.Е., Волкова Н.И., Отделкин Н.С.* Особенности прогнозирования в бассейновых планах по предупреждению и ликвидации разливов нефти // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2018. № 57. С. 41–51.
- [2] *Toz A.C., Huber M.* Performance evaluation of oil spill software systems in early fate and trajectory of oil spill: comparison analysis of OILMAP and PISCES 2 in Mersin bay spill // Environmental monitoring and assessment. 2018. Vol. 190. No. 9. Article number: 551. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6872-3>
- [3] *Решняк В.И.* Опыт организации и использования технических средств для ликвидации аварийных разливов нефти // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2018. Т. 10. № 2. С. 287–299.
- [4] *Ничипорук А.О., Гончарова Н.В.* Анализ требований, предъявляемых к качеству перевозок участниками транспортного процесса // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2012. № 33. С. 154–162.
- [5] *Mizgiriyov D., Kurnikov A., Katraeva I., Moralova E., Mikheeva E.* Using hydrodynamic cavitators for wastewater post-treatment and disinfection // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Ecology, Economics, Education and Legislation. 2017. Pp. 1071–1076.
- [6] *Coppini G., De Dominicis M., Zodiatis G., Lardner R., Pinardi N., Santoleri R., Colella S., Bignami F., Hayes D.R., Soloviev D., Georgiou G., Kallos G.* Hindcast of oil-spill pollution during the Lebanon crisis in the eastern Mediterranean // Marine Pollution Bulletin. 2011. Vol. 62. No. 1. Pp. 140–153.
- [7] *Пластинин А.Е.* Оценка загрязнения при разливе нефти на водную поверхность // Журнал университета водных коммуникаций. 2013. № 18 (2). С. 129–135.
- [8] *Бородин А.Н.* Снижение антропогенного воздействия на внутренние водные пути при авариях судов с разливами нефти: дис. ... канд. техн. наук. Нижний Новгород, 2009. 140 с.

- [9] *Костров В.Н., Ничипорук А.О.* Современные проблемы и направления государственного регулирования на внутреннем водном транспорте // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2012. № 33. С. 123–127.
- [10] *Решняк В.И., Батяев А.В., Решняк К.В.* Разработка системы управления экологической безопасностью судоходства // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2016. № 2 (36). С. 34–41.
- [11] *Наумов В.С., Пластинин А.Е.* Определение вероятных районов разливов нефти в Цимлянском водохранилище // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2017. № 53. С. 75–81.
- [12] *Наумов В.С., Пластинин А.Е., Каленков В.С., Отделкин Н.С.* Моделирование всплытия нефти от подводных источников в ледовых условиях // Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 2–4 (42). С. 87–91.
- [13] *Туркин А.В., Береза И.Г., Туркин В.А.* Использование метода имитационного моделирования при анализе аварийной ситуации «перелив танкера» // Эксплуатация морского транспорта. 2011. № 4. С. 67–70.
- [14] *Pedersen P.T.* Review and application of ship collision and grounding analysis procedures // *Marine Structures*. 2010. Vol. 23. No. 3. Pp. 241–262.
- [15] *Tuovinen J.* Statistical analysis of ship collisions / Helsinki University of Technology, Department of Mechanical Engineering. Espoo, 2005. 82 p.

#### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 12.11.2019

Дата принятия к печати: 08.12.2019

#### **Для цитирования:**

*Волкова Н.И., Наумов В.С., Пластинин А.Е., Захаров В.Н.* Оценка влияния различных факторов на площадь нефтяных пятен в районе Средней Волги // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 4. С. 325–336. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-325-336>

#### **Сведения об авторах:**

*Волкова Надежда Ивановна* – аспирант, Волжский государственный университет водного транспорта. E-mail: [volkova@vgavt-nn.ru](mailto:volkova@vgavt-nn.ru)

*Наумов Виктор Степанович* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой охраны окружающей среды и производственной безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта. eLIBRARY SPIN-код: 8233-4649, eLIBRARY AuthorID: 393288. E-mail: [naumov1@vgavt-nn.ru](mailto:naumov1@vgavt-nn.ru)

*Пластинин Андрей Евгеньевич* – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта. eLIBRARY SPIN-код: 8832-9459, eLIBRARY AuthorID: 409420, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4244-8703>. E-mail: [plastininae@yandex.ru](mailto:plastininae@yandex.ru)

*Захаров Василий Николаевич* – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Волжский государственный университет водного транспорта. eLIBRARY AuthorID: 4226. E-mail: [nauka@vgavt-nn.ru](mailto:nauka@vgavt-nn.ru)

## Estimation of various factors impact on the area of oil patches in the Middle Volga region

Nadezhda I. Volkova, Viktor S. Naumov,  
Andrey E. Plastinin, Vasily N. Zakharov

Volga State University of Water Transport,  
5 Nesterova St, Nizhny Novgorod, 603951, Russian Federation

**Abstract.** The paper estimates the impact of various factors on the oil pollution area for the purpose of solving the problems concerning forecasting during oil spills from the inland waterways vessels (on the example of the Middle Volga region). The following factors were considered: current velocity, air temperature, water temperature, volume and type of spilled oil product, wave height, river bank tortuosity, wind speed and wind direction, bank type, river width. A fractional two-level factorial plan of Box and Hunter has been developed aiming to test the significance of the studied factors. Mathematical modeling of a group of oil spill scenarios in the Middle Volga region has been carried out. It has been revealed that the volume of the spilled oil product, the wave height and the river bank tortuosity impact the oil patch area to a large extent. Based on the results obtained, the authors suggest the order for ranking factors into four groups according to the degree of impact on the oil patch area, depending on the specified effect quantity: extremely significant, especially significant, highly significant and moderately significant. The research results have been applied in the working out of more than 30 object plans for the prevention and elimination of oil spills of organizations engaged in oil transportation and handling, vessel bunkering in the Middle Volga region, as well as the plan for oil spill prevention and elimination in the Volga basin of inland waterways.

**Keywords:** oil patch area, oil spill, impact estimation, factors, Middle Volga

### References

- [1] Naumov VS, Plastinin AE, Volkova NI, Otdelkin NS. Osobennosti prognozirovaniya v basseinovnykh planakh po preduprezhdeniyu i likvidatsii razlivov nefi. *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta*. 2018;(57):41–51.
- [2] Toz AC, Buber M. Performance evaluation of oil spill software systems in early fate and trajectory of oil spill: comparison analysis of OILMAP and PISCES 2 in Mersin bay spill. *Environmental monitoring and assessment*. 2018;190(9):551. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6872-3>
- [3] Reshnyak VI. Opyt organizatsii i ispol'zovaniya tekhnicheskikh sredstv dlya likvidatsii avariinykh razlivov nefi. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2018;10(2):287–299.
- [4] Nichiporuk AO, Goncharova NV. Analiz trebovaniy, pred'yavlyaemykh k kachestvu perevozok uchastnikami transportnogo protsessa. *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta*. 2012;(33):154–162.
- [5] Mizgiriyov D, Kurnikov A, Katraeva I, Moralova E, Mikheeva E. Using hydrodynamic cavitators for wastewater post-treatment and disinfection. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Ecology, Economics, Education and Legislation*. 2017:1071–1076.
- [6] Coppini G, De Dominicis M, Zodiatis G, Lardner R, Pinardi N, Santoleri R, Colella S, Bignami F, Hayes DR, Soloviev D, Georgiou G, Kallos G. Hindcast of oil-spill pollu-

- tion during the Lebanon crisis in the eastern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*. 2011;62(1):140–153.
- [7] Plastinin AE. Ocenka zagryazneniya pri razlive nefi na vodnuyu poverhnost'. *Zhurnal universiteta vodnyh kommunikacij*. 2013;18(2):129–135.
- [8] Borodin AN. *Snizhenie antropogenogo vozdeistviya na vnutrennie vodnye puti pri avariynkh sudov s razlivami nefi* (dissertation of the Candidate of Technical Sciences). Nizhnii Novgorod; 2009.
- [9] Kostrov VN, Nichiporuk AO. Sovremennyye problemy i napravleniya gosudarstvenno-go regulirovaniya na vnutrennem vodnom transporte. *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta*. 2012;(33):123–127.
- [10] Reshnyak VI, Batyaev AV, Reshnyak KV. Razrabotka sistemy upravleniya ekologicheskoi bezopasnost'yu sudokhodstva. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo fota imeni admirala S.O. Makarova*. 2016;2(36):34–41.
- [11] Naumov VS, Plastinin AE. Opredelenie veroyatnykh raionov razlivov nefi v Tsimlyanskom vodokhranilishche. *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta*. 2017;(53):75–81.
- [12] Naumov VS, Plastinin AE, Kalenkov VS, Otdelkin NS. Modelirovanie vsplytiya nefi ot podvodnykh istochnikov v ledovykh usloviyakh. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*. 2018;2–4(42):87–91.
- [13] Turkin AV, Bereza IG, Turkin VA. Ispol'zovanie metoda imitatsionnogo modelirovaniya pri analize avariinoy situatsii “pereliv tankera”. *Ekspluatatsiya morskogo transporta*. 2011;(4):67–70.
- [14] Pedersen PT. Review and application of ship collision and grounding analysis procedures. *Marine Structures*. 2010;23(3):241–262.
- [15] Tuovinen J. Statistical analysis of ship collisions. Espoo: Helsinki University of Technology, Department of Mechanical Engineering; 2005.

#### Article history:

Received: 12.11.2019

Revised: 08.12.2019

#### For citation:

Volkova NI, Naumov VS, Plastinin AE, Zakharov VN. Estimation of various factors impact on the area of oil patches in the Middle Volga region. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(4):325–336. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-325-336>

#### Bio notes:

*Nadezhda I. Volkova* – postgraduate student, Volga Sate University of Water Transport. E-mail: [volkova@vgavt-nn.ru](mailto:volkova@vgavt-nn.ru)

*Viktor S. Naumov* – Dr. Sci. Tech., Professor, the Head of the Chair of Environmental Protection and Industrial Safety, Volga Sate University of Water Transport. eLIBRARY SPIN-code: 8233-4649, eLIBRARY AuthorID: 393288. E-mail: [naumov1@vgavt-nn.ru](mailto:naumov1@vgavt-nn.ru)

*Andrey E. Plastinin* – Dr. Sci. Tech., Associate Professor, the Professor of the Chair of Environmental Protection and Industrial Safety, Volga Sate University of Water Transport. eLIBRARY SPIN-code: 8832-9459, eLIBRARY AuthorID: 409420, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4244-8703>. E-mail: [plastininae@yandex.ru](mailto:plastininae@yandex.ru)

*Vasily N. Zakharov* – Dr. Sci. Tech., Professor, the chief researcher, Volga Sate University of Water Transport. eLIBRARY AuthorID: 4226. E-mail: [nauka@vgavt-nn.ru](mailto:nauka@vgavt-nn.ru)