

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и инновациям

ФГАОУ ВО «Пермский государственный

национальный исследовательский университет» доктор географических наук,

профессор

Пьянков С.В.



« 19 » апреля 2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет») на диссертационную работу **Лохова Алексея Сергеевича** на тему «**Районирование территорий Заполярной тундры по степени негативного воздействия на природную среду от разливов нефти на основе разработки гидродинамической модели и экспертных технологий**», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле).

1. Актуальность темы выполненной работы

При положительной тенденции в постоянном снижении разливов нефти данные негативные проявления несмотря на прогресс в обеспечении безопасности добычи и транспортировки нефти и нефтепродуктов продолжают наблюдаться в различных нефтедобывающих регионах. Разлив нефти на поверхности суши – сложное явление, при котором наблюдается множество физико-химических процессов, способных причинить заметный ущерб окружающей среде. В условиях освоения углеводородных ресурсов Арктики, характеризующейся высокой уязвимостью, актуальной проблемой минимизации потенциального ущерба окружающей среде при проектировании и эксплуатации объектов нефтяной промышленности является разработка различных моделей разливов нефти на суше, как методов прогнозирования оценки степени негативного воздействия на природную среду, а также планирования эффективных действий по ликвидации последствий разливов.

2. Структура и содержание работы

Диссертационная работа изложена на 128 страницах, содержит 25 рисунков и 20 таблиц. Список использованных источников состоит из 135 наименований, включая 14 зарубежных. Работа состоит из введения, пяти глав и заключения.

Во введении диссертантом обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулирована цель и идея, показана научная новизна и практическая значимость исследования. Автором грамотно изложены научные положения, выносимые на защиту.

Первая глава работы характеризует изученность вопросов природных условий Заполярной тундры европейской части России (географическое положение, геологическое строение и рельеф, климат, поверхностные воды, почвы, растительность), с акцентом на природные компоненты среды (большого количества водоемов и водотоков, распространению лишайников, различных типов почв и грунтов сезонному оттаиванию грунтов, локальных неровностей рельефа, наличию многолетнемерзлые пород и т.д.), которые наибольшим образом влияют на физико-химические процессы, происходящие при аварийных разливах нефти.

Вторая глава посвящена обзору литературы по теме исследования, в которой проведено сравнение методик расчета площадей нефтезагрязнения при аварийных ситуациях, рекомендуемых в нормативной документации, где основным принципом оценки является определение средней толщины нефтяной пленки (по эмпирическим данным в зависимости от условий разлива) и деление на этот показатель общих объемов разлившейся нефти. Представлен обзор существующих подходов к моделированию разливов нефти на поверхности суши (ГИС-модели, эмпирические и строго дифференциальные модели), их недостатки, к которым относится использование только двухмерных моделей разливов нефти при ГИС-моделировании и высокой сложности описываемых физико-химических процессов разливов для учета многокомпонентного состава нефти, неоднородной структуры грунтов в эмпирических моделях и значительными допущениями к исходным уравнениям на дифференциальных моделях. В отдельный раздел вынесен обзор методов прогнозирования скорости испарения нефти. Несмотря на имеющиеся работы, посвященные различным моделям разливов нефти на суше, комплексных, готовых к практическому применению моделей на основе гидродинамических уравнений, нет.

В третьей глава диссертационной работы дано подробное описание гидродинамической модели разлива нефти на поверхности суши; рассмотрены основные процессы, происходящие при разливах: растекание и испарение нефти, фильтрация нефти в грунт; представлено их физическое описание и математическая интерпретация. Отдельный параграф посвящен численной и программной реализации модели. Основное уравнение модели аппроксимировано неявной разностной схемой, в результате которой на каждой итерации алгоритма решается система линейных алгебраических уравнений, путем разбивки на блочную матрицу. Потери нефти от фильтрации и испарения вычисляются как стоки. Алгоритм расчета сценариев реализован в виде консольного приложения на языке программирования C/C++.

В четвертой главе представлены результаты вычислительных экспериментов для различных сценариев аварийных разливов нефти, с учетом количественных показателей: характеристики источника (функция расхода источника); характеристик нефти (начальная вязкость, плотность, коэффициенты зависимостей по вязкости и испарению); характеристики грунта (коэффициент фильтрации, нефтеёмкость, максимальная глубина проникновения нефти в грунт, шероховатость поверхности). Результаты вычислительных экспериментов разлива 100 т нефти (наиболее вероятными) на торфяном (при низкой обводненности – с более хорошей нефтеёмкостью) и глинистом (с меньшей нефтеёмкостью) грунтах показали, что в последнем случае источник загрязнения нефтью продолжает оставаться активным спустя 12 часов после его закрытия и продолжать распространяться на более значительные площади, чем в первом случае. Расчеты для разливов 100/1000/5000/10000 тонн нефти в течение 24 часов для грунтов с максимальной нефтеёмкостью (слаборазложившийся торф с минимальной обводнённостью) и минимальной нефтеёмкостью (плотный глинистый грунт с высокой обводнённостью), позволили получить диапазон возможных оценок площадей разливов, а также подтвердить вывод о том, что нефтеёмкость грунта вносит наиболее значимый вклад в пространственные масштабы разливов на поверхности суши. Для «грубой» оценки площади загрязнения автором предложена нелинейная зависимость радиуса разлива нефти от её количества (с коэффициентом детерминации 0,99), для грунтов с почв и грунтов с максимальной, средней и минимальной впитывающей способностью.

В пятой главе рассмотрены возможности применения разработанной модели на практике, ее адаптация в естественных природных условиях Заполярной тундры НАО. Натурный эксперимент с целью подтверждения прогнозирования пространственно-временных масштабов аварийного разлива нефти на приливной осушке, с последующим смывом нефтяного пятна приливной волной был проведен в устьевой области реки Кянда в Онежском заливе Белого моря. Отклонение результатов вычислительного эксперимента от

натурного незначительно, на начальном этапе его величина изменялась от 17,4% до 24%, а на конечном составила - 6%.

Автором выполнено районирование территории Заполярной тундры НАО по степени негативного воздействия разливов нефти на природную среду. Разработанный метод основан на гидродинамической модели разливов нефти на поверхности суши, для расчетов по которой по каждому типу почв и грунтов были определены значения проницаемости, максимальная глубина проникновения нефти, максимальная и минимальная нефтеемкость, а также экспертных технологиях, заключающихся в определении влияющих факторов (уклон поверхности и наличие водных объектов вблизи потенциального источника разлива) рамках квадратов 30*30 км территории, их весовых коэффициентов (с учетом коэффициента значимости 1/3, 1/2, 2/3, 1, исходя из занимаемой доли площади каждой из 8 групп почв внутри квадрата) и расчета суммарного интегрального показателя экологической опасности потенциального загрязнения. Результаты моделирования были усреднены по двум сценариям разлива 108 т нефти, отличающимся по размеру прорыва в нефтепроводе – 1,4 % и 100 % от его площади сечения, и времени истечения – 12 ч и 10 мин, соответственно. Помимо этого, результаты расчетов для каждой группы почв были усреднены ещё по двум сценариям – с минимальным и максимальным показателями нефтеемкости. Исходя из этого, а также характеристик нефтей, добываемых в данном регионе, были проведены расчеты на разработанной гидродинамической модели по 4 сценариям для каждой из 8 групп почв. Площадь загрязнения, по прошествии 24 часов после начала разлива, варьировалась от 1800 до 2400 метров квадратных, что соответствует кругу с диаметром от 48 до 55 метров, соответственно, при средней толщине нефтяной пленки составляет от 2 до 5 см. Полученные значения прогнозируемой площади загрязнения были присвоены каждому квадрату, как средневзвешенное значение в соответствии с занимаемой различными типами почв доли ячейки сетки. В каждом квадрате учитывался также рельеф местности и показатели распространенности рек и озер, выражающиеся в отношении площадей водоёмов исходя из их суммарной протяженности и показателя средней ширины) к площади территории.

Результаты районирования территории НАО по степени воздействия возможных разливов нефти на природную среду, визуализированные в виде карты-схемы, показали, что очень высокому уровню воздействия соответствуют территории со следующими комбинациями факторов: максимальная прогнозируемая площадь загрязнения, наличие крупных рек или высокая суммарная площадь озер, которые приходится находятся вблизи реки Печора и некоторых крупных озер в восточной части НАО, а наименее – в его юго-западной части. Исходя из этих результатов, следует согласиться с выводами автора, что в районе посёлков Харьгинский и Ардалин средств ликвидации разливов нефти достаточно располагать только на крупных объектах, тогда как на протяжении нефтепровода Южное Хыльчую – Варандей необходимо размещение дополнительных пунктов. Рассмотренный метод применим не только к крупным площадным объектам, но и к линейным, таким как нефтепроводы и другие транспортные магистрали.

Автором данная методика использована для районирования по степени воздействия возможных разливов нефти на природную среду трассы нефтепровода «Южное Хыльчую – Варандей» в НАО (локальный объект нефтяной инфраструктуры) протяженностью 153 км. Основным отличиями метода на детальном уровне является расчет показателей факторов. Средняя площадь заменяется на средний радиус разлива; распространённость и густота водных объектов – их наличием вблизи 50 метров от нефтепровода или его пересечением. Выделено две категории водных объектов: озера; реки и ручьи. По данным критериям было принято во внимание 39 озер, 20 пересечений ручьев и рек. Для данного нефтепровода максимальный уклон, по линии нефтепровода с разрешением 500 м, составил 6,2 %, средний уклон по всей трассе – 1.0 %. Для 5 групп почв встречающийся на трассе

нефтепровода минимальный средний радиус при разливе 108 т составил 23,9 м, максимальный – 26,8 м.

Результаты районирования трассы показали, что максимальным значениям показателя опасности соответствуют участки нефтепровода с наибольшим числом водных объектов, что укладывается в общую картину понимания наносимого природной среде урона, так как масштабы аварии при попадании в них нефти могут существенно увеличиться. Минимальные значения индекса соответствуют участкам, на которых отсутствуют водные объекты, минимальный уклон местности и наименьшая прогнозируемая площадь загрязнения. На рассматриваемом нефтепроводе участки с очень низким и очень высоким суммарным баллом опасности отсутствуют. Единичные участки с высоким уровнем опасности присутствуют, и связаны в большей мере с местами пересечения трассы нефтепровода с водными объектами. По результатам районирования природных условий вдоль трассы нефтепровода по предложенной автором методике и учетом слабо развитую транспортной инфраструктуры НАО, следует согласиться с выводом автора о необходимости размещения средств ликвидации не только в конечном и начальном пункте нефтепровода, но и на его наиболее уязвимом участке – первых 100 км от пункта Южное Хыльчюу.

В заключении диссертационной работы достаточно подробно отображены основные результаты, установленные Лоховым А.С. в процессе выполнения работы и на базе которых сформулированы защищаемые положения.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается соответствием фундаментальным уравнениям гидродинамики, сопоставимостью результатов вычислительных экспериментальных исследований и натурного моделирования процесса аварийных разливов нефти в аналогичных природных условиях, соответствием приведенных результатов данным, полученным другими авторами, положительными результатами верификации разработанной гидродинамической модели аварийного разлива нефти на поверхности суши, а также обсуждением результатов исследований на следующих российских и международных конференциях: Международная научно-практическая конференция «Перспективы и проблемы освоения месторождений нефти и газа в прибрежно-шельфовой зоне Арктики России» (Архангельск, 2015); XXI Международная научная конференция-школа по морской геологии, Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова (Москва, 2015); Научная конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов САФУ «Развитие Северо-Арктического региона: проблемы и решения» (Архангельск, 2016); Научно-практическая конференция аспирантов САФУ «Методы и экологически безопасные инновационные технологии освоения нефтегазовых месторождений западной части Арктического шельфа и 9 приарктических территорий» (Архангельск, 2019); XXIII Международная научная конференция-школа по морской геологии, Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова (Москва, 2019); Всероссийская конференция с международным участием «Глобальные проблемы Арктики и Антарктики», (Архангельск, 2020).

4. Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертационной работы опубликованы 13 печатных работ, в том числе 6 в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией, из них 2 в изданиях, входящих в базы данных WoS и/или Scopus.

5. Значимость для науки и производства (практики) полученных автором диссертации результатов

Научная значимость результатов исследований заключается в разработке модели растекания нефти (основанной на гидродинамических уравнениях), имеющей модульную структуру и, благодаря этому, большой потенциал для дальнейшего дополнения, совершенствования и практического использования. Она позволяет прогнозировать пространственно-временные масштабы последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, разрабатывать на основе этих оценок планы по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти.

Впервые выполнено районирование территории НАО по степени опасности потенциального нефтезагрязнения, основанное на результатах моделирования аварийных разливов нефти в природных условиях Заполярной тундры, результаты которого могут быть использованы как для выбора расположения объектов нефтепромысловой инфраструктуры с минимальным негативным влиянием на окружающую среду на стадии проектирования, так и местоположения станций базирования различных средств ликвидации разливов при эксплуатации нефтепромысловых сооружений, с целью наиболее оперативного реагирования на аварийные ситуации.

Рекомендуем использовать алгоритмы и программу для расчета пространственно-временных масштабов аварийных разливов, прогнозирования масштабов распространения возможного нефтяного загрязнения на поверхности суши в районах Заполярной тундры европейской части России.

У разработанного метода оценки уязвимости природной среды есть потенциал для его распространения и на другие регионы, помимо Заполярной тундры.

6. К работе имеются следующие замечания:

1. Не отражено воздействие на животный мир, даже в вводной части нет рассмотрения этого ключевого компонента экологически уязвимых экосистем севера.

2. При оценке фильтрации нефти в грунт (глава 3.2) необходимо пояснить, как в условиях Заполярной тундры автором учитывается глубина залегания уровня грунтовых вод первого от земной поверхности горизонта, т.к. в зависимости от нее для различных типов грунтов будет формироваться разная толщина зона аэрации (определяющая размеры резервуара разлитой нефти при аварийной ситуации) и, как следствие, формирование различной площади загрязнения.

3. Если автор в главе 3 отмечает, что *“Другим допущением является отсутствие горизонтальной фильтрации внутри грунта”*, то в дальнейших главах необходимо отметить в тексте и таблицах, что оценка площади загрязнения нефтью определяется только в результате ее распространения на земной поверхности, а объем впитавшейся в грунты нефти приводится для данной площади загрязнения.

Тем не менее, указанные замечания не затрагивают сущности диссертационной работы Лохова А.С., не влияют на общую положительную оценку работы, а носят уточняющий характер.

7. Соответствие работы требованиям, предъявленным к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук и паспорту специальности

Диссертация Лохова Алексея Сергеевича является законченной научно-исследовательской работой, в которой разработан метод оценки негативного воздействия на природную среду Заполярной тундры от разливов нефти и на его основе выполнено районирование территории Ненецкого автономного округа.

Диссертационное исследование соответствует паспорту специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле) по пунктам 1.13 «Динамика, механизм, факторы и закономерности развития опасных природных и техноприродных процессов, прогноз их развития, оценка опасности и риска, управление риском, превентивные мероприятия по снижению последствий катастрофических процессов, инженерная защита территорий, зданий и сооружений», 1.14 «Моделирование геоэкологических процессов», 1.17

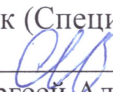
«Геоэкологическая оценка территорий. Современные методы геоэкологического картирования, информационные системы в геоэкологии. Разработка научных основ государственной экологической экспертизы и контроля», что соответствует отрасли географических наук.

Таким образом, работа соответствует требованиям пп. 9,10,11,12,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а автор исследования Лохов Алексей Сергеевич заслуживает присуждения искомой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле).

Отзыв подготовлен заведующим кафедры биогеоценологии и охраны природы географического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», профессором, доктором географических наук (специальность 25.00.36 – Геоэкология), Бузмаковым Сергеем Алексеевичем.

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры биогеоценологии и охраны природы географического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», «14» апреля 2021 г., протокол № 7.

Заведующий кафедры биогеоценологии и охраны природы ПГНИУ, доктор географических наук (Специальность 25.00.36 – Геоэкология), профессор


Бузмаков Сергей Алексеевич

Почтовый адрес: 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Тел.: +7 (342) 239-64-87

Тел. моб.:

e-mail: kafbor@psu.ru

Наименование организации полное/краткое:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»/ПГНИУ

Подпись заведующего кафедры биогеоценологии и охраны природы ПГНИУ, доктора географических наук, профессора Бузмакова Сергея Алексеевича заверяю:

