

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию 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)

**Актуальность** диссертационной работы не вызывает сомнений, так как существует необходимость получения прогнозных оценок негативного воздействия на природную среду потенциальных аварийных разливов нефти и нефтепродуктов для планирования действий по ликвидации их последствий. При этом существующие методики оценки площади нефтяного разлива, в первую очередь, разработаны для оценки ущерба, нанесенного природной среде уже после его ликвидации. Это накладывает определенные ограничения на их использование при планировании действий по ликвидации разливов, так как, в зависимости от множества условий, масштабы загрязнения могут существенно отличаться.

Соискатель поставил перед собой **цель** провести районирование территорий Заполярной тундры по степени негативного воздействия на природную среду от разливов нефти на основе разработанной им гидродинамической модели разливов нефти на поверхности суши с применением экспертных технологий для учета других влияющих факторов, не включенных в модель. Для её достижения были сформулированы следующие **задачи**: 1. Изучение природных и климатических условий Заполярной тундры, влияющих на растекание нефти на поверхности тундровой зоны. 2. Анализ существующих методов прогнозирования последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов для различных типов источников загрязнения. 3. Разработка гидродинамической модели разливов нефти на земной поверхности, учитывающей три основных физических процесса, проистекающих при разливах нефти: растекание, фильтрация в грунт и испарение. Постановка эксперимента, позволяющего установить скорость испарения нефти, с целью получения её эмпирической зависимости. 4. Анализ результатов расчетов для наиболее вероятных сценариев аварийных разливов нефти для различных типов грунтов и источников разлива на основе разработанной модели. 5. Разработка метода оценки пространственно-временных масштабов распространения нефти на

приливной осушке Арктических морей. Постановка эксперимента, имитирующего разлив нефти для этих условий, и верификация модели на его основе. 6. Районирование территории НАО по степени негативного воздействия на природную среду, обусловленного возможными аварийными разливами нефти в условиях Заполярной тундры, на основе расчетов, выполненных при помощи разработанной модели и экспертных технологий.

На наш взгляд, цель и задачи диссертационного исследования четко сформулированы и последовательно реализованы с помощью методов сбора исходного материала, постановки натурных и лабораторных экспериментов, математического моделирования, экспертных оценок, современных информационных технологий.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы, включающего 135 наименований. Материал диссертации изложен на 128 страницах машинописного текста, содержит 25 рисунков и 20 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, его теоретическая и практическая значимость, дана характеристика предмета и объекта исследования, сформулированы цель, задачи и защищаемые положения. Приведены сведения об апробации и степени достоверности полученных результатов.

**В первой главе** проведен анализ природных условий территорий Заполярной тундры, рассмотрены географическое положение региона, геологическое строение и рельеф, климат, поверхностные воды, почвы и растительность.

**Во второй главе** дан обзор научной литературы и нормативной документации по теме исследования. Рассмотрены существующие методы расчета площадей загрязнения разливами нефти на суше, проведен обзор имеющихся моделей аварийных разливов нефти, реализуемых на основе ГИС-технологий, а также методов моделирования растекания флюида на поверхности и его испарения. Дополнительно рассмотрены работы в смежной области моделирования разливов нефти на водной поверхности.

**В третьей главе** представлена разработанная соискателем гидродинамическая модель поведения разливов нефти на суше, учитывающая растекание нефти, ее фильтрацию в грунт и испарение. Растекание нефти по

поверхности моделируется с помощью двумерного уравнения диффузии, фильтрация в грунт – уравнения Дарси. Потери на испарение рассчитываются при помощи эмпирического уравнения, полученного соискателем в ходе лабораторного эксперимента по измерению вязкости и интенсивности испарения нефти в течение 85 суток.

**Четвертая глава** посвящена анализу модельных расчетов при различных исходных условиях. Разработаны наиболее вероятные сценарии аварийных разливов нефти. По результатам численных экспериментов определено, что разлив 100 т нефти (который является одним из наиболее вероятных сценариев) при различных условиях может загрязнить от 412 до 4560 м<sup>2</sup> поверхности суши. В работе также проведены расчеты для более крупных разливов 1000/5000/10000 тонн нефти в течение 24 ч. Согласно полученным результатам, разлив 10000 т нефти за 24 ч. может создать загрязнение площадью от 22 до 139 тыс. м<sup>2</sup>.

**В пятой главе** решено несколько задач с применением разработанной модели. Первая из них – это моделирование нефтяного загрязнения в зоне приливной осушки реки Кянда, впадающей в Онежский залив Белого моря. Оценка масштабов распространения нефти на поверхности суши в фазу отлива выполнена при помощи модели соискателя, а оценка распространения нефти при её смыве приливной волной – с использованием модели диффузии примесей, разработанной в Государственном океанографическом институте (ГОИН). Вторая задача – районирование территории Ненецкого автономного округа по степени негативного воздействия аварийных разливов нефти на природную среду. При её решении использовалась разработанная автором модель поведения разливов нефти, а также экспертные оценки для учета тех факторов, которые не реализованы в самой модели (угол уклона местности, наличие водоемов и водотоков). Третья задача – районирование трассы нефтепровода «Южное Хыльчюю – Варандей» по той же методике. Выделены территории, на которых площади распространения разлившейся нефти могут быть максимальными, даны рекомендации о размещении средств ликвидации разливов.

Диссертационное исследование **соответствует паспорту специальности** 25.00.36 – «Геоэкология» в области исследований «Науки о Земле» по пунктам 1.14 – «Моделирование геоэкологических процессов» и 1.17 – «Геоэкологическая оценка

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

**Теоретическое значение** исследования заключается в разработке оригинальной методики оценки потенциальных масштабов распространения разлившейся нефти на территории Заполярной тундры, основанной на авторской гидродинамической модели и экспертных технологиях. **Практическое значение** имеют результаты применения этой методики для картирования территории Ненецкого автономного округа – перспективного нефтедобывающего региона – которые целесообразно учитывать при разработке планов по ликвидации аварийных разливов нефти, необходимость в которых установлена на законодательном уровне. Помимо этого, рассматриваемые результаты могут быть учтены при дальнейшем развитии нефтяной промышленности и нефтетранспортной инфраструктуры региона, а также при выборе мест сосредоточения сил и средств ликвидации аварийных разливов нефти, где масштабы распространения загрязнения могут быть наибольшими.

**Достоверность** научных результатов и выводов, представленных в диссертации, обеспечивается корректностью выбранных соискателем методов исследования, проведенными им натурными и лабораторными экспериментами, успешными результатами их апробации. **Научная новизна** работы не вызывает сомнений, так как адаптированных к применению в реальных условиях гидродинамических моделей, детально учитывающих процессы растекания, фильтрации и испарения нефти, разлившейся на суше, в настоящее время, по сути дела, нет.

**Автореферат диссертации полностью соответствует её содержанию.** Авторские публикации по теме исследования (13 работ, в том числе 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, из них две статьи, индексируемые в Web of Science и Scopus) отражают основные положения и содержание исследования.

Важной заслугой соискателя, на наш взгляд, является то, что он взялся за непростую задачу моделирования распространения разлива нефти на суше, где на этот процесс влияет заметно большее количество факторов, в т.ч. распространенных

локально, чем на водной поверхности, для которой существует немало разных, в целом, неплохо работающих моделей. И соискатель справился с этой задачей.

К рассматриваемой диссертационной работе у оппонента имеются следующие **замечания**:

1. Не вполне понятно, что автор понимает под степенью негативного воздействия нефтяного разлива на природную среду. Возможно, в данном случае правильнее говорить о масштабах (площади) распространения нефтяного разлива – ведь именно этот параметр, прежде всего, оценивается в работе. Что касается степени негативного воздействия, она, очевидно, определяется не только площадью распространения загрязнения, но и уязвимостью загрязненных природных комплексов, растительного покрова и т.д. То же относится и к интегральному показателю, который в работе фигурирует, как минимум, в четырех вариантах: интегральный показатель опасности потенциального загрязнения (стр. 11, первый абзац; стр. 110, второй абзац), интегральный показатель степени опасности аварийных разливов (стр. 87, абзац 4), суммарный показатель потенциального отрицательного воздействия на природную среду (стр. 90, первый абзац), суммарный балл опасности природной среде от возможных аварийных разливов нефти (стр. 105, второй абзац). По сути, этот показатель оценивает не столько опасность или отрицательное воздействие, сколько масштабы (площадь) распространения загрязнения. Конечно же, понимать потенциальные масштабы загрязнения очень важно для принятия необходимых управленческих решений, превентивных мер. Однако при одних и тех же масштабах загрязнения отрицательные воздействия могут отличаться в зависимости от природных условий.

2. Фильтрация нефти в грунт в работе рассматривается исключительно как потеря, сокращающая площадь загрязнения. Однако в результате этого процесса происходит загрязнение грунта и, возможно, грунтовых вод, движение которых и разгрузка в водные объекты способны, напротив, увеличить площадь загрязнения.

3. Способность грунтов впитывать и пропускать через себя нефть зависит не только от их свойств, но и от состава нефти (нефтепродукта), и соискатель это указывает. Легкие и тяжелые нефти, разные их фракции будут впитываться в грунт или просачиваться сквозь него по-разному, и это необходимо учитывать. Например, крупнозернистый грунт лучше поглощает тяжелые нефтяные компоненты, а

тонкодисперсный – легкие (см. в т.ч. результаты наших исследований, цитируемых в диссертации, и др.).

4. На стр. 76 в последнем абзаце соискатель утверждает: «При смешивании воды с маслом образуется эмульсия, и в виде этой эмульсии масло может перемещаться значительно быстрее, чем по поверхности без скоплений воды». Однако хорошо известно, что водяные эмульсии нефти имеют большую вязкость, чем исходная нефть или нефтепродукт. Т.е. площадь растекания эмульсии должна быть меньше, чем площадь растекания нефти или нефтепродукта. Обнаруженный соискателем эффект перемещения масла в микроручейке воды на большее расстояние, скорее всего, связан не с эмульгированием масла (для этого нужно время и гидродинамическая активность), а с его перемещением в виде пленки на поверхности воды, которая стекает быстрее, чем само масло, за счет меньшей вязкости воды.

5. Соискатель не аргументирует выбранный им размер квадрата сетки со стороной 30 км для картирования территории Ненецкого автономного округа (стр. 88). Вид итоговой карты может меняться в зависимости от размера квадрата сетки.

Также, как известно, испаряемость, плотность и вязкость нефти и нефтепродуктов сильно зависят от температуры. И соискатель пишет об этом в работе. В то же время, в полученных уравнениях эмпирических зависимостей температура отражение не нашла. Понятно, что в лабораторных условиях поддерживалась постоянная температура и исключалось влияние ветра. Однако в натуральных условиях температура меняется и во времени, и в пространстве (причем на рассматриваемой территории она, как правило, намного ниже принятых в эксперименте 20°C). Ветер также оказывает влияние на процесс испарения. Кроме того, изменения плотности и вязкости сырой нефти в течение 85 дней могли быть связаны в т.ч. с ее биохимическим преобразованием. Тем не менее, полученные в работе зависимости могут быть использованы с определенной степенью допущения (если считать климатические условия в пределах рассматриваемой территории относительно однородными). В свою очередь, разработка зависимости с учетом скорости ветра и температуры потребует дополнительных экспериментальных исследований. Данное замечание следует рассматривать как рекомендацию, направленную на дальнейшее совершенствование разработанной модели.

Несмотря на замечания, без которых не обходится ни одна научно-исследовательская работа, рассматриваемая диссертация, в целом, произвела очень хорошее впечатление на оппонента. Она выполнена на высоком научном уровне, имеет научную новизну, теоретическую и практическую значимость, а обоснованность и достоверность полученных результатов, сформулированных защищаемых положений и выводов не вызывает сомнений.

Диссертация соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней (Постановление правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), и требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле). Ее автор **Лохов Алексей Сергеевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности **25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле)**.

Официальный оппонент:

кандидат географических наук,  
специальность 25.00.36 – Геоэкология,  
доцент, директор Институт наук о Земле  
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

7.04.2021



Кузнецов Андрей Николаевич

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Институт наук о Земле, 344006, Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42, <https://sfedu.ru>, тел.: +7(961) 270-15-49; +7(863) 222-57-01, e-mail: [ankuznecov@sfedu.ru](mailto:ankuznecov@sfedu.ru).

Подпись официального оппонента кандидата географических наук, доцента  
Кузнецова Андрея Николаевича

ЗАВЕРЯЮ:

Главный ученый секретарь  
Южного федерального университета,  
кандидат филологических наук, доцент



Мирошниченко Оксана Сергеевна