

## 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» представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)

Актуальность темы диссертационного исследования А.С. Лохова обусловлена тем, что интенсивное хозяйственное освоение, добыча полезных ископаемых, в том числе нефти и газа и развитие нефтяной транспортной инфраструктуры в Арктике увеличивает риски загрязнения уязвимых тундровых ландшафтов, в том числе и нефтью. Попадая на земную поверхность при аварийных разливах, нефть может оставаться в грунтах и почвах многие годы, влияя на развитие геобиоценозов. В субарктических и арктических регионах с низкими температурами воздуха и избыточным увлажнением загрязнённые грунты являются длительным источником вторичного загрязнения природной среды. Значительный ущерб при разливах нефтепродуктов может быть нанесён и водным экосистемам, а также прибрежным акваториям. Поэтому природоохранным законодательством предусматривается разработка планов ликвидации аварийных разливов нефти, как для отдельных месторождений, так и для объектов нефтяной транспортной инфраструктуры. Однако, для таких больших территорий, как Ненецкий автономный округ (НАО), определить ключевые места развертывания систем аварийного реагирования не так просто. Для этого необходимо выявить наиболее уязвимые участки, на которых можно разместить средства ликвидации разливов. Рецензируемое диссертационное исследование и нацелено на то, чтобы сделать эту работу более эффективной.

Следует отметить, что общепринятых моделей для моделирования процессов растекания нефти на обводнённых тундровых грунтах и морских приливных осушках сегодня не существует. Это затрудняет разработку соответствующих методик оценки воздействия нефтяных разливов на природную среду в арктических регионах. Диссертационное исследование имеет важное теоретическое и практическое значение, заключающееся в первом шаге разработки таких методик, представляющих собой набор последующих процедур: «сценарии – модели – расчёты – выбор влияющих факторов – экспертные опросы – районирование», реализуемые в среде ГИС. Исходя из этого, диссертационное исследование имеет высокую степень актуальности и научной новизны.

Целью диссертационного исследования является проведение районирования территорий Заполярной тундры по степени негативного воздействия на природную среду от разливов нефти путем разработки гидродинамической модели разливов нефти на поверхности суши и применения экспертных технологий для учета других влияющих факторов. Для её реализации были сформулированы и решены следующие задачи: (1) Изучить природные и климатические условия Заполярной тундры, влияющих на растекание нефти на поверхности тундровой зоны; (2) проанализировать существующие методы прогнозирования последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов для различных типов источников загрязнения; (3) разработать гидродинамическую модель разливов нефти на земной поверхности, учитывающей три основных физических процесса, протекающих при разливах нефти: растекание, фильтрация в грунт и испарение. Поставить эксперимент, позволяющий установить скорость испарения нефти, с целью получения её эмпирической зависимости; (4) выполнить анализ результатов расчетов для наиболее вероятных сценариев аварийных разливов нефти для различных



типов грунтов и источников разлива, на основе разработанной модели; (5) разработать метод оценки пространственно-временных масштабов распространения нефти на приливной осушке арктических морей. Поставить эксперимент, имитирующий разлив нефти для этих условий и верификация модели на его основе; (6) районировать территорию 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.

Все поставленные задачи корректны и последовательно реализованы в диссертационном исследовании.

На защиту вынесены следующие два положения:

1. разработана объемная модель аварийных разливов нефти на поверхности суши, основанная на численных методах решения гидродинамических уравнений, и учитывающая процессы растекания нефти по поверхности, её фильтрации в грунт и испарения в атмосферу;

2. методика и результаты районирования территории Заполярной тундры НАО, позволяющие на основе расчетов, выполненных при помощи разработанной гидродинамической модели и экспертных технологий, прогнозировать участки наиболее подверженные негативному воздействию в случае аварийных разливов нефти и принимать необходимые решения для размещения мест базирования средств ликвидации разливов.

Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации имеют высокую степень обоснованности и достоверности, что подтверждается использованием фундаментальных уравнений гидродинамики, проведенными соискателем натурным и лабораторным экспериментами, расчётами растекания для различных сценариев, экспертной оценкой факторов, влияющих на распространение нефти по земной поверхности.

К несомненным достоинствам работы необходимо отнести постановку двух экспериментов: (1) по исследованию интенсивности испаряемости нефти и (2) имитации растекания на приливной осушке. Полученные в ходе экспериментов результаты позволили существенно улучшить качество моделей.

Диссертационная работа, состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Изложена на 128 страницах машинописного текста, содержит 25 рисунков, 20 таблиц и 135 наименований в списке литературы.

Во введении (стр. 4-15) обоснована актуальность темы исследования, его теоретическая и практическая значимость, дана характеристика предмета и объекта исследования, сформулированы цели, задачи и защищаемые положения. Приведены сведения об апробации и степени достоверности полученных результатов.

В главе 1 (стр. 16-25) рассмотрены условия окружающей среды Заполярной тундры (геологическое строение, рельеф, климат, гидрографическая сеть, почвы и растительность).

В главе 2 (стр. 26-37) проведен обзор существующих исследований по теме диссертации и по некоторым смежным областям, таких как моделирование разливов нефти в морских водах. Рассмотрены нормативная документация, модели на основе ГИС-технологий, существующие решения задачи о растекании флюида по поверхности суши, гидродинамические модели аварийных разливов нефти на водной поверхности и методы моделирования испарения нефти с открытой поверхности.

В главе 3 (стр. 38-50) описана разработанная гидродинамическая модель аварийного разлива нефти по поверхности суши. Отдельные разделы посвящены



растеканию нефти по поверхности, фильтрации нефти в грунт, испарения нефти с поверхности разлива, численной и программной реализации модели. Растекание нефти интерпретировано при помощи двумерного уравнения диффузии с учетом толщины нефтяной пленки. Количество впитавшейся в почву нефти рассчитывается при помощи закона Дарси, принимая во внимание характеристики почв и наличие непроницаемой границы в виде многолетнемерзлых пород. Описан лабораторный эксперимент, на основе которого выведена эмпирическая зависимости интенсивности испарения и вязкости нефти от времени. В последнем разделе главы представлена разностная схема решения модельных уравнений и их реализация в виде программы для ЭВМ.

В главе 4 (стр. 51-73) выполнен анализ результатов вычислительных экспериментов. Рассмотрены возможные диапазоны изменения необходимых для расчетов характеристик окружающей среды рассматриваемого региона, разработаны наиболее вероятные сценарии аварийных разливов нефти.

В главе 5 (стр. 74-112) показаны варианты практического применения модели разливов нефти на суше. Первый раздел посвящен моделированию разлива нефти в зоне приливных осушек арктических морей на основе модели диффузии примесей в воде и представленной в работе модели разливов нефти на поверхности суши. В рамках этой задачи поставлен научный эксперимент имитирующий разлив нефти в осушаемых областях рек, впадающих в арктические моря, при помощи которого проведена верификация разработанной модели.

Выполнено географо-экологическое районирование территорий по степени негативного воздействия потенциального разлива нефти на природную среду Ненецкого автономного округа – территории с достаточно развитым нефтепромышленным комплексом. Районирование выполнено на основе расчетов наиболее вероятных сценариев разливов нефти на разработанной модели, а также с применением экспертных технологий, с целью анализа факторов неучтенных в гидродинамической модели. Область разделена на более чем 200 квадратов, в каждом из которых учитывались характеристики почв, такие как проницаемость, обводненность и ряд других, показатели развития речной сети и распределения озер, показатель уклона земной поверхности. По результатам районирована представлена графическая схема, на которой выделены наиболее уязвимые участки.

Решена задача географо-экологического районирования нефтепровода «Южное Хыльчюю – Варандей», расположенного на территории НАО. Для каждого отрезка нефтепровода длиной 500 м рассчитан коэффициент степени негативного влияния на природную среду. Выделены наиболее подверженные загрязнению участки, даны рекомендации о размещении средств ликвидации аварийных разливов на данном объекте.

В заключении (стр. 109-113) сформулированы основные выводы и рекомендации в использовании научных результатов, рассмотрены дальнейшие перспективы исследования. Модель имеет потенциал для использования не только на территории Заполярной тундры, но и в других районах.

По выполненному диссертационному исследованию имеются следующие замечания:

1. В разработанной автором модели растекания нефти по земной поверхности фильтрация нефти в грунт описывается при помощи закона Дарси, в котором важную роль играет коэффициент фильтрации. Автор выбрал формулу, предложенную академиком П.Я. Полубариновой-Кочиной. Однако, существуют и другие аппроксимации этого коэффициента. Учитывая важность этого параметра в модели, было бы желательно провести численные эксперименты по сравнению других аппроксимаций.



2. В работе были проведены расчеты для аварийных разливов объемами 100/1000/5000/10000 тонн нефти в течение 24 часов только для двух случаев: торфяного грунта с максимальной нефтеемкостью (слаборазложившийся торф с минимальной обводненностью), и глинистого грунта с минимальной нефтеемкостью (плотный глинистый грунт с высокой обводненностью), которые можно рассматривать как предельные оценки «снизу» и «сверху». Однако, для полноты картины можно было бы произвести расчёты и ещё для одного-двух типов грунтов, пусть и не для всех сценариев, что позволило бы более точно провести районирование.

3. Районирование произведено с использованием экспертных технологий. При этом использовался индивидуальный экспертный опрос, в то время как более популярными являются групповые опросы в несколько туров. Результаты таких опросов могут заметно различаться, что оказывает влияние и на итоги районирования. В диссертационной работе не приведены аргументы в пользу выбранных автором процедур.

Однако, несмотря на высказанные замечания работа выполнена на высоком научно-методическом уровне, имеет научную новизну, теоретическую и практическую значимость, а обоснованность и достоверность полученных результатов, сформулированных защищаемых положений и выводов не вызывает сомнений.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы и её основные результаты. Содержание диссертации соответствует специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле) по пунктам 1.14, 1.17 её паспорта в области географических наук. Результаты исследования опубликованы в 13 научных работах. Из них 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 – в изданиях, индексируемых в системах Web of Science и Scopus, 7 – в других изданиях.

Диссертация Алексея Сергеевича Лохова является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные решения, внедрение которых внесет значительный вклад в решение научно-технических задач, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям. Автор диссертационного исследования – Алексей Сергеевич Лохов, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле).

Официальный оппонент  
Субетто Дмитрий Александрович  
доктор географических наук, специальность  
25.00.36 - Геоэкология  
Декан факультета географии, заведующий  
кафедрой физической географии и  
природопользования РГПУ им. А.И. Герцена,  
191186 г. Санкт-Петербург,  
набережная р. Мойки 48,  
<https://www.herzen.spb.ru/>  
Тел.: 8-812-3144796  
E-mail: [subetto@mail.ru](mailto:subetto@mail.ru)  
16 апреля 2021 г.



Д.А. Субетто.

Подпись Субетто Д.А. заверено  
Ведущий документовед  
отдела персонала  
и социальной работы  
В.В. Рубничик