

16

На правах рукописи



ПАНИНА ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПУТИ УСТРАНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ЦЕМЕССКОЙ БУХТЫ ЧЕРНОГО МОРЯ**

Специальность 25 00 36 – геозкология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

12 июля 2007

Ростов-на-Дону

2007

Работа выполнена на кафедре геофизических методов поиска и разведки
Кубанского государственного университета

- Научный руководитель - зав кафедрой геофизических методов поиска и разведки
доктор технических наук профессор
Дембицкий Станислав Иосифович
- Официальные оппоненты доктор геолого-минералогических наук зав кафедрой
геоэкологии и прикладной геохимии ФГОУ ВПО
«Южный федеральный университет» профессор
Закруткин Владимир Евгеньевич
- кандидат геолого-минералогических наук, зам главного
геолога ГУП «Кубаньгеология» Кушарев Игорь Леонидович
- Ведущая организация Государственный научный центр
ФГУГП «Южморгеология», г Геленджик

Защита состоится 30 мая 2007 года в 13 00 часов на заседании диссертационного совета
Д 212 208 15 при ФГОУ ВПО «Южный федеральный университет» по адресу 344090,
г Ростов-на-Дону, ул Зорге, 40, геолого-географический факультет ЮФУ, ауд 201

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке ЮФУ по адресу
344006, г Ростов-на-Дону, ул Пушкинская 148

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим
направлять ученому секретарю диссертационного совета по указанному выше адресу

Факс (863) 222-57-01
E-mail kprgu@rsu.ru

Автореферат разослан « 27 » апреля 2007г

Ученый секретарь
диссертационного совета, доцент



В Г Рылов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы При анализе влияния техногенного загрязнения на морскую и прибрежную зону Черноморского побережья особо выделяется район г. Новороссийска и Цемесской бухты, где экологической проблемой остается ликвидация последствий различных аварий, происходящих на суше и море в результате погерь нефти на магистральных нефтепроводах и транспортировке морским путем, а также рекультивация нефтезагрязненных грунтов территории порта. Нефть попадает в море со сточными водами промышленных предприятий, при авариях на буровых установках, расположенных на континентальном шельфе, при авариях танкеров и нефтеналивных терминалов при транспортировке углеводородного сырья. В последние годы антропогенная нагрузка на акваторию и побережье Цемесской бухты многократно возросла в связи с действующими и строящимися нефтяными терминалами (нефтеналивной порт «Шесхарис», Туапсе и др.) и нефтегазопроводами (КГК, «Голубой поток»), проходящими по дну Черного моря, проектами бурения нефтегазовых скважин на морском шельфе. Все виды деятельности, связанные с поисками и разработкой месторождений на шельфе и транспортировкой нефти сопряжены с риском загрязнения морской среды сырой нефтью и продуктами ее переработки.

В целом, экологическая безопасность акваторий и прибрежных зон внутренних морей давно стала международной проблемой. Существуют различные международные экологические программы по Черному морю - BSEP, MS Black, "Eros 2000 Черное море", программа "Aral sea 00-1058" по Аральскому морю и др. Изучением экологического состояния Российского сектора Черного моря длительное время занимались различные научные и производственные организации РФ: Южное отделение Института океанологии РАН, ГИЦ ФГУГП «Южморгеология», Северо-Кавказский геоэкологический центр, ГУП «Кубаньгеология» и др. С середины восьмидесятых годов этой проблемой стал заниматься Кубанский государственный университет, выполнивший фундаментальные исследования по оценке уровня и динамики загрязнения сред вредными поллюгантами и выяснению реакции различных экосистем на антропогенное загрязнение. Однако, несмотря на очевидные успехи в решении ряда задач обеспечения экологической безопасности региона, поиск высокоинформативных, экспрессных методов оценки углеводородного загрязнения акваторий и прибрежных зон внутренних морей и обоснование стратегии берегозащитных мероприятий и геоэкологического мониторинга нефтяных разливов остается до настоящей о времени актуальной задачей.

Целью работы является оценка техногенного загрязнения и путей ликвидации загрязнения углеводородами акватории и прибрежной зоны Цемесской бухты Черного моря. Достижение этой цели будет способствовать обеспечению экологической безопасности акватории и морского побережья при чрезвычайных ситуациях выбросов углеводородов, связанных с поисками, разведкой и разработкой нефтегазовых месторождений на шельфе и последующей транспортировкой углеводородного сырья.

Основные задачи исследования

1 Анализ состояния изученности техногенных загрязнений акватории и береговой линии Цемесской бухты Черного моря: выбор объектов и направления научных исследований по тематике диссертации.

2 Обоснование модели организации природно-технической системы Цемесской бухты Черного моря.

3 Исследование закономерностей распространения и деструкции нефтяных разливов на акватории Цемесской бухты в зависимости от типовых гидрометеорологических, гидрологических и геологических условий.

4 Оценка эколого-геологических особенностей природно-технической системы Цемесской бухты при углеводородных загрязнениях.

5 Разработка прогнозируемых математических моделей деструкции биосорбентами нефтяных пятен на акватории и береговой линии Цемесской бухты.

6 Определен ущерб природно-технической системе акватории при антропогенном загрязнении углеводородами и обоснование берегозащитных мероприятий при устранении углеводородных загрязнений на изучаемой территории

Научная новизна

1 Обоснована комплексная модель организации природно-технической системы Цемесской бухты Черного моря. При оценке негативного воздействия на абiotическую составляющую природно-технической системы проведено исследование состояния лито- и гидрокомпонентов природной среды.

2 Оценена эколого-геологическая специфика природно-технической системы Цемесской бухты во взаимосвязи и влиянии морской и береговой составляющих.

3 Определен ущерб акватории Цемесской бухты при антропогенном загрязнении углеводородами, в которой бухта представлена в виде системы, состоящей из водной и береговой составляющей.

4 Обоснованы берегозащитные мероприятия нефтяных разливов на территории Цемесской бухты. Показано, что методы ликвидации антропогенного нефтяного загрязнения с помощью углеводородоокисляющих микроорганизмов способствуют снижению содержания углеводородов без какого-либо ущерба для окружающей среды.

Защищаемые положения.

1 Закономерности пространственного распространения и деструкции углеводородного загрязнения, в зависимости от координат и объемов УВ выбросов, состава нефтей, гидрологических, метеорологических и геолого-геоморфологических условий Цемесской бухты.

2 Районирование береговой зоны Цемесской бухты по степени экологической опасности при углеводородном загрязнении акватории, проведенное на основе комплексирования математического моделирования и геологического изучения природной среды.

3 Многомерная математическая модель деструкции УВ загрязнений акватории и береговой линии Цемесской бухты нефтеокисляющими микроорганизмами, позволяющая оптимизировать их численность в зависимости от объемов нефтяных выбросов.

Практическая значимость и реализация результатов.

Результаты выполненных автором исследований найдут применение при решении оперативных задач эффективного использования предлагаемых решений при разработке федеральными и региональными органами и заинтересованными организациями планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов на морских акваториях при транспортировке нефтепродуктов и проведении буровых работ на морском шельфе, оценке текущего и остаточного загрязнения углеводородами акваторий и прибрежных зон, оценке влияния таких загрязнений на объекты окружающей среды и социально-производственные объекты.

Фактический материал.

В основу работы положены результаты исследований автора за период с 2002 по 2006г в Кубанском государственном университете. При разработке комплекса программно-алгоритмических средств экспрессного анализа и прогноза состояния загрязнения углеводородами акваторий использованы решения проектов РФФИ № 00-01-96026 и РФФИ № 03-01-96511, в которых осуществлено математическое моделирование динамического взаимодействия нефтяных разливов с экосистемой моря, проводимых автором в качестве соисполнителя. В работе использованы данные полевых наблюдений, проведенных автором в районе Цемесской бухты за период с 2003-2006г. Проанализированы и обобщены геолого-геофизические данные по гидрологической, метеорологической, геологической характеристике района исследований находящиеся в фондах КубГУ, ГИЦ ФГУП «Ожморгеология», в том числе данные из научных и технических источников, указанных в библиографии диссертации.

Апробация работы. Основные положения диссертации прошли первичную апробацию на Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов «Геология XXI века» г. Саратов 25-27 марта 2002 г. Международной школе «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды»

г Повороснийск, сентябрь 2003, Международной конференции "Environmental Problems and Ecological Safety», Wiesbaden, December, 2004, Международной конференции «Проблемы геологии и освоения недр юга России», г Ростов-на-Дону 5-8 сентября 2006г, V Международной научно-практической конференции «Международные и отечественные технологии освоения природных минеральных ресурсов и глобальной энергии», г Астрахань 27-29 сентября 2006г, семинарах и научных конференциях геологического факультета и факультета прикладной математики Кубанского государственного университета (2002-2006гг)

Публикации Содержание диссертации опубликовано в 11 работах. Результаты работ по теме исследований изложены также в трех отчетах во Всероссийском фонде фундаментальных исследований (РФФИ №№ 00-01-96026 и 03-01-96511)

Содержание работы Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, общим объемом 171 лист, в том числе 28 таблиц, 44 рисунка и списка литературы из 130 наименований

Автор выражает глубокую признательность за научное руководство и помощь на всех этапах постановки и написания работы д-тн профессору Дембицкому С И, д-ф-м-н Уртену М Х, д-г-м-н профессору Соловьевой Л П, д-г-м-н профессору Соловьеву В А, д-г-м-н профессору Шурману П Г, д-г-н Гуленко В И, к-г-м-н Любимовой Т В, Михеевой Л М, всем сотрудникам геологического факультета КубГУ за помощь в реализации работы

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулированы актуальность, научная повизна и основные задачи диссертационной работы, практическая ценность выбранной тематики

Глава I Состояние изученности техногенных загрязнений акватории Цемесской бухты. Обоснование методики исследований.

В первом разделе главы приводится краткое физико-географическое описание территории исследования, где были рассмотрены особенности геоморфологического строения района Цемесской бухты, изучено литолого-стратиграфическое и тектоническое строение исследуемой территории. В геологическом отношении береговая зона и дно Цемесской бухты сложены флишевыми отложениями верхнего отдела меловой системы. В тектоническом отношении исследуемая территория относится к Новороссийско-Лазаревскому синклиниальному подзону флишевого унаследованного прогиба эпигерцинской орогенной зоны.

Далее представлен обзор основных теоретических и практических разработок в области изучения проблемы углеводородного загрязнения морской и береговой составляющих акватории Цемесской бухты Черноморского бассейна.

Целенаправленные исследования поступления загрязняющих веществ в акваторию проводили многочисленные научно-исследовательские и производственные организации РФ: Морское научно-информационное объединение Госкомгидромета России, Российский научный центр экологии моря, Морской гидрофизический институт, Институт биологии южных морей, научные подразделения ГИЦ ФГУП «Южморгеология», «СевказТИСИЗ», высшие учебные заведения РФ (МГУ, РГУ, КубГУ) и др. Проблема углеводородного загрязнения морских акваторий рассматривается в работах Герлах С А, Губанова Ю Н, Чаленко В А, Глебова Подозерской Е А, Артюхина Ю В, Архипкина В С, Вялышева А И, Грицай В В, Гурвича Л М, Дембицкого С И, Уртену М Х, Егоровой Е Н, Лрмеевой С В, Карасевой Э В, Енина Н В, Израэль Ю А, Цыбань А В, Комарова А В, Шимкуса К М, Миронова О Г, Нельсон-Смита А, Полуцаккина Ж П, Ценгаловича В Т, Удолова А И, Гвоздева Р М и других исследователей.

Соскательем проанализирован фактический материал по изучению техногенного загрязнения Цемесской бухты за период с 1997 по 2006гг. Изучением *биотического* фактора, который представляет собой совокупность внутривидовых и межвидовых взаимоотношений живой природы водной части акватории бухты, занимается экологический отдел морского

порта г Новороссийска, Южное отделение Института океанологии им П П Ширшова Российской Академии наук, РГУ Институт биологии южных морей, ХИ «Биотехнологии» и др.

Изучение *вещественного состава и потоков взвешенного материала* акватории Цемесской бухты в разное время проводилось учеными Шимкусом К М, Николаевым В П, Зверья А Ф, Гихомировым А А в рамках геологического мониторинга Новороссийско-Сочинского участка Прикавказской зоны Черного моря. Было установлено, что техногенное загрязнение акватории Цемесской бухты происходит вследствие поступления разнообразных загрязняющих веществ в различных формах. Огромные их потоки поступают в составе твердого стока, поэтому изучение потоков взвешенного материала имеет первостепенное значение для познания особенностей загрязнения прибрежной части акватории.

Исследован *геологическое строение бухты* занимались ГНЦ ФГУП «Южморгеология», МГУ, ученые Дьяконов А И, Шeko А И, Афанасьев С Л, Борукаев Ч Б, Сафьянов Г А и др. Было установлено, что береговая зона и дно Цемесской бухты сложены флишевыми отложениями меловой системы, которые принадлежат Новороссийскому синклинию Северо-Западного Кавказа. В итоге проведенных исследований составлена детальная схема геологического строения района, уточнены структурно-фациальные районирование и положение разрывов, ограничивающих структурно-фациальные зоны, составлена схема инженерно-геологического районирования и геоморфологическая карта Цемесской бухты.

Таким образом, за прошедший период накоплен значительный фактический материал по изучению техногенного загрязнения Цемесской бухты. Было выявлено, что основным источником поступления загрязняющих веществ является углеводородное загрязнение.

Однако, в связи с многообразием подходов различных исследователей, до сих пор не сформирована единая комплексная информационная база данных по влиянию углеводородных загрязнений на акваторию, где особое внимание следовало бы уделить выделению факторов гидродинамической обстановки и ранжированию прибрежной составляющей Цемесской бухты по степени восприимчивости к углеводородному загрязнению.

Далее соискателем определены природные и антропогенные факторы, определяющие динамику распространения и деструкции углеводородных загрязнений в Цемесской бухте.

К природным факторам относятся

- особое географическое положение Цемесской бухты Черного моря, характеризующееся удаленностью от океана,
- специфика гидрологического режима акватории Цемесской бухты Черного моря,
- значительное расслоение вод по плотности, замедленный вертикальный обмен водных масс.

Установлено, что основными источниками антропогенного загрязнения акватории являются хозяйственно-бытовые стоки населенных пунктов и промышленных предприятий, морские торговые суда, аварии танкеров и нефтеналивных терминалов, потери нефти на магистральных нефтепроводах.

Выполненный анализ известных случаев техногенного загрязнения акватории Черного моря за последние десятилетия позволил соискателю ранжировать природные и антропогенные факторы по степени их влияния на морскую и береговую составляющие Цемесской бухты, определить объекты и направления дальнейших исследований.

В заключении соискателем обосновываются приемы и методика научных исследований (рис 1).

В настоящей работе для решения проблемы экологической безопасности акватории были использованы методы математического моделирования динамики распространения нефтяных разливов и эколого-геологическая интерпретация данных природной среды. Основной целью математического моделирования динамики распространения нефтяных разливов является анализ контакта нефти с линией берега, а также оценка последствий нефтяного загрязнения береговой зоны, для чего были определены граничные условия математической модели разлива УВ, изучена гидродинамическая обстановка среды, а также физико-химические свойства УВ.

Целью эколого-геологической интерпретации данных природной среды являлось определение степени экологической опасности территории, для чего были произведены исследования геологических условий изучаемой территории негрофизической и литологической характеристики верхней части литосферы

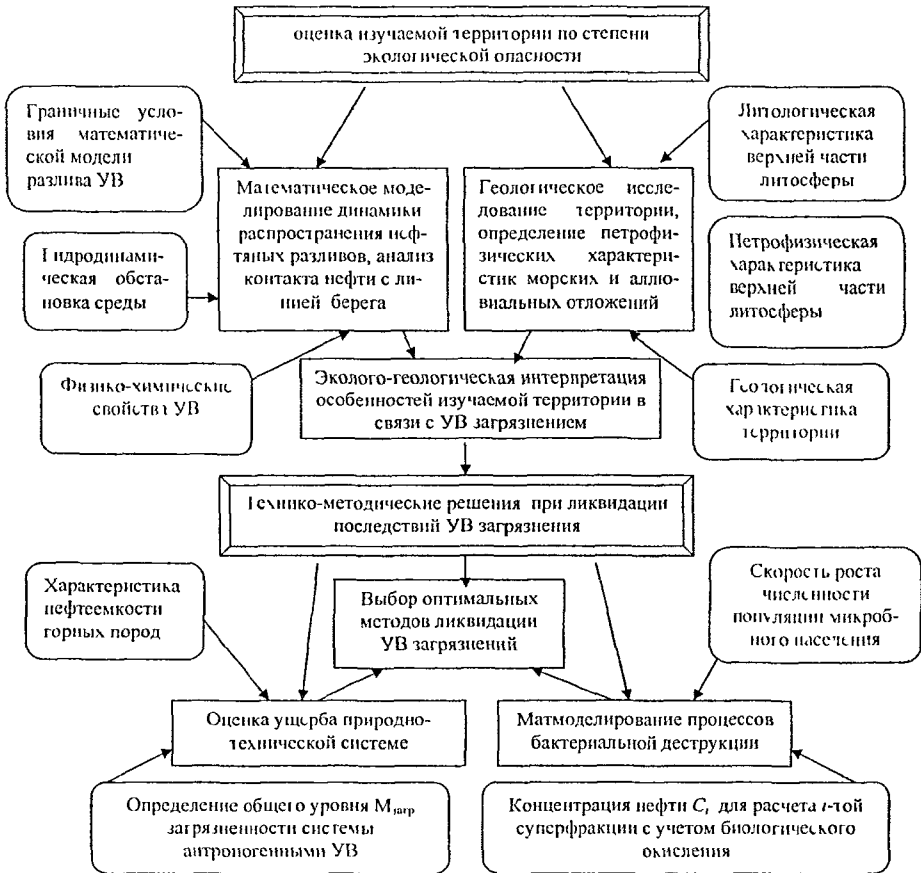


Рис 1 Методика исследований по теме диссертации

На основе комплексных результатов прогноза математического моделирования динамики распространения УВ загрязнения и эколого-геологических исследований природной среды обоснованы технико-методические решения при ликвидации последствий УВ загрязнения, которые включают в себя определение ущерба окружающей среде от данного типа разлива и выбор оптимальных методов ликвидации УВ

Глава 2 Исследование динамики распространения нефтяных разливов на акватории Цемесской бухты

В настоящее время одним из наиболее экспрессных и информативных методов для исследования динамики углеводородных загрязнений является математическое моделирование (Г И Марчук, Л Н Тарасенко)

В первом разделе главы автором был проанализирован ряд математических моделей описывающих динамику развития нефтяных разливов для различных водных территорий Принстонская модель (Princeton Ocean Model) разлива нефти компании «ЛУКОЙЛ» для Азербайджанского сектора Каспия, модель пятна на основе исследований, проведенных Государственным Институтом Океанографии РАН для акватории Финского залива (Транзас PISCES2, 2005г), математическая модель по ликвидации разливов нефти и спасению людей для Сахалина (ДВНИГМИ, 1997г) Моделирование аварийных разливов нефти производилось также на моделях участков рек Иртыша, Оби, Волги, Невы Рассмотрены также модели, где особое внимание было уделено моделированию физико-химическим свойствам нефтяного пятна (ВЦАН СССР, 1987г) Ряд авторов исследовали процесс движения нефти и имитировали турбулентную диффузию посредством моделирования случайного блуждания частиц нефти (Июхасен, 1995, Элиот, 1998)

Анализ существующих моделей аварийных нефтяных разливов позволил сделать вывод о том, что применение компьютерных технологий свидетельствует об эффективности расчетно-имитационного метода моделирования для решения экологических проблем в случаях аварийных разливов нефти в водных объектах

Во втором разделе главы изложены основные положения численного и аналитического решения динамического взаимодействия разливов нефти с водной средой Для решения задач диссертационной работы соискателем совместно с Дембицким С И, А В Ларионовым и М Х Ургеловым проводилось математическое моделирование динамического взаимодействия разливов нефти с экосистемой моря и морского побережья Цемесской бухты В качестве основных процессов депонирования разливов нефти рассматривалось осаждение нефти на берег моря и на дно Исследуемый процесс загрязнения экосистем описывался краевыми задачами для системы нелинейных уравнений в частных производных, включающих уравнение Невье-Стокса и уравнения физико-химических реакций в водной среде и на суше При количественном описании разлива нефти на поверхности моря нефтяной разлив описывается как ансамбль нефтяных пятен, каждое объемом до 2 м³ нефти При выполнении расчетов учитываются сведения о вязкости и плотности разлитой нефти, а также скорости вытекания нефти, определяющей размеры элементарного нефтяного пятна Для описания депонирующей среды, в которую поступает разлитая нефть, в модели учитывались кинематические характеристики поверхностного течения, сведения о направлении и силе ветра, сведения о волнении моря, сведения о геоморфологии береговой линии, определяющие экспозицию и «поглощающую способность» береговой линии, координаты источника сброса

В качестве уравнения, описывающего распространение i-той факторизованной фракции с концентрацией C_i под влиянием турбулентной диффузии, полей ветров и течений с учетом j-той физико-химической реакции или биологического окисления R_j , принято следующее уравнение переноса и диффузии с учетом реакций деструкции нефти

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + u \frac{\partial C_i}{\partial x} + v \frac{\partial C_i}{\partial y} + w \frac{\partial C_i}{\partial z} - K_x \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} - K_y \frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2} - \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial C_i}{\partial z} + \Gamma(C_i, R_j) = 0 \quad (1)$$

где $C_i(x, y, z, t)$ - концентрация загрязнения, мг/м³, x, y, z - декартовы координаты текущей точки, м, t - время, с, u, v, w - компоненты вектора скорости поверхностного течения, м/с, удовлетворяющего уравнению неразрывности

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

где K_x, K_y - коэффициенты турбулентной диффузии в плоскости (x, y) , m^2/c ; K_z - коэффициенты вертикальной диффузии, m^2/c ; $F(C_i, R_j)$ - функция, определяющая деструкцию i -той факторизованной фракции в результате j -той реакции R_j (испарение, растворение, биологическое окисление).

При достижении границы Γ_1 в зависимости от физико-химических свойств нефти и морфологической структуры побережья происходит отражение, частичное или полное приливание нефти, а соответствующие граничные условия задавались в виде

$$\left. \frac{\partial C_i}{\partial n} \right|_{\Gamma_1} = p C_i, \quad (3)$$

где n - нормаль к границе Γ_1 ; p - коэффициент прилипания нефтепродуктов к берегу, зависящий в общем случае от координат и $0 \leq p \leq 1$. Если $p(x_\delta, y_\delta) = 1$, то условие (3) описывает полное поглощение нефти берегом в точке (x_δ, y_δ) ; если $p(x_\delta, y_\delta) = 0$, то условие (3) называют условием непротекания, и оно означает полное отражение нефти в точке (x_δ, y_δ) . Для свободной водной границы рассматриваемого района граничные условия для уравнения (1) записывались в виде

$$C_i(x, y, z, t) \Big|_{\Gamma_2} = 0, \quad (4)$$

Это означало, что за границей области S C_i концентрации загрязнений в расчетах не учитывалась.

В третьем разделе главы приведены основные результаты численного моделирования нефтяного загрязнения. В условиях различных гидрометеорологических ситуаций были определены закономерности направления и скорости движения нефтяного пятна, а также место контакта нефти с линией берега и возможные последствия нефтяного загрязнения побережья после аварийного разлива нефти на акватории Цемесской бухты. В качестве примера рассмотрены аварийные разливы нефти, случившиеся в точках №1 и №2 (рис. 2). Точка №1 выбрана юго-западнее мыса Шехарис, точка №2 выбрана на входе в бухту юго-западнее мыса Пенай.



Рис.2. Места моделирования аварийных разливов нефти на акватории Цемесской бухты

Поскольку нефтяное пятно перемещается в том же направлении и с той же скоростью, что и поверхностный слой воды, соискателем определены скорость и наиболее вероятное направление результирующего поверхностного течения. Для этого были обобщены данные по направленности ветров через каждые 3 часа в течении 2005г. и составлены диаграммы повторяемости каждого из 8 основных направлений ветра в исследуемом районе для зимнего (декабрь - февраль) и летнего (июнь - август) периодов 2005 года. (рис.3).

Эти данные позволяют сделать выводы о наиболее вероятных направлениях переноса нефтяного пятна с указанием средней скорости его перемещения. Как видно из рис.3, в зимний период наибольшей повторяемостью обладают ветры, дующие с северо-востока и юго-востока, средние скорости которых равны 10,48 м/с и 4,76 м/с соответственно.

В летние месяцы наибольшей повторяемостью обладают ветры, дующие с северо-востока и с юга, со средними скоростями 6,5 м/с и 2,26 м/с соответственно. Ветровой коэффициент при таких значениях скорости ветра равен 0,024.

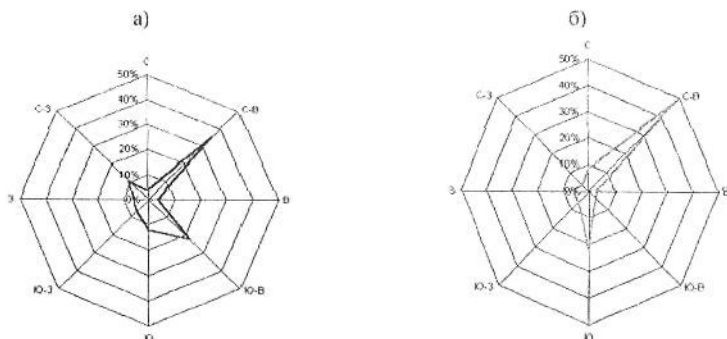


Рис. 3. Повторяемость ветра основных направлений для зимнего (а) и летнего (б) периодов 2005 г.

Отклонение поверхностного ветрового течения вправо от направления ветра, который вызвал это течение, в точке №1 при глубинах 22-23 м составляет 30° , в точке №2 при глубинах 30-35 м -40° .

В табл. 1 приведены результаты расчетов направления λ_N и скорости переноса V_N нефтяного пятна, а также ориентировочного времени t движения пятна от момента аварийного разлива в выбранных точках до момента контакта с определенным участком берега. Исследования проводились для зимних и летних месяцев года в соответствии с ранее указанными исходными данными о направлениях и скорости ветра V_w и расчетными данными о ветровом течении.

Таким образом, были спрогнозированы 8 наиболее типичных вариантов дрейфа и деформации нефтяных разливов в зависимости от координат и объемов УВ выбросов, состава нефтей, гидрологических, метеорологических и геолого-геоморфологических условий Цемесской бухты:

При северо-восточном ветре после аварийного разлива нефти в точке №1 загрязнению может быть подвержен западный берег бухты, от Суджукской косы до мыса Любви, а после аварийного разлива в точке №2 - участок от поселка Мысхако до поселка Рыбачий. В последнем случае возможен перенос части нефтяного пятна вдольбереговым течением в юго-западном направлении. После контакта нефти с берегом на пляжах, сложенных галечниковым и крушогалечниковым материалом, нефть проникает глубоко и образует погребенные слои, а при больших скоплениях нефти может сформироваться твердое асфальтовое покрытие.

Развитие ситуации после аварийных разливов нефти на акватории Цемесской бухты при южном и юго-восточном ветре представляется наиболее опасным, поскольку происходит востровой нагон поверхностных вод в бухту. После аварийного разлива нефти в точке №1 загрязнению может быть подвержена центральная часть бухты, район порта и восточный берег бухты, начиная от Восточного мола, после аварийного разлива в точке №2 - участок побережья юго-восточнее мыса Шесхарис. Попавшая на берег нефть проникает в песчано-галечниковый материал берега, образуя погребенные слои загрязнения. На восточном берегу бухты расположено большое количество гидротехнических сооружений, что может

способствовать образованию застойных зон и скоплений нефти и нефтяных агрегатов у самого берега

При южном ветре в зимний период ситуация складывается аналогично, с той лишь разницей что средняя скорость южного ветра зимой несколько выше и составляет 3,69 м/с Северо-западный ветер способствует выносу поверхностных вод и разлитой нефти в открытое море и в этом случае нет экологической опасности для побережья бухты

Таблица 1

Перенос нефтяного пятна из точек №№ 1,2 в различные периоды

| Ветер | | Перенос пятна нефти | | | |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---|----------------|--------------------------|
| направление движения ветра | скорость ветра, V_w , м/с | направление переноса нефтяного пятна | скорость переноса нефтяного пятна V_p , м/с | участок берега | время движения пятна t ч |
| Точка №1 (зимний период) | | | | | |
| 225 (С-В) | 10,48 | 255 | 0,26 | 4 | 3 |
| 315 (Ю-В) | 4,76 | 345 | 0,12 | 7 8 | 7 |
| Точка №1 (летний период) | | | | | |
| 225 (С-В) | 6,5 | 255 | 0,15 | 4 | 5,3 |
| 0 (Ю) | 2,26 | 30 | 0,06 | 9 | 7 |
| Точка №2 (зимний период) | | | | | |
| 225 (С-В) | 10,48 | 265 | 0,26 | 1 | 8,5 |
| 315 (Ю В) | 4,76 | 355 | 0,12 | 10 | 3,5 |
| Точка №2 (летний период) | | | | | |
| 225 (С-В) | 6,5 | 265 | 0,15 | 1 | 14 |
| 0 (Ю) | 2,26 | 40 | 0,06 | 10 | 8 |

Таким образом, математическое моделирование позволило охарактеризовать процессы, происходящие с нефтью в море, и изменение ее физико-химических характеристик во времени, оценить последствия разлива нефтепродуктов в Цеумесской бухте. Результаты математического моделирования нефтяного загрязнения были использованы консультателем в дальнейшем для обоснования стратегии геоэкологического мониторинга по предотвращению последствий аварийных разливов УВ на акваториях и выбора берегозащитных мероприятий по минимизации ущерба геоэкологическим системам внутренних морей бассейна

Глава 3. Эколого-геологические особенности природно-технической системы Цеумесской бухты

В первом разделе главы консультателем обоснована комплексная модель природно-технической системы Цеумесской бухты, представляющая собой открытую динамическую систему, в которой в качестве подсистемных элементов выступают источник воздействия и геологический компонент природной среды, тесно связанные причинно-следственными связями. Консультателем были определены пространственная, временная и структурная границы системы посредством выделения элементов техногенного и литосферного блоков, воздействие которых определяет изменение экологических функций природно-технической системы.

Далее дана характеристика техногенного блока, основным компонентом которого является транспортный комплекс, представленный главным образом, трубопроводным и поручочно-разгрузочным видами транспорта. Автором была составлена база данных по сведениям 104 случаев выбросов антропогенных углеводородов в водную часть акватории за пе-

риод с 1998 по 2004 г (табл 2) Каждый из аварийных выбросов содержит информацию о дате, месте разлива, типе и количестве разлившейся нефти а также о мерах, которые были предприняты для устранения последствий аварийного разлива Анализ фактических данных позволял классифицировать следующие варианты загрязнения акватории однократный залповый выброс нефти на поверхность моря, протяженный во времени выброс нефти на поверхность моря, загрязнение моря сбросами УВ мелких предприятий

В каждом из этих случаев влияние антропогенного углеводородного загрязнения на акваторию имеет свою специфику Наиболее опасным, в связи со значительным объемом пролитой нефти, является первый вариант, где нитоксикации подвержены все составляющие акватории

Таблица 2

Выбросы УВ в водную часть акватории Цемесской бухты

| Годы | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2002 | 2003 |
|---------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Количество выбросов | 19 | 24 | 17 | 16 | 20 | 13 |
| Объемы выбросов, т | 0,01-497 | 25-400 | 10-300 | 20-500 | 80-300 | 25-200 |

Далее зонскателем определены объекты различного хозяйственного назначения с поперечной пространственной ориентировкой по отношению к береговой линии, значительно влияющие на процессы техногенного загрязнения

Для определения влияния поперечных сооружений на характер распределения наносов автором была использована методика Е С Цайца, позволяющая определить динамику вдольбереговых наносов в зависимости от объема их заносимости V_n глубины H_n , критической глубины $H_{кр}$ и стока наносов вдоль берега $Q_{н1}$ По этой методике был рассчитан объем заносимости в 51 пунктах вдоль всей акватории Цемесской бухты, позволяющий сделать вывод, что в общем случае объем заносимости наносов превышает величину годового сноса наносов на западной части акватории от 0,2 $Q_{н1}$ (западная часть Суджукской косы) до 33,8 $Q_{н1}$ (центральная часть пос Рыбачий)

Далее выделены основные компоненты природной среды, подверженные техногенному воздействию, в качестве которых выступают геологические объекты верхней части литосферы изучаемой площади, состоящей из двух компонент - коренных отложений флишевой формации и современных морских и аллювиальных отложений (рис 3)

Был сделан вывод что углеводородному загрязнению потенциально могут быть подвержены 2 стратиграфо-генетических комплекса представленные соответственно скальными и дисперсными массивами горных пород

Автором проведено районирование береговой зоны Цемесской бухты по степени экологической опасности нефтяного загрязнения, для чего зонскатель провондил естественные геолого-геофизические наблюдения и математическое моделирование

Геологические исследования проводились в полевых условиях и включали изучение береговой зоны Цемесской бухты и характеристику мест нефтяного загрязнения по комплексу характеристик типа берегов, состава морских и аллювиальных отложений, растительности, динамики волновых движений в прибойной зоне (табл 3)

Естественные методы включали геологическое исследование территории и анализ петрофизических характеристик морских и аллювиальных отложений

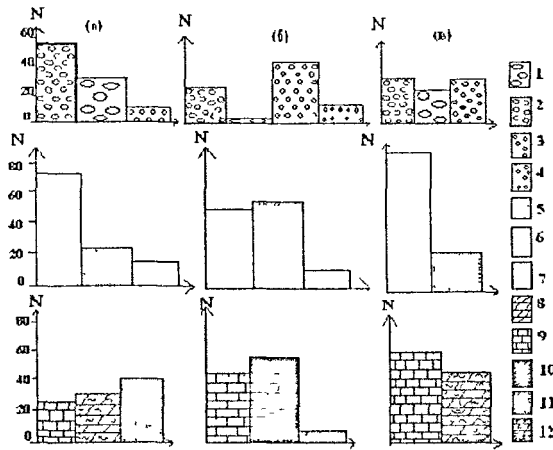


Рис 3 Гистограммы статистической обработки морских и аллювиальных отложений Мысхако (а), Купинковской (б) и Бедниповской (в) свит

Условные обозначения
 Гранулометрический состав 1- 0,06-0,15м, 2- 0,04-0,06м, 3- 0,02- 0,04м 4- менее 0,02м
 Цветовая гамма 5- темнопятные, 6-бурые, 7- светлые
 Минеральный состав 8- мергель, 9- известняк, 10- глинистый мергель, 11- песчаник, 12- известк мергель

На основе этого комплекса параметров осуществлялась оценка индекса восприимчивости данного участка побережья по отношению к нефтяному загрязнению

Таблица 3

Расчет индекса восприимчивости побережья к нефтяному загрязнению

| Комплекс составляющих береговую зону | Индекс восприимчивости побережья к нефтяному загрязнению | | | |
|--|--|-------------------|------------------------------|--------------|
| | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Тип берегов | Закрытый берег | Пляж | Эродированный берег | Открытый мыс |
| Гранулометрический состав береговых отложений | 0,06-0,15м | 0,04-0,06м | 0,02- 0 04м | Менее 0,02м |
| Минеральный состав морских и алювиальных отложений | Песчаник, алевролит | Глинистый мергель | Мергель, известковый мергель | Известняк |
| Динамика волновых движений | Слабая | Умеренная | Средняя | Постоянная |

В качестве элементов, которые характеризуют природную систему акватории, выступали следующие *статические параметры* геологические (вещественный состав, структура и текстура флишевых пород, слагающих береговую часть акватории), геоморфологические (характер линии побережья и рельеф внутренней части бухты), петрофизические (плотность, пористость, проницаемость, удельная поверхность пород), неотектонические (современная геодинамика Новороссийского района) и *динамические параметры* гидрологические (режим подводных и поверхностных течений, температура воды), климатические (температура воздуха, скорость и направление ветра)

В результате характеристики степени восприимчивости береговой зоны к антропогенному углеводородному загрязнению, все побережье бухты было разграничено на 10 участков (табл 4) Геологические особенности берега оказывают значительное влияние на процессы, происходящие при воздействии углеводородов на природно-техническую систему бухты

Градация побережья в зависимости от состава морских и аллювиальных отложений

| № участка | Положение участка | размер | минералогический состав |
|-----------|------------------------------|---|--|
| 1-2 | м. Мысхако-пос. Рыбачий | Крупногалечниковый и глыбовый от 0,08 до 0,15м | известняк и известковый мергель |
| 2-3 | пос. Рыбачий – Алексино | Среднегалечниковый от 0,04 до 0,06м | известняк и известковый мергель |
| 3-4 | Алексино – Суджукская к. | Галечниковый от 0,04 до 0,06м, мелкогалечниковый от 0,002 до 0,004м, песчаные крупнозернистые фракции от 0,0005 до 0,001м фракции | известняки, песчанистые мергели |
| 4-5 | Суджукская к. – м. Любви | Галечниковый 0,04 до 0,06м и крупногалечниковый | известняки, темносерые песчанистые мергели |
| 5-6 | м. Любви – городской пляж | Галечниковый от 0,02 до 0,06 м, песчаные крупнозернистые фракции от 0,0005 до 0,001м | темно-серые мергели, известняки |
| 6-7 | пляж-Западный мол порта | Щебнистый, мелко- и среднегалечниковый от 0,03 до 0,08м | глинистые мергели, известняки |
| 7-8 | Западный мол – Восточный мол | Галечниковый 0,04 до 0,06м и крупногалечниковый | темно-серые мергели, известняки |
| 8-9 | Восточный мол-7-я балка | Песчано-галечниковый от 0,001 до 0,02м | темно-серые мергели, известняки |
| 9-10 | 7-ая балка – Шехарис | Мелко и среднегалечниковый от 0,02 до 0,06м | известковые мергели, известняки |
| 10-11 | Шехарис – мыс Пенай | Крупногалечниковый и глыбовый от 0,06 до 0,18м | известняки, светло-серые мергели |

Береговая зона и дно Цемесской бухты сложены флишевыми отложениями верхнего отдела меловой системы, которые принадлежат Новороссийскому синклирину Северо-Западного Кавказа. При этом можно выделить следующие участки (рис. 4):

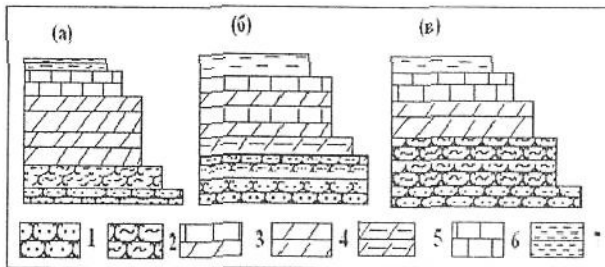


Рис. 4 Схематические разрезы свит Мысхако (а), Куликовской (б) и Бединовской (в)

1- песок; 2- алевролит; 3- изв. мергель; 4- мергель; 5- глини. мергель; 6- известняк; 7- зел.-сер. глины

1. Береговая зона от пос. Мысхако до ш. Вербовой, которую слагают породы свиты мысхако (K_2ms) нижне-маастрихского яруса и представляют собой чередование известковых мергелей, известняков, песчаников и алевролитов. Согласно имеющимся данным (Любимова, 2001) плотность пород здесь варьирует от 2,29 до 2,53 г/см³, средняя проницаемость составляет 10,02 мДс.

2. Весь внутренний рейд акватории сложен породами куликовской свиты (K_2kl) и представлен переслаиванием глинистых мергелей, известняков и алевролитов. Плотность пород изменяется от 2,32 г/см³ до 2,43 г/см³, средняя проницаемость составляет 704 мДс.

3. Восточная часть внешнего рейда акватории бухты, включая мыс Дооб, сложена породами бединовской свиты (K_2bd) верхне-кампанского яруса, которые представляют собой

переслаивание мергелей, известняков, песчаников и алевролитов. Плотность пород изменяется от 2,42 до 2,58 г/см³, средняя проницаемость пород составляет 8,6 мДс (рис. 5).

На этой основе была проведена типизация береговой зоны Цемесской бухты путем выделения 3 геологических тел, характеризующихся литологической однородностью.

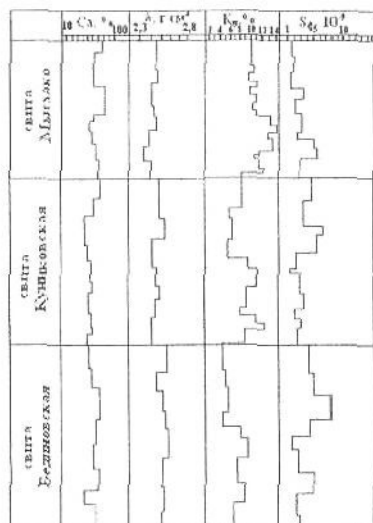


Рис. 5 Сводная петрофизическая характеристика пород изучаемой территории, составленная с использованием данных Любимовой Т.В. (2001).

Таким образом, наибольшую плотность до 2,58 г/см³ имеют породы восточной части внешнего рейда акватории, наименьшую плотность 2,29 г/см³ и наибольшую пористость до 15% - береговая зона от пос. Мысхако до ш. Вербовой. Проницаемость пород варьирует от 5,06 мДс в отложениях бедниковской свиты до 12,7 в отложениях свиты мысхако.

Удельная поверхность пород являлась важной характеристикой, определяющей проницаемость и адсорбционную способность пород. Для оценки удельной поверхности фильтрующих пород соискателем использовалась известная зависимость Козени-Кармана, связывающая пористость пород K_p , их проницаемость $K_{пр}$ и удельную поверхность фильтрации S_{ϕ} :

$$S_{\phi}^2 = K_p^3 / 2K_{пр} \quad (5)$$

В общем случае, распределение пористости и удельной поверхности фильтрации по свитам, слагающим береговую зону акватории Цемесской бухты представляется следующим образом (рис. 6).

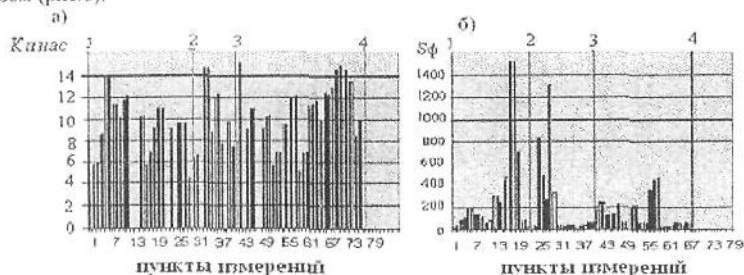


Рис. 6. Распределение коэффициента пористости $K_{нас}$ (а) и площади удельной поверхности S_{ϕ} морских и аллювиальных отложений береговой линии Цемесской бухты 1-2 - бедниковская свита; 2-3 куникова свита; 3-4 свита мысхако

В результате на основании комплексирования результатов проведенных геологических исследований и данных, полученных при математическом моделировании нефтяных разливов, осуществлено районирование прибрежной составляющей акватории Цемесской бухты по степени восприимчивости к углеводородному загрязнению от самого восприимчивого (степень 5) до наиболее устойчивого участка (степень 1). Установлено, что самыми вос-

примчивыми участками к УВ загрязнению в акватории Цемесской бухты являются район п. Мыхако и центральная часть внутреннего рейда порта. При нефтяном загрязнении западной береговой части акватории все участки имеют неодинаковое время размыва подветренной части, и, следовательно, процесс самоочищения при всех других одинаковых особенностях побережья будет протекать с различной интенсивностью. По степени максимальной скорости по сравнению с другими участками процесс самоочищения бухты будет наблюдаться со стороны следующих подветренных участков района железобетонного пирса, центральной части Суджукской косы, район рыбзавода «Новороссицкого», северная сторона мыса Любви, центральных пирсов, Западного мола порта. Минимальная скорость процесса самоочищения береговой части акватории характерна для участков южной и северной части Суджукской косы, центральной части пляжа «Нептун» а также участков, входящих в состав зоны центрального городского пляжа.

Глава 4. Определение ущерба природно-технической системе и обоснование стратегии ликвидации углеводородных загрязнений на акватории и береговой линии Цемесской бухты

Соискателем приведена классификация чрезвычайных ситуаций, связанных с разливами нефти. Были проанализированы данные по разливам в бухте за период 1998-2004 г. г, в результате был сделан вывод, что на данной территории, чаще всего, имеют место разливы первого и второго уровня.

Далее обоснован комплекс действий по устранению антропогенного загрязнения углеводородами природно-технической системы Цемесской бухты. На первом этапе осуществления мероприятий по ликвидации нефтяных разливов определены основные факторы, определяющие ущерб природно-технической системе бухты. На основе «Методики определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах» Минтопэнерго РФ, 01.11.95 последней соискателем оценен ущерб природно-технической системе акватории Цемесской бухты при антропогенном загрязнении углеводородами, в которой акватория бухты представлена в виде системы, состоящей из водной и береговой составляющей.

Таблица 5

Характеристика предельного загрязнения берегового компонента природно-технической системы Цемесской бухты

| №пп | Наименование участка | K_n | M_0/V_0 |
|-----|---|-------------|-------------|
| 1 | п. Мыхако - п. Рыбачий | 0,3 | 0,27 |
| 2 | п. Рыбачий - Алексино | 0,24 | 0,216 |
| 3 | Алексино - Суджукская коса | 0,21 | 0,189 |
| 4 | Суджукская коса - м. Любви | 0,24 | 0,216 |
| 5 | м. Любви - центральная часть городского пляжа | 0,21 | 0,189 |
| 6 | пляж - Западный мол порта | 0,24 | 0,216 |
| 7 | Западный мол - весь внутренний рейд акватории - Восточный мол | Отсутствует | Отсутствует |
| 8 | Восточный мол - 7-ая балка | 0,2 | 0,180 |
| 9 | 7-ая балка - Шехарис | 0,24 | 0,216 |
| 10 | Шехарис - мыс Пенай | 0,3 | 0,270 |

Известно, что степень загрязнения береговой части оценивается количеством нефти M_0 , впитавшейся в грунт в результате аварийного разлива УВ (табл. 5)

$$M_0 = K_n \cdot P_n \cdot V_0, \quad (6)$$

где K_n - значение предельной нефтяной емкости горных пород рассчитанной для береговой части акватории, P_n - плотность разлитой нефти, для исследуемого района составляет $0,85-0,95 \text{ г/мл}$, V_0 - объем разлитой нефти

В результате установлено, что максимальные значения отношения M_0/V_0 соответствуют участкам западного и восточного окончания акватории бухты (рис 7)

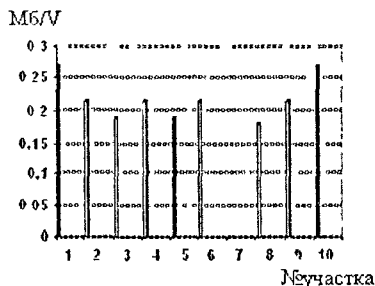


Рис 7 Показатели предельной нефтенасыщенности грунта акватории Цемесскон бухты

Степень загрязненности водной составляющей определялась массой растворенной и эмульгированной нефти, попавшей в водную толщу в результате аварийного разлива. Масса нефти M_3 , загрязняющей толщу воды, согласно рекомендациям ИППЭР, составляет

$$M_3 = 5,8 \cdot 10^3 M_p (C_n - C_f), \quad (7)$$

где M_p - масса разлитой по поверхности нефти, C_n - концентрация насыщения нефтью воды, C_f - фоновая концентрация нефти, данные которой рассчитываются отдельно для каждого региона. Масса M_p нефти, разлитой по поверхности водной части акватории определяется следующим образом

$$M_p = M - M_{лк} - M_0, \quad (8)$$

где M - масса нефти, попавшей в водную часть акватории, $M_{лк}$ - масса нефтяных летучих компонентов, M_0 - масса нефти, осажженной на дно

Анализ нефтяных разливов в исследуемой территории, показал, что в большинстве случаев толщина нефтяной пленки на водной толще не превышает 1 мм и расчет оставшейся на поверхности нефти может быть весьма приближенным. Поэтому, для расчета массы загрязняющей нефти M_3 автором был применен метод экспертных оценок, базирующийся на следующей зависимости

$$M_3 = m_p S_n, \quad (9)$$

где m_p - удельная масса нефти на 1 м² водной поверхности, S_n - площадь нефтяного разлива по топографической сетке

В результате, для наиболее опасных аварий были получены следующие значения количества нефти M_p , загрязняющие водную часть акватории (табл 5)

Вторым этапом обоснования мероприятий по ликвидации углеводородных загрязнений является определение количества остаточной нефти

В этом случае, расчет массы этой нефти может быть произведен с помощью следующей операции

$$M_{ост} = m_{ост} S_{ост}, \quad (10)$$

где $m_{ост}$ - удельная масса остаточной нефти, $S_{ост}$ - площадь локализации остаточной нефти, которая определяется с помощью метода топографической сетки

Количество нефти, загрязняющее водную часть акватории

| Дата | Хар-ка выброса M_p , т | Масса M , т | M_p , т |
|----------|--------------------------|---------------|-----------|
| 29 04 97 | Льдяные воды | 0 1 | 0 015 |
| 28 05 97 | Нефть | 497 | 74 55 |
| 28 09 97 | Льдяные воды | 0 2 | 0 03 |
| 09 02 98 | нефть | 25 | 3 75 |
| 29 03 98 | Дизельное топливо | 0 2 | 0 03 |
| 12 01 99 | нефть | 200 | 30 |
| 04 09 03 | нефть | 20 | 3 |
| 07 05 03 | Дизельное топливо | 0 5 | 0 083 |

Было замечено, что при ликвидации нефтяных разливов в акватории, с момента возникновения выброса до полной ликвидации его последствий, необходимо соблюдать баланс между массой M_p разлившейся нефти и распределением ее по компонентам с последующим соблюдением баланса между массой M разлившейся нефти, собранной нефти $M_{\text{собр}}$ нефти $M_{\text{изм}}$, претерпевшей изменения в своем физико-химическом составе и состоянии (эмульгированная нефть M_5 , летучие компоненты M_6 , нефть, осажденная на дно $M_{\text{ос}}$.)

$$M = M_{\text{собр}} + M_{\text{изм}}, \quad (11) \quad M_{\text{изм}} = M_5 + M_{\text{ос}} + M_6 \quad (12)$$

Компоненты M_5 , $M_{\text{ос}}$ и M_6 могут быть получены из хим. анализа разлитой нефти

Таким образом, была определена масса нефти $M_{\text{загр}}$, главным образом определяющая уровень загрязненности антропогенными углеводородами изучаемой территории которая может быть рассчитана по следующей формуле (табл. 6)

$$M_{\text{загр}} = M_a + M_b, \quad (13)$$

где M_a – масса нефти, оказывающая влияние на водную составляющую акватории бухты, M_b – масса нефти, оказывающая влияние на береговую составляющую акватории бухты

Таблица 6

Уровень загрязненности антропогенными углеводородами Цемесской бухты

| № точки | Масса M , т | M_a , т | M_b , т | M_3 , т |
|---------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 0 1 | 0 015 | 0,0027 | 0,01527 |
| 2 | 497 | 74 55 | 13,41 | 87,96 |
| 3 | 0 2 | 0 03 | 0,0054 | 0 0354 |
| 4 | 25 | 3 75 | 0 675 | 3,425 |
| 5 | 0 2 | 0 03 | 0 0054 | 0 0354 |
| 6 | 200 | 30 | 5 4 | 35 4 |
| 7 | 1 | 0 15 | 0 027 | 0 177 |
| 8 | 20 | 3 | 0 54 | 3 54 |
| 9 | 0 5 | 0,083 | 13,536 | 0 098 |

Общая же масса $M_{\text{общ загр}}$ углеводородов, оказывающая негативное влияние на акваторию бухты будет определяться как

$$M_{\text{общ загр}} = M_a + M_b + M_{1к} + M_0 \quad (14)$$

Если мероприятия по ликвидации нефтяного разлива были проведены успешно, и нефть с водной поверхности была полностью удалена, то слагаемое M_0 может быть принято равным нулю

Третьим этапом проведения мероприятий по ликвидации углеводородных загрязнений является оценка эффективности различных методов их ликвидации. При этом рассматривались следующие способы ликвидации нефтяных разливов (табл. 6)

Таблица 6

Способы ликвидации нефтяных разливов

| Вид работ | Применяемые способы и технические средства |
|-----------------------------|---|
| Локализация разлива | Боны и сорбционные плавающие средства |
| Механический сбор | Скиммеры, насосы, сорбенты-плавающие средства |
| Химическая обработка | Дисперсанты, эмульгаторы акваториика разбрызгивающие устройства |
| Физико-химическая обработка | Дезэмульгаторы |
| Биологическая обработка | Препараты на основе углеводородоокисляющих микроорганизмов |

Выполненные исследования показали, что одним из наиболее эффективных способов ликвидации общей загрязненности акватории является применение нефтеокисляющих бактерий, что способствует достижению хорошего результата без какого-либо ущерба для окружающей среды. В настоящее время существуют достаточно обоснованные методики по ликвидации антропогенных углеводородов, среди которых с помощью математического моделирования автором наиболее детально был изучен способ с применением нефтеокисляющих бактерий.

Разлагать нефть способны около девяти сот видов морских бактерий, грибов, водорослей и некоторые виды ряски. В природе нефтеокисляющая микрофлора в основном представлена следующими родами бактерий: *Rhodococcus*, *Corynebacterium*, *Nocardia*, *Arthrobacter*, водорослей *Chlorella* и др. Так как, не существует какого-либо одного микроорганизма, способного разрушить все компоненты определенного вида нефти, то полное разложение всех компонентов нефти требует воздействия многочисленных бактерий различных видов. Поэтому российскими научными центрами разработаны препараты «Валентис», «Деворойл» и др., которые состоят из нетоксичных, непатогенных штаммов дрожжей и бактерий, выделенных из природной среды и обладающих высокой окислительной активностью по отношению к нефтяным углеводородам.

Автором проведено моделирование изменения численности популяции нефтеокисляющего микробного населения на основе одного из фундаментальных предположений, лежащих в основе всех моделей роста популяции: скорость роста популяции пропорциональна ее численности. Математически этот закон записывался с помощью уравнения Мальтуса

$$\frac{\partial M}{\partial t} = RM \quad (15)$$

где M - численность бактериального населения, t - время, R коэффициент пропорциональности.

Из множества необходимых для жизнедеятельности пищевых компонентов, субстратов, потребляемых организмами исследуемой популяции, субстрат, находящийся в наименьшей доступности и лимитирующий ростовые процессы, определяет скорость размножения. Этот принцип известен как принцип минимума Либиха. Причиной ограничения роста популяции нефтеокисляющих бактерий являлось лимитирование по количеству дрейфующей в море нефти. Из микробиологических исследований известно (Цыбань А В, 1989), что в условиях лимитирования по субстрату скорость изменения численности популяции растет

пропорционально концентрации субстрата, а при избытке субстрата выходит на постоянную величину. В течение некоторого времени численность популяции растет экспоненциально, пока скорость роста не начинает лимитироваться какими-либо другими факторами. Зависимость скорости роста R в уравнении (15) от количества субстрата была описана уравнением Моно:

$$R(C) = \frac{\mu_m C}{C + K_s} \quad (16)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\mu_m C}{C + K_s} M - \lambda M \quad (17)$$

где μ_m - максимальная скорость роста бактерий; C - концентрация субстрата (нефтепродукта); K_s - коэффициент насыщения, имеющий размерность, аналогичную размерности субстрата, M - численность бактериального населения; λ - скорость отмирания клеток.

Таким образом, рост микробной популяции в единицу времени пропорционален величине концентрации нефти и зависит от количества лимитирующего субстрата, а убыль популяции происходит за счет естественной смертности микроорганизмов (рис.9).

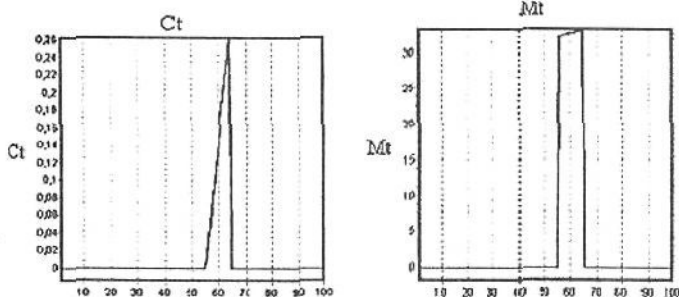


Рис.8. Зависимость количества нефти Ct и нефтеокисляющих бактерий Mt от времени в безразмерном виде

Концентрация нефти C изменяется во времени и зависит от численности популяции микроорганизмов M . Для описания этого процесса была использована модель Лотки-Вольтерра, учитывая ограниченность субстрата посредством уравнения (18):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\mu_m C}{C + K_s} M \quad (18)$$

где C - концентрация нефти; M - численность популяции бактерий.

В пятом разделе главы приводится характеристика изменения концентрации нефти в разливе в процессе жизнедеятельности микробного сообщества. Результаты численных расчетов свидетельствуют, что зависимость между количеством нефтеокисляющих бактерий M и концентрацией нефтяных углеводородов C может иметь вид (рис. 9).

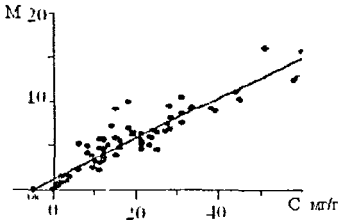


Рис 9 Зависимость численности M нефтеокисляющих бактерий от концентрации углеводородных загрязнений

Полученные соискателем данные согласуются с результатами других авторов. Так данные (Миронов О Г, 1985), свидетельствуют, что с увеличением концентрации нефтяных углеводородов удельное количество нефтеокисляющих бактерий M возрастает. Однако это возрастание ограничено некоторым максимальным уровнем M_{max} , который устанавливается при удельной массе нефти C в донных осадках, превышающей 60 - 80 мг/г.

На основании проведенных исследований соискателем дана сравнительная характеристика эффективности применения механических методов и методов биологической деструкции на береговой зоне акватории (табл 7)

Таблица 7

Рекомендованные методы очистки береговой зоны акватории Цемесской бухты

| Исследуемый участок береговой зоны | Рекомендованные методы очистки береговой зоны акватории |
|--|--|
| Северо-запад Суджукской косы Восточный мол - 7-я балка | Комплексирование механических методов очистки и методов биологической деструкции |
| Пос Рыбачий – Алексино, Алексино – Суджукская коса Суджукская коса – м Любви 7-ая балка – Шесхарис | Методы биологической деструкции |
| М Мысхако- пос Рыбачий Шесхарис – мыс Пенай | Комплексирование термических методов и методов биологической деструкции |

- на северо-западе Суджукской косы - Восточный мол - 7-ая балка на песчаных участках береговой зоны рекомендуется проводить комплексирование этих методов, причем методы биологической деструкции должны быть применены после удаления основной массы нефти с помощью механических способов,

- на участках пос Рыбачий – Алексино и Алексино – Суджукская коса, Суджукская коса – м Любви, м Любви, 7-ая балка – Шесхарис, покрытых мелко и средне-галечниковым материалом ввиду сложности применения дорожной техники и проникновением нефти в открытую структуру покрытия, методы биологической деструкции рекомендуется рассматривать как основной инструмент для устранения проникновения нефти в покрытие,

- на участках м Мысхако- пос Рыбачий и Шесхарис – мыс Пенай для очистки крупно-галечниковых участков и валунов методы биологической деструкции необходимо применять после обработки поверхности термическими и механическими методами,

- на участках Западного мола – всею внутреннего рейда акватории – Восточного мола очистка искусственных сооружений может быть проведена методами аналогичными с методами по очистке крупно-галечникового и валуниного материала термическими и механическими методами

Методы ликвидации антропогенного нефтяного загрязнения с помощью углеводородокисляющих микроорганизмов способствуют достижению хорошего результата по снижению содержания УВ без какого-либо ущерба для окружающей среды что является одним из главных условий при ликвидации углеводородных загрязнений на акватории

Заключение

Основным результатом работы является изучение техногенного загрязнения углеводородами акватории Цемесской бухты и выработка стратегии его ликвидации. При этом были решены следующие задачи:

1 Предложена комплексная модель природно-технической системы Цемесской бухты, представляющая собой открытую динамическую систему, в которой в качестве подсистемных элементов выступают геологические объемы верхней части литосферы изучаемой площади и источник воздействия, представленный морским транспортным комплексом

2 Исследованы закономерности динамики нефтяных разливов при техногенных авариях и произведен расчет переноса углеводородов после аварийного разлива нефти для Цемесской бухты. В зависимости от типовых гидрологических, метеорологических и геологических условий исследованы закономерности дрейфа и деструкции нефтяного пятна, где были спроектированы 8 наиболее типичных вариантов распространения УВ, место контакта нефти с линией берега и возможные последствия нефтяного загрязнения побережья Цемесской бухты

3 Проведено районирование береговой зоны Цемесской бухты по степени экологической опасности под влиянием поверхностного нефтяного загрязнения на основе комплексирования геологических методов и методов математического моделирования динамики распространения нефтяного пятна для изучаемой территории в результате чего прибрежная составляющая акватории Цемесской бухты ранжирована по степени восприимчивости к углеводородному загрязнению

4 Обоснован комплекс действий по определению ущерба водной и береговой составляющей природно-технической системе Цемесской бухты при антропогенном загрязнении углеводородами на основе "Методики определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах" (Минтопэнерго РФ, 1995 г)

5 Разработана прогностическая многомерная модель биологической деструкции нефтяных разливов на акватории и береговой линии Цемесской бухты, позволяющая проследить динамику уменьшения концентраций нефти в процессе жизнедеятельности микробного сообщества

6 Оценена эффективность различных берегозащитных мероприятий при устранении углеводородных загрязнений на изучаемой территории. Показано, что для природно-технической системы Цемесской бухты биологическая деструкция является наиболее эффективным и наиболее безопасным мероприятием с экологической точки зрения

Таким образом, геологическое изучение береговых отложений и совокупность программно-алгоритмических средств прогноза текущего загрязнения углеводородами акватории и прибрежной зоны позволило научно обосновать геозекологический мониторинг Цемесской бухты и берегозащитные мероприятия по устранению углеводородных загрязнений

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах

1 Панина О В Зависимость активности экзогенных процессов от петрофизических особенностей флишевых пород // Геологи XXI века Тез докл Всерос науч конф студентов, аспи и мол спец 25-27 марта 2002г -г Саратов, 2002, С 45-46

2 Панина О В Обоснование разработки математических моделей ликвидации нефтяных разливов с использованием биосорбентов // Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды Докл Междунар школы 15-18 сент 2003г - г Новороссийск, 2003, С 53-59

3 Дембицкий С И, Уртенов М Х, Панина О В, Шарипан М В Математическая модель биологической деструкции нефтяного загрязнения акваторий // Экологический вестник научных центров ЧЭС - 2004 - Геология, геофизика, экология С 48-54

4 Панина О В О влиянии углеводородных загрязнений на экологическую систему «Суша-море»// Экологический вестник научных центров ЧЭС - 2004 - Геология, геофизика, экология С 151-152

5 Дембицкий С И, Уртенев М Х, Панина О В, Шарпан М В. Mathematical model of biological distruction of pollution in view of carry and diffusion// University of Applied Sciences Wiesbaden December 2004 "Environmental Problems and Ecological Safety" 04 п л

6 Панина О В. Техногенное загрязнение углеводородами геозкосистемы Цемесской бухты и стратегия его ликвидации // Междунар конф «Проблемы геологии и освоения недр юга России» 5-8 сентября 2006г. Тез докл. –Ростов на Д. 2006. С 381-383

7 Панина О В. Зависимость интенсивности углеводородного загрязнения от геодинамической обстановки Цемесской бухты // Геонинжиниринг - 2006 -№2 -С 46-49

8 Панина О В. К исследованию геодинамической обстановки Цемесской бухты// Экологический вестник научных центров ЧЭС - 2006 -Приложение -С 129-130

9 Панина О В. Техногенное загрязнение углеводородами геозкосистемы Черного моря и стратегия его ликвидации // Вестник Астраханского государственного технического университета г Астрахань, 2006 -№5 С 56-60

10 Дембицкий С И, Уртенев М Х, Панина О В, Шарпан М В. Разработка математических моделей естественных и искусственных способов деструкции нефтяных разливов на акваториях и прибрежных зонах внутренних морей Азово-Черноморского бассейна. Труды закл конф грантодержателей рег конкурса РФФИ Краснодар 2005 С 3-5

11 Дембицкий С И, Уртенев М Х, Коноплев Ю В, Панина О В, Игнатов А М. Прогнозирование и мониторинг чрезвычайных ситуаций выбросов углеводородов при проведении буровых работ на морском шельфе. Груды закл конф грантодержателей рег конкурса РФФИ Краснодар 2006 С 51-53

ПАНИНА Ольга Владимировна

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПУТИ УСТРАНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ЦЕМЕССКОЙ БУХТЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Подписано в печать 17.04.07. Формат 60×84_{1/16}

Уч.-изд. л. 1,27. Усл. печ. т. 1,39

Бумага Maestro. Печать трафаретная.

Тираж 130 экз. Заказ № 7108

Тираж изготовлен в типографии ООО «Просвещение-ЮГ»
с оригинал-макета заказчика
350059 г. Краснодар, ул. Селазнева, 2. Тел./факс 239-68-31