

УДК 550.8

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЕПОИСКОВЫХ РАБОТ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ¹

Дембицкий С.И.², Панина О.В.³, Корнев А.А.⁴

GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL METHODS OF ASSESSMENT OF TECHNOGENIC IMPACT OF OIL PROSPECTING WORKS ON THE SEA AREAS' NATURAL ENVIRONMENT

Dembitskiy S.I.* , Panina O.V.* , Kornev A.A.**

* *Kuban State University, Krasnodar, Russia, e-mail: metodsearch@geol.kubsu.ru*

** *IngEcoGIS Ltd., Krasnodar, Russia*

Abstract: The modern methods of technogenic impact of oil prospecting works' assessment in water areas and Azov-Black Sea basin's coastal zones are described. Zoning of Tsemess Bay and Azov Sea's coasts by the degree of vulnerability to hydrocarbon pollutions was held, the reasonable coast-protecting measures were substantiated.

Keywords: oil exploration, technogenic pollution, sensitivities to hydrocarbon pollutions, zoning of the coastal zones, coast-protection measures.

Введение

В последние десятилетия антропогенная нагрузка на акватории и прибрежные зоны существенно возросла в связи с интенсификацией морской нефтедобычи в Центральной и Южной Америке, Северо-Западной Европе, на Ближнем и Среднем Востоке, в Азово-Черноморском бассейне, на шельфах о. Сахалин и Каспийского моря. Из всего перечня токсических веществ, попадающих в водную среду при нефтепоисковых работах в акваториях, наиболее опасными являются углеводородные загрязнения [1]. Отечественными и зарубежными исследователями установлены тенденции изменения в результате такой деятельности многочисленных биологических популяций, угроза жизнедеятельности живым организмам и растениям, разрушение природных экосистем [2, 3]. Выявлены и основные объекты, представляющие экологические угрозы для природно-технических систем акваторий, а именно, нефтепоисковые скважины, добычные комплексы, подводные трубопроводы, приемные и отгрузочные тер-

миналы, танкерный флот, портовые сооружения [4, 5].

Во время проведения нефтепоискового бурения, а также в ходе извлечения и первичной обработки нефти с каждой стационарной морской платформы в море зачастую сбрасываются различные загрязняющие отходы, основными из которых являются буровые растворы, шламы, пластовая вода, сырая нефть и т. п. Анализ токсичности буровых отходов также показал изменение условий существования экосистем акваторий — повышение мутности воды, заиливание дна, нарушение температурного режима вод и изменение их физико-химических параметров: pH, солености, электропроводности, окисляемости. Сброс в море, в составе буровых растворов и пластовых вод, высокотоксичных реагентов приводит к загрязнению водной среды и донных осадков тяжелыми металлами: ртутью, кадмием, свинцом, мышьяком, цинком и др.; поступление в воду сырой нефти и ее фракций, низкомолекулярных углеводородов, высокотоксичных, мутагенных и канцерогенных полиароматических углеводородов и органических кислот приводит к угро-

¹Работа выполнялась при поддержке грантов РФФИ (00-01-96026, 03-01-96511).

²Дембицкий Станислав Иосифович, д-р техн. наук, профессор кафедры геофизических методов поисков и разведки Кубанского государственного университета; e-mail: metodsearch@geol.kubsu.ru.

³Панина Ольга Владимировна, канд. геолог.-минерал. наук, доцент кафедры региональной и морской геологии Кубанского государственного университета; e-mail: Panina_Olga@inbox.ru.

⁴Корнев Алексей Александрович, научный сотрудник ООО «ИнжЭкоГис»; e-mail: metodsearch@geol.kubsu.ru.

зе жизнедеятельности живых организмов и растений, разрушению структуры природной экосистемы [1, 2].

Вместе с тем, несмотря на разработку ряда успешных практических решений по обеспечению экологической безопасности акваторий [5], чрезвычайные ситуации последних лет выявили серьезные недостатки в системе предупреждения и ликвидации таких загрязнений. Актуальными остаются вопросы поиска информативных, экспрессных методов оценки потенциальных УВ-загрязнений акваторий и прибрежных зон, обоснование стратегии берегозащитных мероприятий по бережиям. В настоящей работе авторы показывают возможности современного комплекса геолого-геофизических методов при исследовании динамики нефтяных загрязнений в акваториях Черного и Азовского морей и районировании прибрежных зон по степени чувствительности отложений к углеводородному загрязнению.

1. Методика исследований

Процессы деструкции УВ-загрязнений начинаются сразу же после попадания нефти в море, происходят одновременно с растеканием нефтяного пятна, в более существенных масштабах продолжают продолжаться во время переноса загрязнений под действием ветра и течений. Деструкция нефти включает испарение (60 %), микробное окисление (30 %), осаждение нефти на дно и образование эмульсии «нефть в воде» (по 15 %), растворение и фотоокисление (до 5–10 %) [6]. Достигнув берега, нефть налипают на береговые отложения и сооружения, накапливается толстой пленкой в приливно-отливной зоне, проникает между камнями на глубину до 1 м, смешиваясь с минеральными и растительными частицами, образует нефтяные «лепешки» и, отражаясь от берега, в некотором количестве остается на поверхности моря.

Реализованная авторами методика оценки техногенного воздействия нефтепоисковых работ на природную среду акваторий включает две подсистемы приемов исследований и оценок изменений природно-технических систем — «нефть в воде» и «нефть на суше» (рис. 1). В первой подсистеме, на основе параметров УВ-выбросов (объемов, времени и длительности выбросов), физико-химических характеристик нефтей

и их последующих трансформаций, гидрологических и гидрометеорологических условий осуществляется математическое моделирование динамики распространения и процессов естественной или искусственной биологической деструкции (разрушения) УВ-загрязнений [4, 7, 8], оценивается ущерб водной среде по методике [9]. В подсистеме «нефть на суше» геолого-геофизическими методами оценивается восприимчивость береговых отложений к антропогенному загрязнению, производится районирование береговой зоны и определяются необходимые берегозащитные мероприятия. Геологические наблюдения включают определение типа береговой линии (закрытый или эродированный берег, пляж, открытый мыс и др.), минерального состава морских и аллювиальных отложений, растительности, динамики волновых движений в прибойной зоне и т. п. Геофизические (петрофизические) исследования включают лабораторные определения физических параметров береговых отложений — гранулометрического состава, удельного веса, плотности, пористости, удельной поверхности и др. Определение физических параметров отложений побережья может производиться также полевыми геофизическими методами — электрометрией, радиометрией, георадарными исследованиями и др. [10].

Длительное время основным нормативным документом, на основании которого оценивается ущерб природной среде при нефтяных разливах, является «Методика определения ущерба окружающей среде при авариях на магистральных нефтепроводах» [9]. Согласно этим рекомендациям, антропогенное загрязнение УВ оценивается отдельно для земель, водных объектов и атмосферы.

Степень загрязнения земель, в рассматриваемом случае береговой зоны акваторий, оценивается количеством нефти M_6 , впитавшейся в грунт

$$M_6 = K_n \rho_n V_{вп}, \quad (1.1)$$

где K_n — нефтеемкость береговых отложений; ρ_n — плотность разлитой нефти (0,85–0,95 г/см³); $V_{вп}$ — объем впитавшейся в грунт нефти.

Нефтеемкость грунтов K_n обычно составляет от 0,38 (0,18) для плотных суглинков до 0,4 (0,2) для пористого торфяного грунта при влажности среды 20(60) %. Объем нефтена-



Рис. 1. Блок-схема методики оценки углеводородных загрязнений акваторий

сыщенного грунта $V_{гр}$ определяется как произведение $V_{гр} = F_{гр}h_{ср}$, где $F_{гр}$, $h_{ср}$ — площадь и средняя глубина пропитки грунта.

Степень загрязнения водной среды определяется массой M_B растворенной и эмульгированной нефти, попавшей в эту среду в результате аварийного разлива

$$M_B = 5,8 \cdot 10^{-3} M_p (C_n - C_\phi), \quad (1.2)$$

где M_p — масса нефти, разлитой по поверхности водного объекта; C_n — концентрация эмульсионного насыщения нефтью воды (для водоемов $C_n = 26 \text{ г/м}^3$); C_ϕ — фоновая концентрация УВ в водной среде (определяется лабораторными анализами воды вне зоны загрязнения). При расчете величины M_B учитывается масса M_p разлитой и $M_{собр}$ собранной нефти, претерпевшей в процессе ликвидации разливов физико-химические изменения (эмульгирование, выделение летучих компонент, осаждение нефти на дно).

Масса углеводородов $M_{ив}$, испарившихся в атмосферу с водного объекта, покрытого нефтяным загрязнением, определяется по формуле

$$M_{ив} = q_{ив} F_n \cdot 10^{-6}, \quad (1.3)$$

где $q_{ив}$ — удельная величина выбросов с 1 м^2 водной поверхности, покрытой нефтью (зависит от продолжительности испарения, толщины нефтяного слоя, температуры поверхности испарения); F_n — площадь водной поверхности, покрытой нефтяным разливом.

Общая же масса $M_{общ,загр.}$ углеводородов, загрязняющая природную среду в районе нефтяных разливов, определяется суммой загрязнения земель, водной среды и атмосферы

$$M_{общ,загр.} = M_б + M_B + M_{ив}. \quad (1.4)$$

Одним из эффективных приемов оценки экологической безопасности при ведении нефте-

поисковых работ в прибрежно-морских зонах акваторий можно считать интерактивные карты чувствительности Я.Ю. Блиновской [11]. В основе этих построений лежат связи между геоморфологией, строением и структурой отложений побережья и физическими процессами: погодными условиями, моментом, объемом и временем разлива УВ и др. Индекс чувствительности позволяет определить наиболее уязвимые и устойчивые к загрязнению зоны побережья и выбрать приоритетные участки для устранения загрязнений. Комплексная характеристика структуры побережья и его гидродинамических особенностей находят свое выражение в индексации побережья по десятибалльной шкале (I — минимальное, X — максимальное загрязнение), когда каждому участку береговой зоны присваивается собственный индекс чувствительности. В зарубежной практике используется аналогичная классификация побережий по индексам экологической чувствительности (ESI) к УВ-загрязнениям.

Наиболее информативным современным приемом исследования УВ-загрязнений акваторий является математическое моделирование динамики и деструкции нефтяных разливов [4, 7, 8]. При таком моделировании процесс загрязнения природной среды описывается 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 расчетах 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 учитываются кинематические характеристики поверхностного течения; сведения о направлении и силе ветра; сведения о волнении моря; сведения о геоморфологии береговой линии, определяющей ее «поглощающую способность»; координаты и источники 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:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_i}{\partial t} + u \frac{\partial C_i}{\partial x} + v \frac{\partial C_i}{\partial y} + w \frac{\partial C_i}{\partial z} - K_x \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} - \\ - K_y \frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2} - \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial C_i}{\partial z} + F(C_i, R_j) = 0, \end{aligned} \quad (1.5)$$

где $C_i(x, y, z, t)$ — концентрация загрязнения, мг/м²; x, y, z — декартовы координаты текущей точки, м; t — время, с; u, v, w — компоненты вектора скорости поверхностного течения, м/с, удовлетворяющего уравнению неразрывности

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \quad (1.6)$$

K_x, K_y — коэффициенты турбулентной диффузии в плоскости (x, y) , м²/с; K_z — коэффициент вертикальной диффузии, м²/с; $F(C_i, R_j)$ — 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 прилипание нефти, тогда соответствующие граничные условия задаются в виде

$$\left. \frac{\partial C_i}{\partial n} \right|_{\Gamma_1} = p C_i, \quad (1.7)$$

где n — нормаль к границе Γ_1 ; p — коэффициент прилипания нефтепродуктов к берегу, зависящий в общем случае от координат, $0 \leq p \leq 1$. Если $p(x_\delta, y_\delta) = 1$, то условие (1.7) описывает полное поглощение нефти берегом в точке (x_δ, y_δ) ; если $p(x_\delta, y_\delta) = 0$, то условие (1.7) называют условием непротекания, и оно означает полное отражение нефти в точке (x_δ, y_δ) . Для свободной водной границы рассматриваемого района граничные условия в уравнении (1.5) записываются в виде

$$C_i(x, y, z, t)|_{\Gamma_2} = 0. \quad (1.8)$$

В результате исследований оцениваются время достижения загрязнений побережья, степень уязвимости береговых зон к углеводородным загрязнениям, целесообразные берегозащитные мероприятия. спосо-

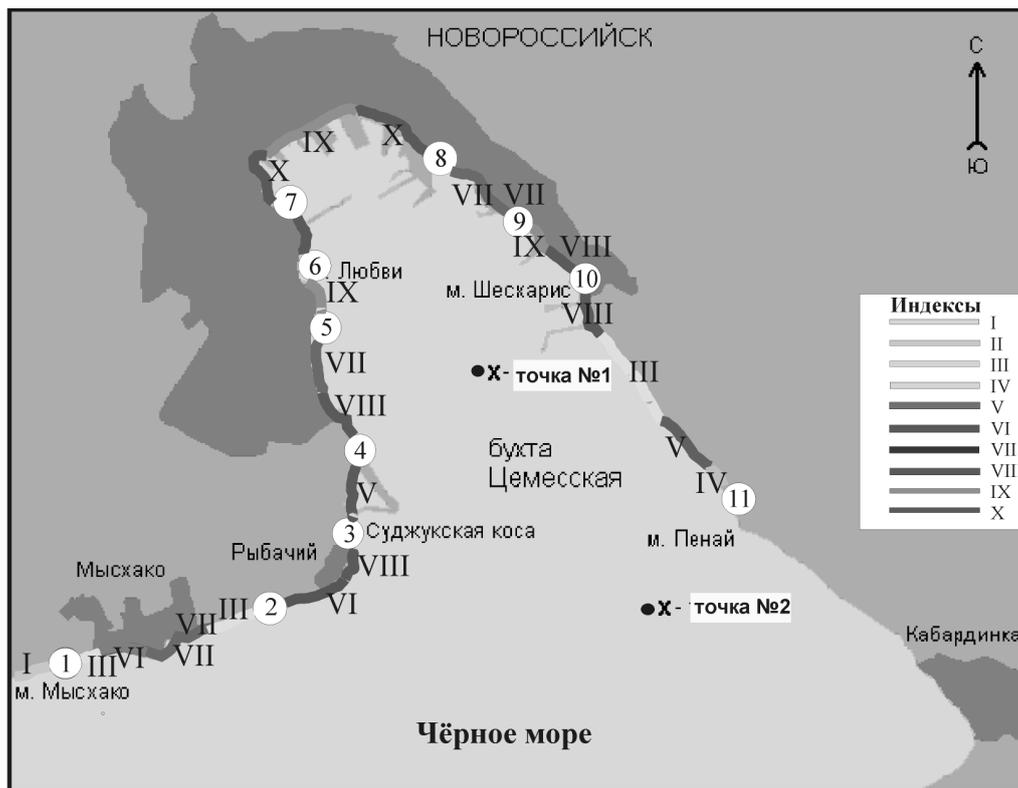


Рис. 2. Районирование побережья Цемесской бухты по степени УВ-уязвимости

бы ликвидации нефтяных загрязнений общеизвестны, это локализация разлива бо-нами и сорбционными плавсредствами; механический сбор скиммерами, насосами, сорбентами-плавсредствами; химическая и физико-химическая обработка дисперсантами, эмульгаторами, дэмульгаторами; биологическая обработка препаратами на основе УВ-окисляющих микроорганизмов.

2. Углеводородные загрязнения Цемесской бухты [8, 12, 13]

Береговая зона и дно Цемесской бухты сложены флишевыми отложениями верхнего мела Новороссийского синклинория. Береговая зона от пос. Мысхако до щели Вербовой представлена чередованием известковых мергелей, известняков, песчаников и алевролитов свиты мысхако (K_2ms). Внутренний рейд акватории сложен породами куниковской свиты (K_2kn) и представлен переслаиванием глинистых мергелей, известняков и алевролитов. Восточная часть внешнего рейда акватории бухты сложена породами бединовской свиты (K_2bd) — переслаиванием мергелей, известняков, песчани-

ков и алевролитов. Наибольшую плотность, до $2,58 \text{ г/см}^3$, имеют породы восточной части внешнего рейда акватории, наименьшую плотность и максимальную пористость, соответственно $2,29 \text{ г/см}^3$ и 15 %, имеют отложения береговой зоны от пос. Мысхако до щ. Вербовой. Проницаемость отложений береговой зоны низкая — от 5 до 12,7 мДс, нефтеемкость K_n от 0,2 до 0,3. Районирование побережья Цемесской бухты по комплексу геолого-геофизических характеристик приведено на рис. 2 и в табл. 1.

Авторами, за период с 1997 г. по 2003 г., были рассмотрены 109 случаев УВ-выбросов в акваторию бухты, характеристика некоторых из которых и оценка ущерба природной среде проведена в табл. 2. Были спрогнозированы 2 наиболее типичных варианта дрейфа и деструкции нефтяных разливов в зависимости от координат и объемов УВ выбросов, состава нефтей, гидрологических, метеорологических и геолого-геоморфологических условий Цемесской бухты (табл. 3).

При северо-восточном ветре, после аварийного разлива нефти в точке № 1 (удаление от берега 2,3 км) загрязнению может быть подвержен западный берег бухты, от

Таблица 1. Районирование побережья Цемесской бухты по составу морских и аллювиальных отложений

№ участка	Положение участка	Гранулогическая характеристика	Минералогический состав
1–2	м. Мысхако – пос. Рыбачий	Крупногалечниковый и глыбовый от 0,08 до 0,15 м	Известняк и известковый мергель
2–3	пос. Рыбачий – Алексино	Среднегалечниковый от 0,04 до 0,06 м	Известняк и известковый мергель
3–4	Алексино – Суджукская коса	Галечниковый от 0,04 до 0,06 м, мелкогалечниковый от 0,002 до 0,004 м, песчаные крупнозернистые фракции от 0,0005 до 0,001 м	Известняки, песчанистые мергели
4–5	Суджукская коса – м. Любви	Галечниковый 0,04 до 0,06 м и крупногалечниковый	Известняки, темно-серые песчанистые мергели
5–6	м. Любви – городской пляж	Галечниковый от 0,02 до 0,06 м, песчаные крупнозернистые фракции от 0,0005 до 0,001 м	Темно-серые мергели, известняки
6–7	пляж – Западный мол порта	Щебнистый, мелко- и среднегалечниковый от 0,03 до 0,08 м	Глинистые мергели, известняки
7–8	Западный мол – Восточный мол	Галечниковый 0,04 до 0,06 м и крупногалечниковый	Темно-серые мергели, известняки
8–9	Восточный мол – 7-я балка	Песчано-галечниковый от 0,001 до 0,02 м	Темно-серые мергели, известняки
9–10	7-я балка – Шесхарис	Мелко и среднегалечниковый от 0,02 до 0,06 м	Известковые мергели, известняки
10–11	Шесхарис – мыс Пенай	Крупногалечниковый и глыбовый от 0,06 до 0,18 м	Известняки, светло-серые мергели

Таблица 2. УВ-загрязненность и ущерб акватории Цемесской бухты

№ пп	Дата выбросов	Характер выбросов	Масса выбросов, т	Загрязнение берега М _б , т	Загрязнение водной среды М _в , т
1	29.04.97	Льяльные воды	0,1	0,003	0,015
2	28.05.97	Нефть	497	13,41	74,55
3	28.09.97	Льяльные воды	0,2	0,005	0,03
4	09.02.98	Нефть	25	0,675	3,75
5	29.03.98	Диз. топливо	0,2	0,005	0,03
6	12.01.99	Нефть	200	5,4	30
7	04.09.03	Нефть	20	0,54	3
8	07.05.03	Диз. топливо	0,5	0,015	0,083

Таблица 3. Сезонный перенос УВ-загрязнений в Цемесской бухте

Ветер		Перенос пятна нефти			
Направление движения ветра	Скорость ветра V_w , м/с	Направление переноса нефтяного пятна	Скорость переноса нефтяного пятна V_z , м/с	Участок берега	Время дрейфа, 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

Суджукской косы до мыса Любви, а после аварийного разлива в точке № 2 (удаление от берега 2,6 км) — 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 крупногалечниковым материалом, нефть проникает глубоко и образует погребенные слои, а при больших скоплениях нефти может сформироваться твердое асфальтовое покрытие.

Развитие ситуаций после аварийных разливов нефти на акватории Цемесской бухты при южном и юго-восточном ветре представляется наиболее опасным, поскольку происходит ветровой 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.

3. Углеводородная уязвимость береговых зон Азовского моря [14–16]

По классификации А.С. Ионина, П.А. Каплина, В.С. Медведева (1961) и данным В.А. Мамыкиной (1977, 1986), побережья Азовского моря входят в группу равнинных, сложенных толщей рыхлых четвертичных отложений с долинным и овражнобалочным рельефом, и отнесены к типу «лиманных», в пределах которых наиболее распространены абразионно-бухтовый тип берега. Общая протяженность береговой линии — 2686 км, коэффициент извилистости составляет 3,84, что определяется обширностью береговой линии лиманов, мысов и кос. Аккумулятивные формы и разделяющие их участки коренного берега — это особенность геоморфологии водоема, позволяющая выделить области побережий — северного, западного, южного и восточного берега, обладающие внутренним единством.

Обобщенная геолого-морфологическая характеристика, чувствительность и районирование соответствующих участков береговой зоны Азовского моря к УВ-загрязнениям приведены на рис. 3 и в табл. 4. Как следует из этих данных, большинство участков бере-

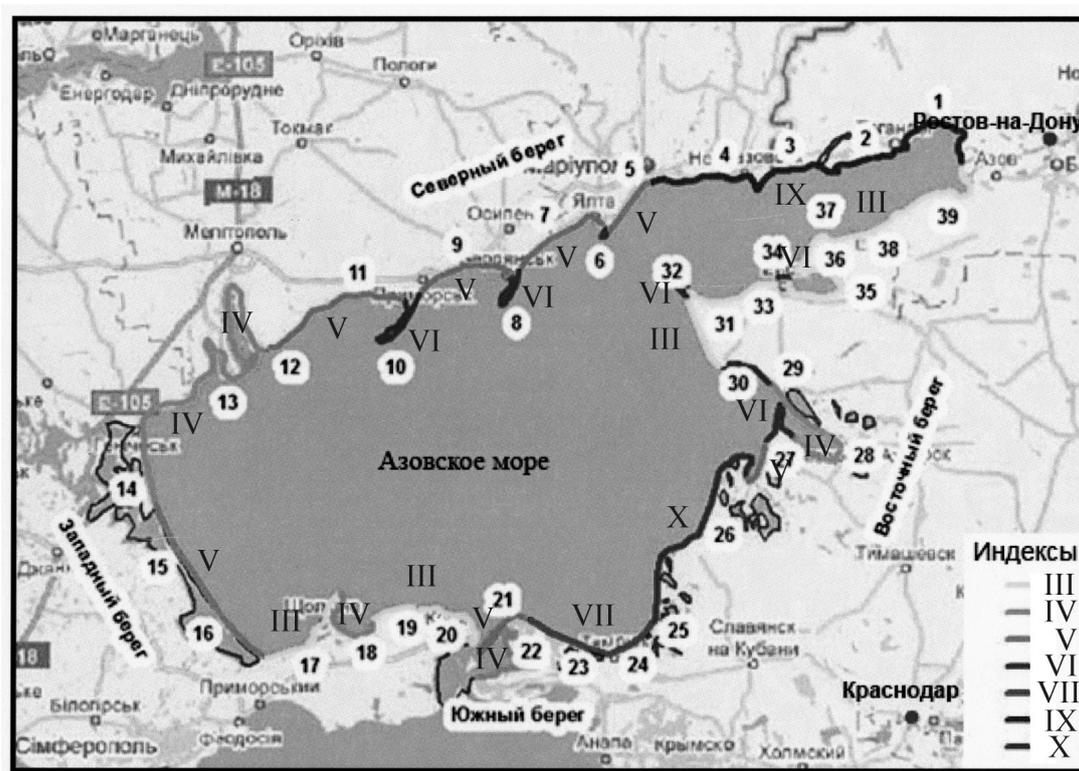


Рис. 3. Районирование побережья Азовского моря по степени УВ-уязвимости

говой зоны имеют индексы чувствительности III–V, на долю которых приходится наибольшая протяженность побережья — 1991,9 км. На долю чрезвычайно уязвимых участков с индексами IX и X приходится 279,2 км береговой линии. Наиболее протяженные экологически уязвимые участки побережья Азовского моря расположены между Кучугурским участком и Приморско-Ахтарским.

Выявив на карте участки береговой зоны различной чувствительности, можно рекомендовать оптимальные способы ликвидации углеводородных загрязнений: механические, физические и химико-биологические методы. Так, на берегах, характеризующихся невысокой чувствительностью (индексы I и II), в случае загрязнения сырой нефтью или мазутом, наиболее оптимальны технологии смывания. Для берегов, представленных индексами III и IV (песчаные побережья), подходит механическая уборка, просеивание, а при локальных разливах – выемка. Берега, оцененные индексами VI и выше, рекомендуется обрабатывать органическими сорбентами.

Динамика дрейфа УВ-загрязнений в Азовском море смоделирована в 3 точках

возможного заложения нефтепромысловых скважин. Скважины № 1, 2 выбраны на лицензионном участке ПК «Приазовнефть» в 5–10 км от побережья, скважина № 3 выбрана на лицензионном участке ЗАО «Черноморнефтегаз» на удалении 40–60 км от берега. Нефтяное загрязнение представлено залповым выбросом УВ объемом до 1 м³. В табл. 5 указано расчетное время достижения УВ-загрязнений береговой линии при гидрометеорологических условиях района в летний период. Как следует из этих данных, даже при столь незначительных выбросах УВ загрязнение со скважин № 1, 2 может достичь берега в течение нескольких часов; при удалении скважины № 3 такое загрязнение достигает берега через несколько суток. Эти данные показывают, что для принятия оперативных решений по ликвидации УВ-загрязнений у природоохранных организаций имеется крайне ограниченный срок.

Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Таблица 4. Геолого-морфологическая характеристика и индексы чувствительности береговой зоны Азовского моря к УВ-загрязнениям

Индексы чувствительности	Тип берега	Характеристика УВ-загрязнений, рекомендуемые способы их ликвидации
I	Открытые выходы непроницаемых коренных пород	Грунт непроницаем, естественные процессы способствуют быстрому удалению нефти. Уборка нефти не требуется.
II	Скально-глыбовые развалы	Нефть удаляется естественным путем, уборка загрязненных обломков.
III	Мелкопесчаные пляжи	Степень проникновения нефти невысокая. Уборка упрощена наличием плотного грунта.
IV	Крупнопесчаные и мелкодетритовые пляжи	Уборка затруднена в связи с большой подвижностью осадков. Высокая степень проникновения и захоронения нефти.
V	Песчано-гравийные и песчано-ракушняковые пляжи	Высокая УВ-проницаемость, разрушение поверхностного слоя во время уборки.
VI	Ракушняковые, гравийные и щебнистые пляжи	Глубокое просачивание нефти, естественные процессы удаления УВ-загрязнений замедлены. Удаление загрязненного грунта крайне нежелательно.
VII	Осыхающие отмели	Осадки насыщены водой, низкая степень проникновения нефти. При сухом побережье степень проникновения нефти высока. Нефть плохо закрепляется или просачивается, попадая на плотные, водонасыщенные отложения песка. Уборка нефти затруднена из-за смешивания нефти с песком.
VIII	Закрытые песчано-детритовые, ракушняковые, галечные пляжи, скально-глыбовые развалы и антропогенные сооружения	Разлитая нефть покрывает поверхности горной породы в защищенных местах и может сохраняться на них долгое время. Уборка этих береговых зон всегда трудоемкая и может оказать негативное воздействие на биологические сообщества.
IX	Защищенный осыхающий берег лиманов	Отложения насыщены водой, обычны заросли водной растительности. Степень естественной очистки низкая. Уборка нефти приводит к перемешиванию с илом.
X	Зарастающие, заболоченные земли лиманов и плавней	Очистка затруднена из-за труднопроходимости и вследствие высокой степени проникновения нефти вглубь лиманов и плавней.

1. Основным фактором техногенного воздействия нефтепоисковых работ на природную среду морских акваторий являются потенциальные углеводородные загрязнения, сопутствующие бурению нефтепоисковых скважин, добыче и транспортировке углеводородного сырья.

2. Разработанные геолого-геофизические методы характеристики динамики распространения и деструкции нефтяных загрязнений в морских акваториях существенно дополняют и расширяют информационные возможности традиционных гидрохимических, гидродинамических, биологических и прочих методов оценки влияния техногенных загрязнений на природно-технические системы акваторий и побережий.

3. Компьютерные технологии моделирования потенциальных УВ-загрязнений в

акваториях предоставляют исследователям возможность отслеживания траекторий перемещения нефтяных пятен и изменения их пространственных характеристик, оценки влияния процессов деструкции на концентрацию УВ-загрязнений, определение района и времени предстоящего контакта нефтяного пятна с береговой линией.

4. Районирование береговых зон акваторий по степени чувствительности к УВ-загрязнениям с учетом процессов конвективного переноса, диффузии, испарения, микробиологического разложения, седиментации и геолого-геофизическим характеристикам береговых отложений позволяет природоохранным службам определить наиболее эффективные способы и технические средства устранения нефтяных загрязнений.

Таблица 5. Время достижения береговой зоны Азовского моря при залповом выбросе углеводородов, час

№№ скважин и их местоположение	Удаление от береговой линии, км	Скорость ветра, м/с	
		8	20
Скважина № 1 Ахтанизовский участок	15	7	3
Петрушинский участок	10	5	2
Скважина № 2 Перекопский участок	5	2	1
Скважина № 3 Ачуевский участок	60	43	17
Коса Должанская	40	26	10

Литература

1. Герлах С.А. Загрязнение морей. Диагностика и терапия. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 263 с.
2. Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря / Гл. ред. И.Ф. Глумов, М.В. Кочетков. М.: Недра, 1996. 502 с.
3. Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Бердников С.В., Дженежук С.Л. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море. М.: Наука, 2006. 304 с.
4. Дембицкий С.И., Ларионов А.В., Уртенев М.Х. Математические модели динамики и деструкции нефтяного slicka на акватории моря. Краснодар: КубГУ, 2005. 71 с.
5. Конев Ю.В., Елецкий Б.Д., Воловик С.П. Проблема устойчивого развития Российского Азово-Черноморья в условиях интенсификации нефтегазового комплекса // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2006. № 9. С. 5–12.
6. Нунупаров С.М. Предотвращение загрязнения моря с судов. М.: Транспорт, 1985. 287 с.
7. Ларионов А.В. Математическое моделирование динамики нефтяного slicka с учетом деструкции нефти в прибрежной зоне Черного моря. Дис. ... канд. физ.-мат. наук. КубГУ, Краснодар, 2009. 142 с.
8. Панина О.В. Моделирование и пути устранения углеводородного загрязнения природно-технической системы Цемесской бухты Черного моря: Дис. ... канд. геол.-минерал. наук. ЮФУ, Ростов-на-Дону, 2007. 171 с.
9. Методика определения ущерба окружающей среде при авариях на магистральных нефтепроводах. Утв. Минтопэнерго РФ 01.11.1995 г. 63 с.
10. Богословский В.А., Жигалин А.Д., Хмелевской В.К. Экологическая геофизика. М., Изд-во Моск. Ун-та, 2000. 254 с.
11. Блиновская Я.Ю. Карты чувствительности к нефтяному загрязнению береговой зоны Охотского моря // Геодезия и картография. 2005. № 4. С. 49–53.
12. Дембицкий С.И., Ларионов А.В., Уртенев М.Х. О некоторых результатах моделирования переноса нефтяного загрязнения в прибрежной зоне моря с учетом влияния процесса испарения нефти // Известия вузов. Сев.-Кавказ. регион. Естественные науки. 2010, № 2. С. 92–95.
13. Панина О.В. Техногенное загрязнение углеводородами геоэкосистемы Черного моря и стратегия его ликвидации // Вестник Астраханского гос. тех. университета. 2006. № 5. С. 56–60.
14. Дембицкий С.И., Корнев А.А. Оценка экологической безопасности береговой зоны Азовского моря к углеводородному загрязнению // Геология, география и глобальная энергия. 2012. № 2 (45). С. 188–194.
15. Корнев А.А. Моделирование чрезвычайных ситуаций выбросов углеводородов при разведке и освоении месторождений нефти и газа на континентальном шельфе // Геоинженеринг. 2009. № 1 (7). С. 62–66.
16. Корнев А.А., Дембицкий С.И., Уртенев М.Х. Математическое моделирование процесса деструкции нефтяного загрязнения в Азовском море // Георесурсы. 2010. № 2 (34). С. 31–35.
17. and natural processes of self-purification of the Near-Caucasian zone of the Black sea]. Moscow, Nedra Publ., 1996, 502 p. (In Russian)
18. Matishov G.G., Gargopa Ju.M., Berdnikov S.V., Dzenijuk S.L. *Zakonomernosti jekosistemnyh processov v Azovskom more* [Regularities of ecosystem processes in the Sea of Azov]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 304 p. (In Russian)
19. Dembickij S.I., Larionov A.V., Urtenov

References

1. Gerlah S.A. *Zagrjaznenie morej. Diagnostika i terapija* [Marine pollution. Diagnosis and Therapy]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1985, 263 p. (In Russian)
2. Glumov I.F., Kochetkov M.V. (Eds.) *Tehnogennoe zagrjaznenie i processy estestvennogo samoochishhenija Prikavkazskoj zony Chernogo morja* [Technogenic pollution

- M.Kh. *Matematicheskie modeli dinamiki i destruccioi neftjanogo slika na akvatorii morja* [Mathematical model of the dynamics and destruction of the oil slick on the sea]. Krasnodar, KubSU Publ., 2005, 71 p. (In Russian)
5. Konev Ju.V., Eleckij B.D., Volovik S.P. Problema ustojchivogo razvitija Rossijskogo Azovo-Chernomor'ja v uslovijah intensivacii neftegazovogo kompleksa [The problem of sustainable development of the Russian Azov-black sea region in the conditions of intensification of oil and gas complex]. *Zashhita okružhajushhej sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental protection in the oil and gas industry], 2006, no. 9, pp. 5–12. (In Russian)
 6. Nunuparov S.M. *Predotvrashhenie zagrjaznenija morja s sudov* [Prevention of pollution from ships]. Moscow, Transport Publ., 1985, 287 p. (In Russian)
 7. Larionov A.V. *Matematicheskoe modelirovanie dinamiki neftjanogo slika s uchetom destruccioi nefti v pribrezhnoj zone Chernogo morja. Dis. kand. fiz.-mat. nauk* [Mathematical modeling of dynamics of the oil slick with regard to the destruction of oil in the coastal zone of the Black sea. Cand. dissertation]. Krasnodar, KubSU Publ., 2009, 142 p. (In Russian)
 8. Pанина О.В. *Modelirovanie i puti ustraneniya uglevodorodnogo zagrjaznenija prirodno-technicheskoi sistemy Cemesskoj buhty Chernogo morja. Dis. kand. geol.-mineral. nauk* [Simulation and solutions of hydrocarbon contamination of natural-technical systems of the Tsemesskaya Bay of the Black sea. Cand. dissertation]. Rostov-on-Don, SFU Publ., 2007, 171 p. (In Russian)
 9. *Metodika opredelenija ushherba okružhajushhej sredy pri avarijah na magistral'nyh nefteprovodah* [The technique of definition of damage to the environment in case of accidents on main oil pipelines]. Moscow, Mintopjenergo RF Publ., 1995, 63 p. (In Russian)
 10. Bogoslovskij V.A., Zhigalin A.D., Hmelevskoj V.K. *Jekologičeskaja geofizika* [Environmental Geophysics]. Moscow, MSU Publ., 2000, 254 p. (In Russian)
 11. Blinovskaja Ja.Ju. Karty čuvstvitel'nosti k neftjanomu zagrjazneniju beregovoj zony Ohotskogo morja [Map of sensitivity to oil pollution of the coastal zone of the sea of Okhotsk]. *Geodezija i kartografija* [Geodesy and Cartography], 2005, no. 4, pp. 49–53. (In Russian)
 12. Dembickij S.I., Larionov A.V., Urtenov M.H. O nekotoryh rezul'tatah modelirovanija perenosа neftjanogo zagrjaznenija v pribrezhnoj zone morja s uchetom vlijanija processа isparenija nefti [About some results of simulation of transfer of oil pollution in the coastal zone of the sea with regard to the influence of the evaporation process oil]. *Izvestija vuzov. Sev.-Kavkaz. region. Estestvennye nauki* [Proc. of the Universities. North-Caucasus Region. Natural Sciences], 2010, no. 2, pp. 92–95. (In Russian)
 13. Pанина О.В. Tehnogennoe zagrjaznenie uglevodorodami geojekosistemy Chernogo morja i strategija ego likvidacii [Technogenic contamination by hydrocarbons geoecosystem Black sea and the strategy of its liquidation]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University], 2006, no. 5, pp. 56–60. (In Russian)
 14. Dembickij S.I., Kornev A.A. Ocenka jekologičeskoi bezopasnosti beregovoj zony Azovskogo morja k uglevodorodnomu zagrjazneniju [Assessment of environmental safety of the coastal zone of the Azov sea to hydrocarbon pollution]. *Geologija, geografija i global'naja jenergija* [Geology, geography and global energy], 2012, vol. 45, no. 2, pp. 188–194. (In Russian)
 15. Kornev A.A. Modelirovanie chrezvychajnyh situacij vybrosov uglevodorodov pri razvedke i osvoenii mestorozhdenij nefti i gaza na kontinental'nom shel'fe [Simulation of emergency situations of hydrocarbon emissions in the exploration and development of oil and gas fields on the continental shelf]. *Geoinženering* [Geoinženering], 2009, vol. 7, no. 1, pp. 62–66. (In Russian)
 16. Kornev A.A., Dembickij S.I., Urtenov M.H. Matematicheskoe modelirovanie processа destruccioi neftjanogo zagrjaznenija v Azovskom more [Mathematical modeling of the process of destruction of the oil pollution in the sea of Azov]. *Georesursy* [Georesources], 2010, vol. 34, no. 2, pp. 31–35. (In Russian)