



А.Ш.Мехтиев, А.К.Гюль ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

А.Ш.Мехтиев
А.К.Гюль



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА

А.Ш.МЕХТИЕВ

А.К.ГЮЛЬ

**ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ
КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

Баку – «Элм» – 2006

*Печатается по решению Отделения
Наук о Земле НАН Азербайджана*

Научный редактор:

*академик НАН Азербайджана, доктор
географических наук, профессор Б.А.БУДАГОВ*

Рецензенты:

*доктор географических наук,
профессор А.Н.КОСАРЕВ
(МГУ им.Ломоносова)
доктор геолого-минералогических
наук, профессор Ф.Г.ДАДАШЕВ
(Институт Геологии НАНА)*

А.Ш.МЕХТИЕВ, академик, доктор физ.-мат. наук, профессор
А.К.ГЮЛЬ, доктор технических наук

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Баку: «Элм», 2006. – 180 с.

ISBN 5-8066-1772-4

В книге приведены результаты наблюдений за экологическим состоянием природной среды Каспия в период подъема его уровня (1976-1995 гг.). Определен большой объем значений гидрохимических показателей качества вод, а также состава и физических свойств донных отложений. Изучена их изменчивость во времени и пространстве, а также роль рек, гидрометеорологических, гидробиологических и литологических факторов в загрязнении моря. Дана схема экологического районирования водоема по техногенно-природной приуроченности загрязняющих веществ.

Прилагается подробный перечень и библиография работ, связанных с исследованием проблемы загрязнения Каспия.

Монография представляет интерес для экологов-океанологов, гидрохимиков, геологов, географов-гидрометеорологов.

Табл. 38, илл. 37, библиогр. 142.

М $\frac{1801000000}{655(07) - 2006}$

© Издательство «Элм», 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Введение	6
Глава 1. Изученность проблемы	10
Глава 2. Природно-техногенные условия Каспия	22
2.1. Физико-географический очерк.....	22
2.2. Экологическое состояние	28
2.3. Гидрохимические показатели качества вод	34
2.4. Роль рек в загрязнении Каспия.....	40
Глава 3. Гидрометеорологические особенности загрязнения и динамики нефтяных разливов по данным аэрофотосъемки	49
3.1. Влияние ветров и волнения на загрязнение моря.....	49
3.2. Роль течений в загрязнении Каспия.....	56
3.3. Динамика нефтяных пятен Каспийского моря	65
3.4. Сезонные особенности загрязнения водоема.....	72
Глава 4. Загрязнение грунтов Каспийского моря.....	82
Глава 5. Гидробиологические аспекты загрязнения Каспия	106
Глава 6. Временная изменчивость показателей загрязнения моря.....	122
6.1. Межгодовая динамика характеристик загрязнения водоема.....	122
6.2. Самоочищение акватории.....	127
Глава 7. Экологическое районирование Каспия и классификация загрязненных акваторий.....	135
7.1. Экологическое районирование Каспия	135
7.2. Классификация загрязненных морских акваторий.....	144
Заключение	148
Литература.....	152
Приложение.....	162

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вторая половина XX в. отличалась особым вниманием к исследованию экологических проблем Мирового Океана, а также его составной части Каспийского моря. Водоем последнего всегда являлся незаменимым объектом для решения, как научных, так и практических задач, связанных с изучением вопросов техногенного загрязнения морской среды в результате хозяйственной деятельности человека.

В Советском Союзе важная роль в этом отношении принадлежала Госкомгидромету, осуществлявшему в течение ряда десятилетий минувшего века мониторинг экологического состояния акватории Каспия. Результаты проводившихся наблюдений дополнялись данными ЦСУ страны о количестве загрязняющих веществ сбрасываемых с территорий прибрежных государств. В Азербайджане значительные работы в этой области проводились в системе Каспводнадзора и Каспморниипроекте.

Изучением экологических проблем Каспийского моря активно занимались также в Институтах океанологии, океанографии (Россия), зоологии, физиологии, географии, геологии (НАН Азербайджана) и других учреждениях региона соответствующего профиля. Координаторами всех исследований перечисленных организаций являлись Научные советы по проблемам Каспия АН Советского Союза и Азербайджанской Республики. В последние годы производились также эпизодические гидрологические съемки акватории Каспийского моря с применением совместных приводных и аэрокосмических средств наблюдения.

Результаты многолетнего мониторинга состояния моря нашли отражение в гидрохимических и гидробиологических бюллетенях и ежегодниках качества вод, большом числе научных отчетов и публикации.

В конце 70-х годов прошедшего века в НАН Азербайджана

был организован Институт Космических Исследований Природных ресурсов (ИКИПР) с целью разработки и использования дистанционных методов изучения загрязнения окружающей среды в том числе и морской среды. Наряду с традиционными, трудоемкими судовыми наблюдениями (часто невозможных в условиях штормового Каспия) предполагалось проведение непрерывного мониторинга экологического состояния природной среды водоема использование космической информации, современной автоматизированной аппаратуры и сети буйковых станций со сбросом полученной информации в единый центр для последующей дешифровки и интерпретации результатов.

Однако, после развала Советского Союза и единой системы Госкомгидромета, прекратился регулярный контроль качества вод всей акватории. Промышленный спад в регионе привел к тому, что проводилось крайне ограниченно число локальных измерений отдельными организациями и иностранными компаниями. Отсутствия соглашения о статусе Каспия между пятью прикаспийскими странами также не способствовало возобновлению масштабных исследований состояния Каспийского моря.

Перечисленные обстоятельства, а также необходимость обобщения полученных во второй половине XX столетия результатов по изучению загрязнения Каспийского моря послужили причиной подготовки предлагаемой книги.

Авторы сознают, что режим загрязнения акватории подвержен значительной изменчивости в силу различных техногенных и естественных причин и ко времени издания монографии объемы поступающих в море загрязняющих веществ могут оказаться несколько иными. Однако, выявленные закономерности их распределения во времени и пространстве водоема, несомненно, останутся теми же.

Авторы надеются, что накопленные ими данные многолетних исследований послужат исходным материалом при возобновлении мониторинга экологического состояния Каспийского Моря.

В заключение они считают необходимым выразить свою признательность рецензентам – Косареву А.Н. – д.г.н. профессору (МГУ им Ломоносова) и Дадашеву Ф.Г. – д.г. – м.н. профессору (Ин-т геологии НАН Азербайджана). Их критические замечания и пожелания были учтены при составлении настоящей книги.

ВВЕДЕНИЕ

Вторая половина XX в. характеризовалась быстрым ростом внимания к изучению Мирового океана, в том числе проблемы загрязнения Каспия.

Особая роль в решении этого вопроса принадлежала Госкомгидромету СССР, осуществлявшему в течение последних десятилетий минувшего века круглогодичный мониторинг состояния водной среды моря.

Полученные результаты дополнялись данными ЦСУ СССР о загрязненных стоках на акваторию, наблюдениями Каспводнадзора, изысканиями Каспморниипроекта.

Координатором всех научно-исследовательских работ являлись Научные Советы по проблемам Каспийского моря АН СССР и Азербайджана, проводившие также эпизодически комплексные гидрологические съемки, как приводными, так и аэрокосмическими средствами.

Весь объем работ в рассматриваемой области поддерживался природоохранным законодательством страны, единого хозяина почти 90% площади этого водоема. Более того, еще в 1975 г. на базе Сектора Проблем Каспийского моря ИГАН Азерб.ССР (СПКМ) был открыт ИКИПР (Институт космических исследований природных ресурсов), в задачу которого входила разработка методов дистанционного зондирования морской среды.

В результате предполагалась замена традиционных, трудоемких, судовых наблюдений (часто невозможных в условиях штормового Каспия) современными автоматизированными средствами со спутников и сети буйковых станций.

Намечался сброс полученной информации в единый центр для последующей дешифровки и интерпретации, как итог непрерывного мониторинга экологии водоема.

С ликвидацией Союза и промышленным спадом в регионе разрушилась также система Госкомгидромета, прекратился всеобщий контроль за состоянием акватории за исключением случайных и не показательных наблюдений отдельных учреждений и иностранных компаний. В то же время пять прибрежных стран заняты бесконечным спором по поводу статуса Каспия, невзирая

на срочную необходимость охраны природной среды водоема, хотя бы на межгосударственной основе.

Перечисленные обстоятельства послужили причиной представления этой монографии, как итога обобщения натурного материала, полученного в Каспийском море во второй половине XX столетия. Авторы сознают, что режим загрязнения акватории подвержен значительной изменчивости в силу различных техногенных и естественных причин.

В связи с чем с течением времени некоторые величины загрязняющих веществ могут оказаться несколько иными. Однако выявленные при этом закономерности, несомненно, останутся теми же.

Техногенное загрязнение вод является одной из важнейших экологических проблем Мирового океана. Его причина – непомерный сток масс химических веществ в виде промышленных, бытовых и сельскохозяйственных отходов.

При этом, к наиболее распространенным загрязнителям относятся нефтяные углеводороды. Судя по литературным данным, их потери в Мировом океане составляют более 10 млн. тонн ежегодно [37]. Как следствие – гибель гидрофлоры и фауны, экологические катастрофы, случающиеся в прибрежных районах при аварийных разливах нефти.

В этом отношении в особенно сложных условиях находятся бессточные водоемы, наглядный пример которых - Каспийское море, одна из загрязненных акваторий планеты.

На протяжении многих лет оно служило местом поступления загрязненных стоков промпредприятий, городов, рек, судов прикаспийских стран, дополненных импактным сбросом нефти при добыче или транспортировке [117].

Первые сведения о загрязнении моря относятся к началу XX века, периоду бурного развития нефтяной промышленности в Азербайджане. В 50-60 годы в результате мощного техногенного стока суши и интенсивного освоения новых, глубоководных нефтегазовых месторождений загрязнение достигло таких масштабов, что охватило почти весь Каспий.

Это послужило импульсом для организации мониторинга состояния акватории средствами Госкомгидромета, академических, проектных и других специализированных Институтов СССР. В

итоге был накоплен обширный фактический материал как натуральных, так и лабораторных наблюдений, изложенный в ежеквартальных бюллетенях и ежегодниках качества вод, многих научных публикациях.

Вышли в свет монографии, характеризующие экологию и биологическую продуктивность, микрофлору Каспия с связи с процессами загрязнения [71-128].

Тем не менее оставался необобщенным большой задел данных о химическом состоянии и трансформации инородных веществ в морской среде в зависимости от различных природных факторов.

Таким образом, целью предлагаемой работы стало изучение динамики загрязнения Каспийского моря в основном на примере преобладающих здесь нефтяных углеводородов.

Предваряя решение этой задачи, рассмотрена история изученности вопроса с первых этапов освоения морских месторождений нефти в начале прошлого века и до наших дней (глава 1).

Составлен краткий физико-географический очерк природных условий, определяющих характер распределения загрязняющих веществ в водоеме (глава 2). Освещено экологическое состояние региона, как следствие техногенного стока Прикаспийских государств (представленного нефтью, фенолами, СПАВ, металлами, кислотами, пестицидами, ...). Дана общая характеристика гидрохимических показателей качества вод и их распределения по площади и глубине акватории. Выявлена роль рек в загрязнении Каспийского моря при решающем значении Волжского стока (глава 2).

Особое внимание уделено анализу влияния гидрометеорологических условий: ветров, волнения, течений на распространение инородных компонентов на акватории. Отдельно представлена динамика нефтяных пятен региона.

Установлена сезонная изменчивость концентрации загрязняющих веществ в Каспии (глава 3). Значительное место в работе уделено донным отложениям, как очагам повторного загрязнения морских вод (глава 4). Эти сведения дополнены характеристикой гидробиоты в зависимости от содержания нефтяных углеводородов (глава 5). Изложена межгодовая, временная динамика содержания техногенных примесей водоема в интервале подъема уровня моря в 1978-1995 гг. Рассмотрены также факторы естественного

самоочищения акватории (глава 6).

Согласно техногенно-природной приуроченности загрязняющих веществ произведено экологическое районирование Каспийского моря, составлена классификация загрязненных морских акваторий (глава 7).

В заключении дается комплексная оценка динамики загрязнения изученного водоема. Предлагаемая работа построена на обобщении материалов Госкомгидромета [59-62] и Каспморнии проекта [90-94,131], дополненных исследованиями автора в составе Национального Космического агентства (АНАКА) и КЕПС НАН Азербайджана (1975-2002 гг.). При этом использовались также результаты наблюдений на борту экспедиционных судов «Мир-Касимов», «Бакуви» и «Элм». В последующих лабораторных анализах применялась стандартная методика гидрометслужбы [97,126], а для грунтов – принятая в инженерной геологии [140]. Кроме того, в процессе обработки собранного материала определялись средневзвешенные значения гидрохимических [60], гидробиологических [62] показателей и среднеарифметические характеристики состава и свойств донных отложений [90-94,136].

Наряду с использованием аэрофотосъемки, содержание нефтепродуктов в поверхностной пленке рассчитывалось по А.Д.Семенову [59,96,129].

В то же время при оценке качества вод учитывались нормативы ПДК вредных примесей в рыбохозяйственных водоемах (табл.11), а для донных грунтов критерии международной конвенции по судоходству [61,95].

Общее число определений показателей качества вод составило 220,0 тыс., грунтов 4000, а также их физических свойств и состава 3200.

Глава I. ИЗУЧЕННОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

История исследований загрязнения Каспия сравнительно невелика, всего лишь несколько последних десятилетий. Однако первые сведения о будущем главном загрязнителе моря – нефти относятся к глубокой древности [52,54]. Нефтяной бум в Баку и его окрестностях привел к бурному росту нефтедобывающей промышленности в начале XX в. на суше, позднее на море. Как следствие, постепенное ухудшение состояния водной среды, что вызвало необходимость разработки мер по борьбе с загрязнением. Еще в 20-ые годы минувшего столетия в Бакинской бухте можно было видеть несколько цистерн, собиравших плавающие пятна нефти [54].

Первые работы в этой области принадлежат Войсичу С.Л. /1934 г./, Атласу М.И. /1947 г./, изучавшим самоочищение морских вод, и Проборову С.Н. /1940 г./, исследовавшему прибрежные образования в связи с промышленно-бытовыми стоками [7,22,118]. Причем перечисленные труды имели одиночный разрозненный характер. Позже интерес к проблемам загрязнения резко увеличился, а объем специальных исследований стал расти прямо пропорционально важности самого вопроса. В 1968-1970 гг. вышли в свет «Обзоры состояния химического загрязнения прибрежных вод морей Советского Союза» под редакцией Симонова А.Н. и Пахомовой А.С. Вслед за этим, как результат мониторинга за состоянием акватории вплоть до 1992 г. в системе Госкомгидромета СССР и Азербайджана (до 1995 г.) выпускаются бюллетени, ежегодники качества морских и поверхностных вод, справки [20,60]. Причем, помимо гидрохимических, публикуются гидробиологические данные о загрязнении, дополненные материалами территориальных управлений «Каспводнадзора» [59,62]. С 1978 по 1989 гг. по заявкам Азкомгидромета с помощью ЛОГОИН состоялась аэрофотосъемка акваторий некоторых нефтегазовых месторождений Азербайджана и Туркмении. В результате были получены характеристики площадей, масс и толщины пленок нефтяных пятен [20,61].

Наряду с систематическим контролем за состоянием морской среды со стороны Госкомгидромета, разрабатывались меры по охране Каспия от загрязнения. Проводились исследования в инсти-

тудах АН СССР и республик специализированного профиля, в том числе таких, как ГОИН, ЦНИИОРХ, ВНИРО, КаспНИРХ, Гипроморнефть, СоюзморНИИПроект, Каспморниипроект и др.

При этом с целью сопоставления полученных результатов учитывались предельно-допустимые концентрации /ПДК/ вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов (табл.1.1.) [59,63].

Таблица 1.1

Предельно допустимые нормы загрязняющих веществ
и показателей среды в морской воде^{х)}

№№ пп	Ингредиент	Предельно допустимые концентрации (ПДК), мг/л
		Для воды водных объектов, используемых для рыбо- хозяйственных целей
1.	Растворенный кислород	Зимой не менее 4,0 Летом не менее 6,0
2.	Растворенные нефтепродукты	0,05
3.	Фенолы	0,001
4.	СПАВ (детергенты)	0,1
5.	Аммоний солевой	2,9 (при 13-34%)
6.	Ртуть	0,0001
7.	Медь	0,005
8.	Железо	0,05
9.	Марганец	0,01
10.	Алюминий	0,04
11.	Цинк	0,005
12.	Свинец	0,01
13.	Никель	0,01
14.	Хлорорганические пестициды (ХОП)	Отсутствие

Примечание: ^{х)} – Из “Обобщенного перечня предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов”, утвержденного Главрыбводоом Минрыбхоза СССР, М., 1990 г.

Кроме того применялись критерии высокого и экстремального загрязнения водной среды, а также комплексная оценка качества вод /ИЗВ/ по гидрохимическим и микробиологическим показателям. В настоящее время общепринятыми являются методические указания Госкомгидромета и руководства по химическим анализам морских вод и грунтов [97,98,126].

В то же время изучались способы механической и биологической очистки нефтепромысловых вод /Бакфилиал ВНИИ «ВОДГЕО»/, включая меры по охране акватории от загрязнения при добыче и транспортировке нефти и газа /НИПИ «Гипроморнефтегаз»/ [68,88].

Проводились геолого-геохимические исследования Каспия в связи с поисками скоплений углеводородов /Институт Геологии НАН Азерб./ [56]. Выявлялись эффективные контактные и дистанционные способы изучения физических процессов в пограничном слое «вода-воздух» /АНАКА Азерб./ [100]. Инженерно-геологические изыскания при дноуглубительных работах в районах дампинга, судоходных каналов, портов и причалов с определением гидрохимических и микробиологических показателей качества вод и грунтов выполнялись Каспморниипроектom [90-94,136].

Последний, как головная организация, провел исследования загрязненности Бакинской бухты совместно с Институтами геологии, зоологии, физиологии, Сектором микробиологии, НЦ «Геофизика» АН Азерб., БГМОУГМС, Бакфилиалом ВНИИ «ВОДГЕО» (1981-1982 гг.). Завершенная работа содержит результаты большого числа анализов химического состава вод и грунтов, физико-механических свойств донных отложений [39,116]. Кроме того прилагаются данные натурных и лабораторных наблюдений за динамикой загрязнения и самоочищения наносов бухты, а также обширный картографический материал [136].

Особая роль в развитии исследований региона, в том числе процессов загрязнения, принадлежала Научным Советам по проблемам Каспийского моря АН СССР и Азербайджана. Первый из них осуществлял координацию всех научно-исследовательских работ в области Каспия, второй – в масштабах Республики. С этой целью формировались общие координационные планы для ряда академических, проектных и отраслевых учреждений по специальной тематике с последующей отчетностью по результатам.

Причем, были задействованы головные Институты ГОИН, Океанологии, Водных проблем, МГУ (кафедра океанологии), а также ВНИРО, КАСПНИРХ, ЦНИОРХ, подразделения Госкомгидромета и Дагестанский Университет.

Общесоюзный план выполнялся с учетом программы «Мировой океан» и республиканских «комплексно-целевой» и «межведомственной» программ фундаментальных и прикладных исследований по освоению природных ресурсов Каспийского моря. В изучении «биологической продуктивности» акватории и разработке эффективных методов увеличения рыбных запасов участвовали Институты зоологии, физиологии, Сектор микробиологии АН Азерб.ССР, Бакгосуниверситет, Азерб.отделение ЦНИОРХ.

Исследованиями процессов загрязнения вод и грунтов, рассчитанными по НИР АН СССР до 2005 г. занимались СПКМ (сектор проблем Каспийского моря), Институт географии, НЦ «Каспий», ИКИПР, НЦ «Геофизика», КЕПС АН Азерб. (сектор экологии морской среды).

Изучались гидрометеорологический и гидрохимический режимы моря в Бак.отделении ЗАКНИГМИ, НИИ по гидрометеорологии и БГМО Азкомгидромета, а также в АПИ им.Ленина (1975-1991 гг.).

Одним из важных этапов деятельности Научного Совета являлась периодическая /1976-77, 1986-1987 гг./ организация комплексных экспедиционных исследований Каспийского моря. При этом были задействованы практически все научные и отраслевые учреждения прибрежных республик, в том числе Гидрографическая служба ККФ и кроме того ЛОГОИН, Главцентр «Океан» и Институт физики Белоруссии [83]. Проводившиеся гидрометеорологические, гидрохимические, микробиологические и гидробиологические наблюдения выполнялись по стандартным программам и горизонтам с отбором проб донных осадков. В то же время применялись квазисинхронные измерения с судов, в сочетании с аэрокосмической информацией. Причем исследования велись, как по сети вековых разрезов Госкомгидромета, так и по 4 дополнительным створам /от 10 м до максимальных глубин/, 7 полуразрезам /до 200 м/ и 7 прибрежным районам /от 5 до 100 м/. Результаты комплексных съемок Каспийского моря позволили выявить те изменения, которые произошли в состоянии акватории под действи-

ем антропогенных факторов в период между снижением и подъемом уровня [83]. В связи с чем уместно подчеркнуть значимость изучения южной части Каспия, которое проводилось совместно специалистами ГОИН и Азкомгидромета на э/с «Радон» с 1975 по 1978 г. Был произведен большой объем гидролого-гидрохимических наблюдений, лабораторных анализов загрязненности вод и грунтов. К сожалению, названные работы не нашли продолжения, оставаясь до сих пор единственной информацией об этом малоизученном районе моря [114].

По итогам выполнявшихся на акватории исследований состоялись различные научно-практические конференции, в том числе по вопросам охраны здоровья и санитарии водников /Баку, 1963, 1966 гг./. В то же время прошла объединенная научная сессия, посвященная борьбе с загрязнением Каспия и в связи с гидробиологическим режимом /Баку, 1963 г./. С целью разработки рекомендаций по охране береговой полосы, очистке нефтепромысловых стоков и Бакинской бухты в 1964 г. проводилось межреспубликанское совещание. Данные о химическом загрязнении вод обсуждались на научно-технической конференции по гидрометеорологии Азербайджана и Каспийского моря /Баку, 1967 г./.

На Всесоюзном симпозиуме по вопросам изучения воздействия нефти и ее производных на гидробиоту рассматривалось влияние этих токсикантов на фауну, физиологические показатели осетровой молодежи, развитие обрастаний, зоопланктона, донных организмов, инфузорий, высших ракообразных Каспийского моря. Обсуждались пагубные последствия сброса буровых растворов и сточных вод нефтепромыслов для рыб (Батуми, ВНИРО-1972 г.).

О загрязненности донных отложений акватории Апшеронского архипелага докладывалось на республиканском совещании «Геохимия нефтегазоносных областей Азербайджана» (1974 г.). Результаты изучения органических веществ, битумообразования и накопления некоторых микроэлементов в осадках Каспия сообщены на седьмой конференции по химии моря (Москва, 1975 г.).

Состояние гидролого-гидрохимического режима, динамика качества вод и биологической продуктивности были темой совещания по Проблемам южных водоемов Советского Союза (Москва АН СССР – 1977 г.).



Рис. 1. Каспийское море со станциями вековых разрезов (⊙), районами контроля качества вод и грунтов (////), авиасъемок (☆), изысканий КаспморНИИпроекта (◆) и НИС "Радон" (****).

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных примесей для грунтов принимались на «Международной конференции по судоходству» в Лондоне (Материалы, приложение 4, 1978 г.).

Вопросы загрязненности вод акватории рассматривались в материалах Всесоюзного совещания по проблемам Каспия (Гурьев – 1981 г.).

Вопросы загрязнения моря были основным содержанием I-ой Международной бакинской конференции Госкомохраны природы Азерб.ССР («Элм» – 1991 г.).

Мероприятиям по борьбе с нефтяными разливами, очистке сточных вод, оздоровлению природной среды побережья республики посвящалась научная сессия в ИГ АН Азербайджана («Элм» – 1993 г.).

Современные проблемы экологии, включая загрязнение азербайджанской акватории Каспия, рассматривались на 2-ой Международной научно-практической конференции, прошедшей в Баку (АНАКА, Институт экологии – 1994 г.). Аналогичная проблематика обсуждалась на семинаре НАТО в Брюсселе, посвященном Прикаспийскому региону (1996 г.). Там же были представлены данные о межгодовой динамике концентрации нефтяных углеводородов в зависимости от изменения уровня моря.

Результаты экологического мониторинга побережья Большого Баку и Сумгаита силами общественности рассматривались на семинаре в 1999 г. Динамика загрязнения донных отложений обсуждалась на сессии, посвященной состоянию Приапшеронской акватории Каспия (АМОКО, АН Азерб., Баку-2000 г.). Влияние Волжского стока на гидролого-гидрохимический режим Каспия рассматривалось на семинаре «Каспийского плавучего Университета» (Астрахань, КаспНИРХ, бюллетень № 1, 2000 год).

В следующем номере такого же сборника дана характеристика «Современного эколого-токсикологического состояния водоемов Волго-Каспийского бассейна» (Астрахань, КаспНИРХ, бюллетень № 2, 2001 г.).

Гидрометеорологические особенности загрязнения моря были в тематике международной научно-практической конференции (МНПК) – «Человек и катастрофа» (ИНТЕРГЕО – ТЕТИС, Баку-2001 г.).

Большое число отчетов, выполненных по данной тематике, со-

средоточено в фондах и архивах соответствующих академических, отраслевых и проектных учреждений прикаспийских стран. Значительная информация о перечне НИР и диссертаций по вопросам загрязнения Каспия содержится в библиографических указателях «Мировой океан» (МВНТИЦентр – 1971-1990 гг.).

Одними из первых публикаций монографического характера были сборники материалов научно-практических конференций, посвященных охране здоровья, санитарии и гигиене моряков, на судах и в Бакинском порту (Азводздрав – 1963, 1966 гг.). В них также приводились некоторые гидрохимические показатели качества сточных и морских вод [24].

Следующая по времени книга посвящена «биологическому режиму Среднего и Южного Каспия» в связи с ростом нефтяной промышленности, загрязнением и снижением уровня моря (Касымов А.Г. М., «Наука», 1968 г.).

Санитарно-гигиеническая характеристика загрязненности акватории Бакинского порта изучалась Гасановой А.М. (Баку, Институт усовершенствования врачей – 1969 г.). Изменения гидробионтов прибрежных зон Апшеронского и Бакинского архипелагов под влиянием примесей нефти отражены в работе Грановского С.И. (АН Азерб.ССР, Институт зоологии – 1970 г.).

Вопросы создания техники и средств предотвращения загрязнения моря при бурении, добыче и транспортировке нефти содержатся в сборнике научных трудов НИПИ «Гипроморнефть» (Баку, 1977 г.).

Результаты исследований процессов окисления и распада нефтяных углеводородов в воде и донных отложениях на природных моделях в Каспийском море изложены в трудах ГОИН (М., Гидрометиздат, 1975-1979 годы).

Микроорганизмы Бакинской бухты и их роль в разрушении нефти и нефтепродуктов изучались Эффендиевой (Алма-Ата, АН Каз.ССР, автореферат кандидатской диссертации – 1979 г.).

В работе Афанасьевой Н.А. даны баланс и прогноз загрязнения Каспия нефтяными углеводородами (ГОИН, автореферат кандидатской диссертации, М., 1981 г.).

Гигиеническим аспектам окружающей среды посвящена книга «Баку к 2000 г.» (Б., «Азернешр», 1981 г.). В ней содержатся сведения о состоянии береговой зоны Апшеронского полуострова,

4286

включая Бакинскую бухту [13].

Материалы к проекту очистки Бакинской бухты, наряду с обильной графикой и таблицами, содержат данные химических анализов сточных, морских вод и донных отложений, экологическую характеристику водоема (Баку, Каспморниипроект, 1982-1983 гг.).

Описание эколого-физиологических особенностей развития ценных промысловых рыб Азербайджана в связи с отрицательным влиянием промысловых, буровых растворов и сточных вод нефтепромыслов содержится в книге Р.Ю.Касимова (Баку, «Элм», 1987г.).

Многолетняя характеристика загрязнения природных вод Нижней Волги дается в материалах научно-практической конференции «Рыбные запасы Волго-Каспийского региона и их охрана» (Астрахань, КаспНИРХ, 1988 г.).

Антропогенное загрязнение Нижней Волги рассматривалось на региональной конференции «Экологические проблемы Волги» (Саратов, КаспНИРХ, 1989 г.).

В брошюре Касимова А.Г. – «Охрана флоры и фауны Каспия» предлагаются мероприятия по борьбе с загрязнением и очистке морской воды (В., АЗНИИНТИ, 1988 г.).

Сборник – «Рекреационные ресурсы Каспийского моря» содержит данные о загрязнении его побережья и охране природной среды (М., «Наука», 1989 г.). Исследование Прикаспийского региона – «Проблемы социально-экономического развития» является итогом Всесоюзной экспедиции, организованной в 1989 г. (М., ВНИТИ, 1989 г.).

Информация о состоянии загрязнения Северного Каспия была представлена на Всесоюзном совещании по проблеме Каспийского моря (Гурьев, КаспНИРХ, 1991 г.).

О прибрежных нефтепромыслах и связанном с ними нефтяном загрязнении Северного Каспия сообщалось на Международной конференции по биологическим ресурсам водоема (Астрахань, КаспНИРХ, 1992 г.). Здесь приведены также характеристики качества поверхностных вод и морских вод приустьевых областей акватории.

Монография Касимова А.Г. «Экология Каспийского озера» посвящена биологическим ресурсам в условиях антропогенного

загрязнения. В книге содержатся данные об отрицательном влиянии нефти и других токсикантов на донные организмы и, соответственно, на продуктивность водоема (Баку, изд. «Азерб.», 1994 г.).

Данные о сезонной изменчивости загрязнения нефтепродуктами были представлены в научных трудах Института экологии АНАКА (Баку, 1994 г.).

Загрязнение Каспийского моря освещено в сборнике «Проблемы оценки экологической напряженности Европейской территории России (М., МГУ, 1996 г.).

Экологические проблемы региона и перспектива их решения рассматривались на международном семинаре в Брюсселе (Тр.НАТО, Прикаспийский регион, «Клувер Академи Паблишитс, 1996 г.).

Данные о гидрологических процессах в Северном Каспии в зимний период, а также загрязнении вод изложены в докторской диссертации Бухарицина П.И. (М., ИВПРАН, 1996 г.).

В монографии «Устьевая область Волги, ...» собран обширный материал многолетних исследований гидролого-морфологических процессов, режима загрязняющих веществ и влияния колебаний уровня моря. Вызывают интерес сведения о стоке и концентрации вредных примесей в речной воде и взвешях, их изменении во времени и влиянии на состояние Северного Каспия (М., ГЕОС, 1998 г.). Результаты НИР за 1997 г. «КаспНИРХ» освещены в сборнике «Рыбохозяйственные исследования на Каспии». Там же представлена эколого-токсикологическая характеристика дельты реки Волги и Северного Каспия (Астрахань, КаспНИРХ, 1998 г.).

Применение ПАВ для ликвидации аварийных разливов нефти на водной поверхности рассматривается в книге Гумбатова Г.Г (Баку, «Элм»-1998.).

Результаты изучения динамики загрязнения донных отложений азербайджанской части шельфа Каспия были представлены в материалах международного симпозиума по загрязнению морей (Монако – 1994 г.).

Итогом многолетних исследований Салманова М.А. является монография об экологии и биологической продуктивности Каспийского моря с оценкой режима уровня, загрязнения, причин и последствий антропогенного воздействия на биоту (Баку, «Шеврон», 1999 г.).

Брошюра Мехтиева А.Ш., Гюль А.К. посвящена изучению загрязнения грунтов Азербайджанской акватории Каспия, а также изменению показателей их качества во времени и пространстве. В связи с чем было произведено районирование донных отложений по площади залегания и степени концентрации нефтяных углеводородов (Баку, АНАКА, 1999 г.).

Широкий круг аспектов загрязнения региона был рассмотрен в книге И.С.Зонна [64] с описанием источников, поступления техногенных примесей, роли рек, экологического состояния как прибрежной полосы, так и всего водоема в целом и многого другого (Каспий: иллюзии и реальность. М., 1999 год).

Монография Мамедова Р.М. [89] посвящена исследованию гидрофизических полей и их связи с динамикой распространения вредных примесей Каспия во времени и пространстве (Баку, «Элм», 2000 г.).

В материалах Департамента окружающей среды в Тегеране (1990-2001 гг.) содержатся сведения о загрязнении промышленными и речными водами Иранской части Южного Каспия. Однако, перечень вредных примесей здесь ограничен, наряду с обычными гидрохимическими показателями, металлами и хлорорганическими пестицидами [65].

Таков, возможно, неполный перечень материалов изученности состояния Каспийского моря, которых могло бы быть больше, сохранись прежняя система всесоюзной информации, реферативные журналы, библиографические указатели («Океан», издания ВИНИТИ и др.).

Все вместе служило основой для организации мониторинга природной среды акватории силами Госкомгидромета, Каспводнадзора, Каспара, научных и проектных учреждений с применением авиакосмических наблюдений (рис.2).

В заключение следует подчеркнуть отсутствие публикаций посвященных загрязнению всего Каспия в целом, его показателям качества вод и грунтов, их изменчивости во времени и пространстве в зависимости от антропогенных и природных факторов. Этот пробел и предполагается восполнить настоящим исследованием, как результатом обобщения, наблюдений прошлых лет (1978-1995 гг.).

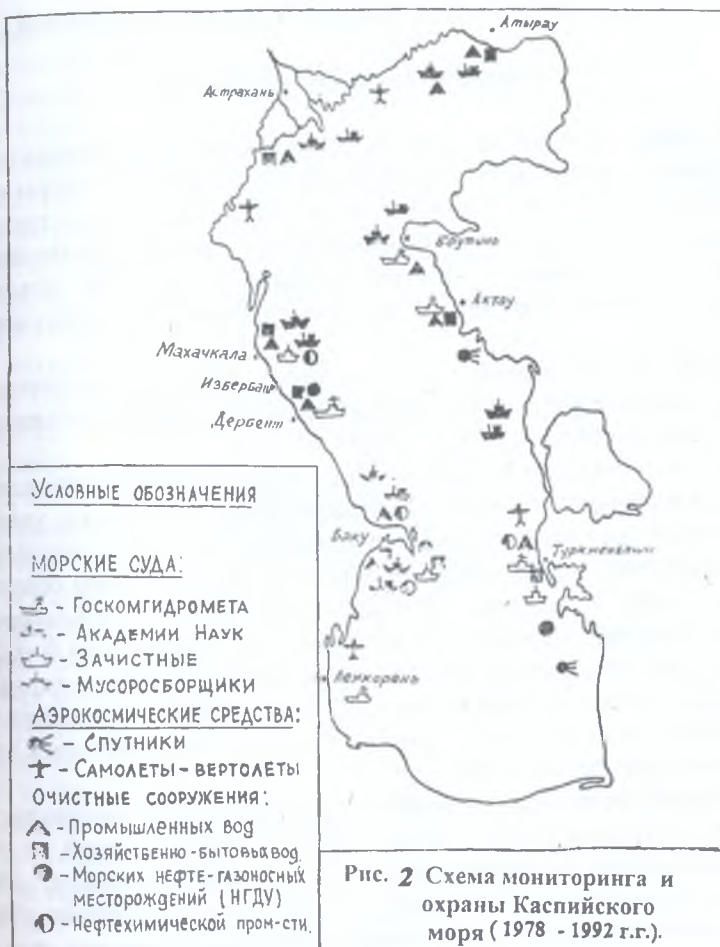


Рис. 2 Схема мониторинга и охраны Каспийского моря (1978 - 1992 г.г.).

Глава 2. ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ УСЛОВИЯ

2.1. Физико-географический очерк

Каспийское море - самый большой замкнутый солоноватоводный бассейн планеты. Его происхождение связано с древним океаном Тэтисом, когда-то занимавшим значительное пространство Европы и Азии [75]. Протяженность акватории по направлению с севера на юг равняется 1030 км, площадь 370 тыс.км², объем 78 тыс. км³, ширина 200-400 км, средняя глубина 208 м, максимальная – 1025 м.

Весь Каспий делится по Мангышлакскому и Апшеронскому порогам на Северную, Среднюю и Южную части (а их объемы соответственно составляют 0,5 – 33,9 – 65,6%).

Меридиональная направленность водоема обусловила особенности его климата, умеренно-континентального на севере, умеренно-теплого на западе, субтропического на юге, засушливо-пустынного на востоке побережья Каспия. В связи с чем северные районы моря в отличие от южных замерзают и покрываются льдом, а температура воды на поверхности снижается до 0 – (-2)⁰С зимой. Летом на мелководье акватории наблюдается гомотермия, а на более глубоких горизонтах (25-30 м) образуется термоклин. Прозрачность воды здесь изменяется от 0 м на загрязненных до 15 м на чистых участках моря.

Каспий бесприливный водоем, где периодически наблюдаются сейши и ветровые сгоны – нагоны (2-3 м). Однако, одной из главных проблем бассейна являются вековые колебания уровня, сейчас – 27 м по отношению к океану. Их основными причинами считаются изменения климата, величин испарения, стока рек при решающем значении вод Волги. Размах колебаний уровня моря с I в. до н.э. по настоящее время составил около 7 м, межгодовой за несколько десятилетий 1,0-1,5 м, сезонный от зимы к лету приблизительно 30 см.

В Каспийском море формируются ветровые, градиентные и стоковые течения поверхностных слоев акватории, а также компенсационные в более глубоких, подстилающих горизонтах воды. Для Северного мелководного Каспия характерна неустойчивость течения, определяемая ветром и большим стоком Волги. Преобла-

дающий перенос речных вод происходит на северо-восток и юго-запад, скорость в среднем равняется 10-20 см/сек.

Огромная масса волжской воды образует основную ветвь западно-бережного течения вплоть до Апшеронского полуострова. Отличаясь постоянством оно сохраняется даже при южных ветрах. В Среднем и Южном Каспии течения тесно связаны с региональными ветрами и эта зависимость достигает 70% при штормах. Как результат действия последних здесь наблюдается формирование градиентных течений противоположного им направления. Их скорости в поверхностном слое воды равны 20-30 см/сек, но с усилением ветра могут возрастать до 50-60 см/сек, резко ослабевая при штиле. Согласно данным на западном шельфе моря доминируют южные течения за исключением приустьевой области р.Куры, где они обычно ориентированы на север.

Течения восточного побережья менее устойчивы, направлены к югу весной, летом и осенью, а зимой к северу в поверхностных слоях моря. При этом в придонных горизонтах перенос вод в северном направлении наблюдается целый год [32].

Северные (40%) и южные (36%) ветры господствующие на акватории Каспия. Их скорость в среднем равна 5,7 м/сек, возрастая во время зимних штормов до 25 м/с и более в районе Апшеронского полуострова («бакинский норд»).

Каспий — очень бурное море, где в непогоду сила волнения может достигать 9 баллов, а высота волны в экстремальных случаях превышать 11 метров [31,32].

Гидрографическая сеть Прикаспия отличается неравномерностью распределения по его площади. Северное обрамление акватории занято приустьевыми областями Волги (240 км³) и Урала (8 км³), опресняющими своими водами весь Северный Каспий. Наибольшее число рек: Терек (11 км³), Сулак (5,6 км³), Самур (2,2 км³), Кура (18,6 км³), Сефидруд (4,5 км³) и менее крупных водотоков сосредоточены на западном побережье. Причем значительная часть последних не достигает моря, расходясь на орошение.

Восточный берег акватории, как известно, безводен, имея пересыхающую в низовьях Эмбу на крайнем северо-востоке района и маловодный Атрек на юге.

Среднегодовое суммарное сток рек, впадающих в море, составляет ~ 300 км³, более 80% от которого приходится на долю

Волги [33].

Геологическое строение ванны Каспийского моря тесно связано со структурными элементами прилегающей суши.

Ее приволжская часть занимает юго-восточное окончание Русской платформы. Остальная площадь дна водоема представляет собой геосинклиналь – гигантский меридиональный прогиб в земной коре [75].

Западное побережье Каспия, начиная с о.Чечень, ограничено предгорьями Большого Кавказа на севере и отрогами Талышского хребта и Эльбурса на крайнем юге. Северное обрамление акватории относится к Прикаспийской низменности, опоясывающей в свою очередь всю ее площадь. Прибрежные склоны последней осложнены террасами различной высоты и возраста – следами прежних уровней моря.

Восточный берег Каспия, преимущественно, равнинный с отдельными возвышенностями – плато, образованными предгорьями Урала и хребтами Кубадага.

Центральная область водоема оконтурена зоной шельфа, бровка которого прослеживается на глубине 100 м в среднем. При этом в донном рельефе моря выделяются Уральская (>5,0 м), Мангышлакская (до 12 м) бороздины-котловины Северного Каспия и Дербендская (800 м) и Ленкоранская (1025 м) впадины Среднего и Южного Каспия [75].

Кроме того на акватории располагаются Кизлярский, Аграханский, Апшеронский, Кызылагачский, Энзелийский (Пехлевийский), заливы на западном побережье и Тюб-Караганский, Мангышлакский, Карабогазгольский, Казахский, Александра Бековича-Черкасского, Красноводский, Южно- и Северо-Челекенский, Туркменский заливы – в восточной части моря.

В свою очередь к их площади приурочены бухты: Бакинская, включая Ильича и Гоусан на западе, и Баутино, Кендерли, Бекдаш, Кианлы, в Туркменбаши - Бековича, Соймонова, Муравьева, Уфринская (ковш) на востоке акватории [31,32].

Почти все эти образования, как заливы, так и бухты мелководны, а их глубины лишь местами превышают 10-15 м. В пределах региона имеется множество банок и островов, наиболее крупные из которых – Кулалы и Чечень находятся в Северном, Апшеронский архипелаг – в Среднем, Бакинский архипелаг и о.Огур-

чинский – в Южном Каспии. Ряд из них генетически связан с грязевыми вулканами, распространенными на юге акватории. Причем, если положительные формы донного рельефа служат естественной преградой на пути миграции загрязняющих веществ, то отрицательные становятся местом их седиментации. И в том, и в другом случае они могут быть источниками повторного загрязнения водной среды.

Грунты Каспия представлены разнообразными осадками терригенного, золowego, хемогенного, органогенного и антропогенного происхождения. Среди них преобладают различные по гранулометрическому составу пески, илы и ракуша. На этом фоне выступают отдельные пятна коренных глин, известняков и песчаников, грязевулканической брекчии, слагающих острова и банки. Центральную, глубоководную часть акватории, а также другие понижения донного рельефа выстилают серые, темно-серые тонкодисперсные илы (рис.2.1).

Мелководная область моря сложена песками желтовато-серой, светло-бурой, темно-серой окраски. Их крупные по составу разновидности обычно прослеживаются вдоль уреза воды вместе с ракушей, скопления которой распространены на всем протяжении береговой полосы региона.

Следует отметить, что распределение грунтов на акватории, как правило, подчиняется закону механической дифференциации, отличаясь батиметрической приуроченностью. При этом наблюдается общее увеличение дисперсности осадков от периферии к срединной части, то есть от крупных к средним, мелким, пылеватым пескам и от супесчаных к суглинистым, глинистым илам [75,76].

Дельты рек Каспия заняты песчано-илистыми аллювиальными осадками, образующими приустьевую область дна моря.

Площадь Карабогазгола представлена мощным покровом мирабилита, бишофита и других ценных минеральных солей.

Практически весь Северный Каспий испытывает влияние твердого стока реки Волги. В связи с повышением уровня моря в 1978-1995 гг. здесь наблюдалось расширение ареалов тонкодисперсных осадков по сравнению с аналогами прошлых лет.

Донные отложения западного шельфа Каспия, исключая бессточный Апшеронский полуостров, в основном формируются за счет впадающих сюда рек Кавказа, горного Талыша и Эльбурса.



Рис. 2.1. Распределение донных осадков в Каспийском море. [76, 86 ...]

Осадочный прибрежный материал полупустынного восточного обрамления Каспия имеет песчаный золовый характер. Большое значение для перемещения гранулометрических фракций грунтов вдоль берегов принадлежит западно-бережному течению водоема. Под его воздействием происходит транзит осадочного материала

по направлению к глубоководной южной части Каспийской впадины, области их окончательного накопления.

Особое место в формировании современных отложений моря здесь занимают антропогенные факторы, нарушающие общую закономерность распределения грунтов по дну акватории. Это прежде всего влияние загрязненных стоков рек, населенных пунктов, промышленных предприятий, различных производственных отходов, результаты дноуглубительных, гидротехнических работ, свалки грунтов, строительного и хозяйственного мусора.

В связи с чем в прибрежных районах Каспийского моря все чаще встречаются осадки, которые из-за их состава можно с полным основанием называть антропогенными отложениями.

Как известно, Каспий солоноватоводен, а величины его солености (12,6-13,2‰), на севере (1-8‰), существенно отличаются от Черного (18,6‰) и других морей и океанов (34,4‰). При этом для каспийских вод характерна хорошая аэрированность и, соответственно, высокие насыщенность (до 100% и более) и содержание растворенного кислорода (8-10,0 мг/л) на поверхности и минимальное количество в придонных слоях (1-2,0 мг/л). Последнее явление в виде гипоксии наблюдается также в загрязненных участках моря.

Значительный щелочной резерв здесь сочетается с ростом активной реакции pH в приустьевой области рек (около 8,5) и снижением в центральной части акватории (до 7,9) и у дна [115].

Биогенные вещества, столь необходимые для жизнедеятельности гидрофлоры, широко представлены здесь общими азотом (973-178 мкг/л) и фосфором (11,8-5 мкг/л). Их количество увеличивается в прибрежной полосе и уменьшается в глубоководной части моря.

Не менее важной пищей для Каспийского планктона является также кремний, содержание которого изменяется на акватории от 0 до 3030 мкг/л, пополняясь за счет твердого речного стока и обмена с донными отложениями. При этом наибольшие показатели компонентов наблюдались, как правило, вблизи рек в придонных слоях на мелководье, а наименьшие – на поверхности за пределами взморья [115].

Донная биота Каспийского моря представлена фито- и зообентосом. Первый из них состоит из диатомовых (184), сине-зеленых

(33), зеленых (46), красных (29) и 8 других видов водорослей.

Ко второму относятся моллюски, значительная часть которых (75%) занята вселенцами (нереис и синдемия), основным кормом для осетровых.

Более 40 форм гидрофлоры и 50 животных организмов, в том числе абра, митилястер, балянус являются обрастателями [74].

Значительное количество фито (ризосолении,) и зоопланктона (колоوراتки, кладоцера, копеподы) находится почти во всей толще Каспийского моря. При этом представители последнего насчитывают около 100 разновидностей.

Особая роль в самоочищении акватории от загрязнения принадлежит метаноокисляющим, сульфаторедуцирующим и нефтеокисляющим бактериям. Их численность возрастает в прибрежных районах моря при появлении больших масс соединений азота, фосфора и нефтепродуктов. Утилизация последних происходит при взаимодействии с дрожжевыми микроорганизмами – нефтефагами, которые представлены в Северном, Среднем и Южном Каспии, соответственно 15, 47 и 40 различными видами [62,104].

Фауна и флора Каспия насчитывает около 800 видов животных и 500 видов растительности. Будучи в основном автохтонными, они изначально связаны с третичным (понтическим) временем. Их масса в процессе изоляции бассейна заполнялась речными, арктическими, ныне через систему Волго-Дона средиземно-черноморскими формами [77]. В свою очередь ихтиофауна Каспия представлена солоноватоводными (47) и собственно морскими (6) разновидностями проходных и полупроходных (39) осетровых и частиковых пород рыб. Для животного мира акватории характерно также присутствие стад реликтового северного тюленя и свыше 600 тыс. различных водоплавающих птиц, терпящих большой урон от эпизодических разливов нефти и иного загрязнения [71,73].

2.2. Экологическое состояние

Охрана чистоты природной среды – одна из самых насущных проблем Каспийского моря. Этот водоем согласно градации, принятой в издании «Мировой океан» ВНИТИЦЕНТР, относится к числу загрязненных [105]. Издревле его южная, азербайджанская часть была известна естественными выходами нефти, ставшей

впоследствии основным загрязнителем региона. Их источниками также служили подводные грязевые вулканы и нефтегазовые грифоны. О степени влияния последних на загрязнение моря можно судить на примере двух естественных грифонов, закрытых специальными устройствами в 1971 г. и дававшими до 50-60 тонн промысловой нефти в сутки [64,85]. Широкомасштабные поиски и добыча углеводородного сырья – одна из главных причин экологического кризиса на акватории, угрожающего запасам ценных осетровых рыб (рис.2.2).



В то же время этот водоем стал своеобразной сточной ямой для огромных масс промышленных и бытовых отходов, сбрасываемых сюда в течение многих лет с обширных территорий прикаспийских стран.

О высокой степени зависимости состояния акватории от стока Волги не раз сообщалось в периодической и научной печати России [117,138]. По этим сведениям большое число оборонных предприятий, расположенных в волжском бассейне, работали без каких-либо очистных сооружений и экологического контроля [21]. Громадное количество нефтепродуктов, минеральных солей, удобрений, пестицидов, смываемых с полей, неизбежно попадает в ак-

ваторию Каспия, вместе с речными водами.

Общее количество промышленных и городских сточных вод, непосредственно сбрасываемых в море, составляло в среднем за период наблюдений (1978-1995 гг.) 2342,0 млн.м³/г, в том числе без очистки 356,34 млн.м³/г (табл.2.1). Вместе с ними на акваторию стекало ежегодно 122,5 тыс.тн нефти, 1,1 тыс.тн фенолов, 8,62 тыс.тн СПАВ, 13,14 тыс.тн различных металлов, 0,017 тыс.тн пестицидов, 14,8 тыс.тн кислот, 9,9 тыс.тн органики, 6,1 тыс.тн сульфатов и 23,0 млн.тн взвеси [60,61].

Таблица 2.1

Поступление загрязняющих веществ в Каспийское море
(средние значения)^x [60,61,88]

Загрязняющие вещества	Количество, тысяч тонн в год (1978-1995)			
	Со сточными водами предприятий и городов	с речным стоком	аварийный сброс	Всего
Объем сточных вод в млн.м ³ /год: всего 2342,0 без очистки -- 356,34				
Нефть	14,4	79,6 ^x	1,36	95,4(122,5 ^{xx})
Фенолы	0,05	1,04	-	1,1
СПАВ	1,8	6,82 ^x	-	8,62
Металлы	0,74	12,40 ^x	-	13,14
Пестициды	-	0,017 ^x	-	0,017
Кислоты	14,8	-	-	14,8
Органика	9,9	-	-	9,9
Взвеси	45,8	22836	-	22882,0
Сульфаты	6,1	-	-	6,1
Сухой остаток	1207,0	-	-	1207,0

(х) – с поправкой на количество загрязняющих веществ, сорбированных на взвеси

(xx) – с поправкой на утечку нефти при ее добыче из расчета 0,3% от 9,02 млн.тн/г

Причем, как сообщалось, основная масса загрязняющих веществ приходилась на долю речного стока. В то же время, судя по количеству поступления нефтепродуктов (94,0 тыс.тн/г), на первом месте была Россия (81,0%), затем Азербайджан (17,0%), Казахстан (1,4%), Туркмения (0,39%) и Иран (0,22%). Им соответствовало экологическое состояние этих акваторий от загрязненной до чистой категории вод (табл.2.2). Следует отметить, что из-за отсутствия необходимых данных о загрязнении Иранского побережья пришлось ограничиться материалами исследований взморья р.Севфидруд за 1975-1978 гг. [114].

Таблица 2.2

Общий сток загрязняющих веществ (З.В.) Прикаспийских стран
(тысяча тонн в год) [59,61]

З.В.	Среднеголетние значения (1978-1995)											
	Все море	%	Россия	%	Азербайджан	%	Казахстан	%	Туркмения	%	Иран ^{xx}	%
Нефть	94,0 ^(xxx)	100	76,1 ^(xxx)	81,0	16,0 ^(xxx)	17,0	1,32 ^(xxx)	1,4	0,37	0,39	0,21 ^(xxx)	0,22
Фенолы	1,06	100	0,716	68,0	0,234	22,1	0,101	9,56	-	-	0,005	0,47
СПАВ	9,57	100	5,53 ^(xxx)	58,0	3,40 ^(xxx)	35,5	0,57 ^(xxx)	5,95	0,012	0,12	0,06 ^(xxx)	0,62
Металлы	13,04	100	8,22 ^(xxx)	60,0	3,32 ^(xxx)	25,5	1,72 ^(xxx)	13,2	0,009	0,07	0,16 ^(xxx)	1,23
Пестициды	0,016	100	0,015 ^(xx)	92,6	0,001 ^(xxx)	6,20	0,00009 ^(xxx)	0,56	-	-	0,00008	0,49

^{xx}) – Сток Волги и рек Дагестана ^{xx}) – Сток р.Севфидруд ^{xxx}) – С поправкой на количество З.В., сорбированных на взвеси

В результате многолетнего техногенного сброса средняя концентрация нефтяных углеводородов в поверхностном слое Каспия достигла – 0,13 мг/л, фенолов – 0,005, СПАВ – 0,052 мг/л и растворенного кислорода – 9,1 мг/л.

Таким образом, в соответствии с величинами ПДК (2,6-5,0-0,52-0,66) этих компонентов, классу качества (IV) и индексу (ИЗВ)

загрязненности вод (2,2) все море в целом оказалось загрязненным. К той же категории оно было отнесено согласно микробиологическим показателям в зависимости от содержания нефтеокисляющих бактерий [60,61,62].

Наибольшее количество вредных примесей, превышавшее во много раз их ПДК, наблюдалось в узкой прибрежной полосе, обычно вблизи выпусков коммунальных и промышленных канализаций, в портах и местах нефтедобычи. И, напротив, минимальные значения загрязняющих веществ встречались на больших глубинах моря. Повышенной загрязненностью отличались также дампинги, участки подводного захоронения антропогенных отходов и рекреационные зоны на побережье Каспия. Ухудшение экологического состояния последних было вызвано чрезмерным числом отдыхающих в летние месяцы.

В целом же распределение инородных компонентов на акватории подчинялось действию гидрометеорологических и сезонных факторов. Так, например, наблюдалось общее снижение концентрации нефтяных углеводородов в теплое время года, исключая приустьевые области рек и приморские зоны отдыха. На западном побережье акватории это явление связано с паводковым режимом горных водотоков, а на площади Северного Каспия с волжским половодьем. В данном случае уместно отметить, особое неблагоприятное географическое положение северо-азербайджанской части моря. Дело в том, что туда в зависимости от направления главного каспийского течения поступают массы загрязняющих веществ Волги и Дагестана, не успевшие осесть, либо разложиться. Так, на трассе между Астраханью, Махачкалой и Баку нередко наблюдались поля и шлейфы плывущей нефти, различного мусора, достигавших порой южных районов водоема, особенно при сильных северных ветрах.

Характерной приметой акватории служили пятна нефтяных разливов вокруг эстакад и буровых скважин месторождений западного и восточного побережий моря [60,61].

Донные отложения Каспия, залегающие на мелководье, обычно, являются очагами повторного загрязнения в результате их взмучивания при сильном волнении, либо размыва в связи с подъемом уровня водоема. Содержание нефтепродуктов в его грунтах за 1978-1995 гг. колебалось в пределах 226,0-0,0 мг/г, фенолов от

40 до 0,0 мкг/г, ртути между 4,7 и 0,0 мкг/г [60,61]. Причем, максимумы этих значений относились к акваториям Бакинской бухты, Сумганта и Туркменбаши, а минимумы – к глубоководным районам моря. В то же время, как и теперь, сравнительно большей загрязненностью отличался Северный Каспий, находящийся под влиянием стока Волги (НУ – 0,19 мг/л, фенолы – 0,006 мг/л, СПАВ – 0,08 мг/л). За ним, судя по показателям, следовал Южный (НУ – 0,13 мг/л, фенолы – 0,005 мг/л, СПАВ – 0,04 мг/л), где сосредоточены основные месторождения нефти и газа, и Средний Каспий (НУ – 0,08 мг/л, фенолы – 0,005 мг/л, СПАВ – 0,04 мг/л) [60,61].

Наличие нефти – одна из причин омертвления рыбных пастбищ региона, гибели зообентоса - основного корма для осетровых.

Показательный пример сходной ситуации представляет Бакинская бухта, долгое время (до 1998 г.) считавшаяся безжизненной из-за чрезвычайной загрязненности городскими отходами. Эпизодические перепады концентраций нефтяных углеводородов на отдельных участках моря были связаны с аварийными разливами, либо залповыми выбросами промышленных сточных вод. Свообразным биоиндикатором экологического состояния региона стало изменение количества зообентоса.

По-видимому, по той же причине практически исчезли знаменитая каспийская сельдь, белорыбица, а улов осетровых с 1977 по 1995 гг. упал с 27360 до 3100 тонн [71].

Работы ряда ученых-ихтиологов свидетельствуют о генетических изменениях в популяциях ценных пород рыб, приводящих к их полному вырождению, или по крайней мере, потере товарного вида, несъедобности и миопатии [70,71].

Результаты исследований в этой области подтверждают связь снижения биологической продуктивности бассейна с индустриализацией региона, развитием нефтедобывающей и химической промышленности [71]. Сильная бактериальная и химическая загрязненность приморских зон отдыха и пляжей не раз была причиной их закрытия, даже в разгар летнего сезона, по заключению СЭС.

В настоящее время наблюдается массированный поиск и освоение новых нефтегазовых месторождений почти на всем пространстве шельфовой зоны водоема. Положение усугубляется интенсивной разведкой полезных ископаемых в ранее заповедных

районах Северного Каспия без каких-либо серьезных природоохранных мероприятий.

Так, в интервале 1983-1995 гг. согласно данным Азкомгидромета, наблюдалось неуклонное снижение средней численности донных организмов Среднего и Южного Каспия с 10827 до 213,2 тыс. экземпляров и биомассы от 248,0 до 6,15 г/м². Причем это происходило с заменой их видового состава на более выносливые по отношению к процессам загрязнения особи [61,62].

Реальная угроза еще большего загрязнения делает необходимым восстановление как единой службы мониторинга моря по типу бывших Госкомгидромета и Каспводнадзора, так и научно-технических связей между республиками.

Представляется также целесообразным организация межгосударственного фонда для поддержания экосистемы Каспия за счет паевых взносов в соответствии с долей каждого в загрязнении акватории.

2.3. Гидрохимические показатели качества вод

Гидрохимические показатели качества вод Каспийского моря, едва ли не охватывают всю таблицу периодической системы Менделеева. В то же время лишь некоторые из этих компонентов, такие как нефтяные углеводороды, фенолы, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) пользуются здесь широким распространением. Остальные ингредиенты загрязнения, кроме пестицидов, не представляют какой-либо опасности для окружающей среды, так как их содержание в воде в основном не превышает величин ПДК (Приложение, табл.10). Эпизодически встречающиеся максимумы значений ограничены близостью к техногенным источникам вредных примесей. Из-за непостоянства притока и сравнительно малых объемов эти компоненты локализуются обычно в узкой прибрежной полосе, не выходя далеко в море. Некоторым исключением являются реки Волга и частично Кура, выносящие пестициды почти на всю приустьевую область акватории [59,60].

Судя по полученным данным, концентрация СПАВ здесь была небольшой за редким исключением, что объясняется их активным взаимодействием с присутствующими там нефтяными углеводо-

родами и фенолами [107].

Повышенное содержание ртути наблюдалось лишь в отдельных точках Бакинской бухты, Сумгаита, Махачкалы, Туркменбаши, но, обычно, в донных отложениях [60,61]. Причем, несмотря на загрязненность вод моря, количественное соотношение между основными компонентами их состава (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) оставалось неизменным (табл.2.3). [91,115,131].

Для характеристики динамики процессов загрязнения Каспия в основном использовались средневзвешенные числа концентрации нефтяных углеводородов, фенолов, СПАВ, как доминирующих здесь веществ (табл.2.3). Таким же образом определялись изменения величин этих вредных примесей в пространстве, по площади и глубинам всего бассейна.

Таблица 2.3

Химический состав и качество вод Каспия (1966-1996 гг.
средние значения, горизонт - Ом)^x [115,137]

Районы	Cl, мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	HCO ₃ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	Na ⁺ + K ⁺ мг/л	Сумма ионов	НУ мг/л	Фен. мг/л	СПА В мг/л
Каспийское море	5,35	3,04	0,21	0,33	0,74	3,25	13,0	0,12	0,003	0,05
Северный Каспий	2,65	1,6	0,18	0,20	0,37	1,61	6,61	0,16	0,004	0,08
Средний Каспий	5,44	2,96	0,22	0,34	0,70	3,30	13,0	0,10	0,003	0,04
Южный Каспий	5,45	3,05	0,21	0,34	0,72	3,3	13,06	0,11	0,003	0,01
Апшеронский архипелаг	5,5	3,16	0,21	0,34	0,7	3,5	13,4	0,14	0,008	0,07
Бакинский архипелаг	5,30	4,50	0,60	0,20	1,40	2,40	14,4	0,15	0,008	0,04
Бакинская бухта	5,3	3,03	0,22	0,3	0,72	3,4	13,0	0,7	0,025	0,09

[60,61]^x

Об особенностях распределения последних на акватории моря можно судить по уменьшению значений нефтяных примесей (0,19-0,08-0,13 мг/л), фенолов, СПАВ от Северного к Среднему и Южному Каспию (табл.2.4) (Приложение, табл.1). Такая же тенденция сохраняется и у других ингредиентов – аммонийного азота, нитри-

тов, нитратов и минерального фосфора. Кроме того наблюдалось снижение концентрации загрязняющих веществ от западной к центральной и восточной частям водоема (табл.2.4). Это также иллюстрируется характером распределения средних значений примесей нефти в интервалах изобат Каспия от 0,17 мг/л (0-5,0 м) до 0,02 мг/л (500-800 м) (Приложение, табл.2). В то же время в центральной области, начиная от приустьевого пространства Волги и кончая глубоководными, сравнительно более чистыми районами Среднего и Южного Каспия, содержание нефти (0,20-0,10-0,08 мг/л), фенолов и СПАВ соответственно уменьшалось в южном направлении (табл.2.4). Аналогичная ситуация прослеживалась при изменении величин аммонийного азота, нитритов, нитратов и минерального фосфора.

Следует отметить, что динамика значений инородных компонентов вдоль западного и восточного побережий акватории в основном сопряжена с их приуроченностью к крупным, либо к мелким источникам загрязнения, населенным и промышленным пунктам (рис.2.3).

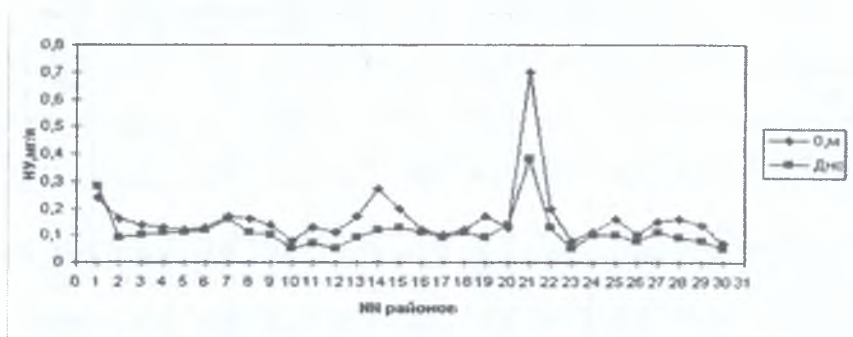


Рис.2.3. Изменение содержания нефтяных углеводородов западного побережья Каспия. Районы: 1- Северный Каспий, 2 - о.Чечень, 3 - Лопатин, 4 - взм.р.Терек, 5 - взм.р.Сулак, 6 - Махачкала, 7 - Каспийск, 8 - Избербаш, 9 - Дербент, 10 - взм.р.Самур, 11 - пос.Набрань- Низовая, 12 - Дивичи, 13 - пос.Зарат-Киязи, 14 -Сумгаит, 15 - пос. Джорат, 16 - пос.Пиршаги, 17 - пос.Бильгя, 18 - пос. Шувеляны, 19 - о.Жилой, 20 - Н.Камень, 21 - Бакинская бухта, 22 - мм.Шихов-Сангачалы, 23 - б.Макарова, 24 - о.Булла, 25 - Куринское взм., 26 - Камень Игнатия, 27 - Куринский Камень, 28 - Ленкорань, 29 - Астара, 30 - взм.р.Сефидруд.

Таблица 2.4

Гидрохимические показатели водной среды (Каспийского моря)
(1978 - 1995 гг.)

NN п/п	Районы	Глубина, м	О ₂ мг/л	%	НУ мг/л	Фосфор мг/л	СН ₄ мг/л	NO ₂ мг/л	NO ₃ мг/л	Рассе мг/л
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Северная (Привольная) часть	1.0-7.0	9.6	95	0.13	0.006	0.08	45	609	19
2	Западная часть	1.0-7.0	11.5-4.0	121-21	2.8-0	0.02-0	0.20-0	62.4-0.3	870-0	32.5-0
3	Центральная часть	4.0-18.0	9.5	101	0.12	0.005	0.04	5	56	18
4	Восточная часть	2.0-25.0	12.5-5.1	115-23.1	4.0-0	0.03-0	0.14-0	28.0-0	108-0	86.5-0
5	Северный Каспий весь регион	1.0-25.5	8.7	104	0.1	0.003	0.014	2.1	350	13.3
6	Западная часть	0.5-100	14.0-0.4	125-7	2.1-0	0.06-0	0.12-0	59.0-2	850-0	200-0
7	Центральная часть	110-810	9	102.4	0.11	0.004	0.03	3	35	11.5
8	Восточная часть	1-100	13.9-8.7	120-32	4.2-0	0.02-0	0.3-0	12-0	190-0	167-0
9	Средний Каспий весь регион	0.5-810	9.2	100	0.11	0.004	0.03	7.3	199.3	14.4
10	Западная часть	0.5-100	8.8	93.1	0.08	0.002	0.02	62.4-0	870-0	260-0
11	Центральная часть	110-810	13.0-5.5	1380-42	1.2-0	0.02-0	0.22-0	1.8	17.1	11.1
12	Восточная часть	1-100	8.5	68.5	0.04	0.0006	0.009	15.0-0	459-0.1	200-1.0
13	Южный Каспий весь регион	0.5-810	13.6-2.5	138-22	1.5-0	0.02-0	0.5-0	4.2-0.2	32-0	52.0
14	Западная часть	0.5-100	8.3	86.2	0.1	0.003	0.032	1.8	12.5	12.8
15	Центральная часть	110-850	7	75.5	0.05	0.001	0.005	8.7-0.2	98.1-0	34-0
16	Восточная часть	1-100	12.1-2.5	138-12	0.8-0	0.02-0	0.08-0	52	14.1	11.4
17	Южный Каспий весь регион	0.5-850	8.3	91.1	0.07	0.002	0.02	15-0	469-0.1	200-0
18	Западная часть	0.5-100	12.4-4.4	130-60	1.5-0	0.05-0	0.72-0.1	2.5	2	9.5
19	Центральная часть	110-850	7.8	84.2	0.07	0.002	0.02	265-0.1	700-0	150-0
20	Восточная часть	1-100	12.4-2.3	150-12	7.1-0	0.05-0	0.72-0	1.33	1.4	8.8
21	Южный Каспий весь регион	0.5-850	7.4(1358)	74.4(4566)	0.06(24720)	0.001(17686)	0.02(14423)	5.5-0	18.5-0	59-0
22	Западная часть	0.5-1000	14.0-0.4	150-12	7.1-0	0.05-0	0.72-0	1.5	1.2	7.8
23	Центральная часть	110-850	7.4(1358)	74.4(4566)	0.06(24720)	0.001(17686)	0.02(14423)	8.0-0.1	5.3-0	86-0.3
24	Восточная часть	1-100	12.4-4.4	130-60	1.5-0	0.05-0	0.72-0.1	2.1	1.8	9
25	Южный Каспий весь регион	0.5-850	12.4-2.3	150-12	7.1-0	0.05-0	0.72-0	265-0	700-0	150-0
26	Западная часть	0.5-100	8.3	86.2	0.1	0.003	0.032	2.2(24680)	22.2(5465)	10.6(21136)
27	Центральная часть	110-850	7	75.5	0.05	0.001	0.005	87(14465)	870-0	260-0
28	Восточная часть	1-100	12.1-2.5	138-12	0.8-0	0.02-0	0.08-0	300-0	870-0	260-0
29	Южный Каспий весь регион	0.5-850	12.4-2.3	150-12	7.1-0	0.05-0	0.72-0	300-0	870-0	260-0

(*) - средневзвешенные значения по отношению к числу определений.
(горизонты 0 - дно). Ср. значение (число определений)
г/л - г/л

Здесь, например, высоким, нередко экстремальным содержанием вредных примесей выделяются акватории Махачкалы, Нефтяных Камней, Баку, взморья Куры, Туркменбаши, Челекена.

Об этом также можно судить по средним значениям нефти, фенолов, СПАВ при их изменении в западной и восточной частях моря по направлению с севера на юг. И, напротив, наименьшая концентрация инородных компонентов в воде на приведенном графике соответствует малозагрязненным районам Набрани, Ленкорани западного побережья Каспия (рис.2.3). О характере распределения нефтяных углеводородов на поверхности моря свидетельствуют также поля загрязнения, где их количество повышается по обе стороны от центральной площади (0,1 мг/л) акватории моря к береговой черте на западе (0,3 мг/л) и востоке (0,2 мг/л). В придонных слоях Каспия изолинии тех же компонентов соответствуют нулевым значениям в глубоководной зоне (0,0 мг/л) и относительно большим показателям ($<0,1$ - $0,1$ - $>0,1$ мг/л) на мелководье бассейна (рис.2.4а,б).



Рис.2.4. Каспийское море. Поля загрязнения НУ (мг/л), поверхность (а), дно (б).

Согласно классу качества (IV) и величинам ИЗВ (2,8-2,1-2,2) акватория всего Каспия в целом относилась к загрязненным водам (табл.2.5) [60,61].

Как показали исследования, содержание вредных примесей в придонных горизонтах было меньше, чем в поверхностных слоях моря. Отклонения возникали под влиянием гидрометеорологических факторов, обычно при взмучивании загрязненных донных отложений в мелководной зоне. Об общей для Каспия тенденции снижения концентрации загрязняющих веществ с глубиной свидетельствует сводный разрез горизонтов 0-5-10-25-50-100-500-1000 м. При этом отмечается закономерное уменьшение содержания нефтяных углеводородов (0,12 мг/л), фенолов (0,003 мг/л), СПАВ (0,05 мг/л) от максимальных до нулевых значений (рис.2.5).

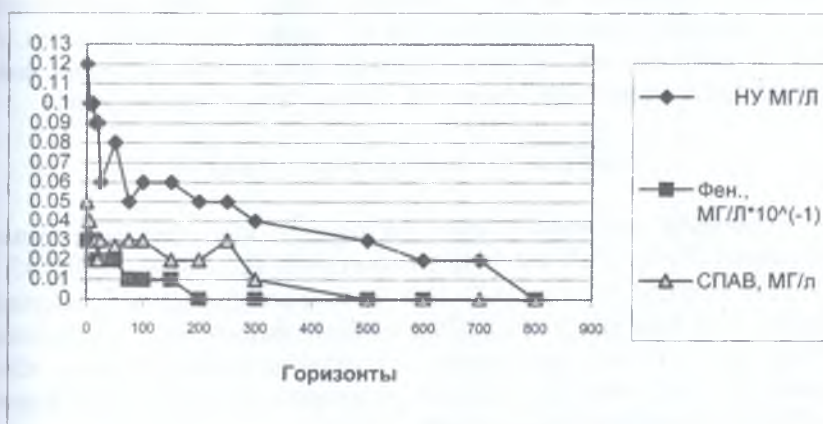


Рис. 2.5. Изменение содержания загрязняющих веществ (НУ, фенолов и СПАВ) по глубине Каспийского моря (1978 - 1995 гг, средние значения)

То же самое иллюстрируют пределы концентрации аммонийного азота (48,6-10,2 мкг/л), нитритов (2,9-1,5 мкг/л) и нитратов (12,0-0,7 мкг/л) в поверхностных и придонных слоях акватории.

Тем не менее показатели минерального фосфора в отличие от других компонентов здесь, напротив, повышаются от 13,5 до 34,0 мкг/л по мере увеличения глубины моря [60,61].

Характеризуя особенности распределения количества загрязняющих веществ в пространстве региона, следует подчеркнуть их снижение от обоих берегов к центральной части акватории, равно как от Северного к Южному Каспию (табл.2.4, рис.2.4).

Причем, западное побережье по сравнению с восточным отличается большей загрязненностью, находясь под более высокой антропогенной и промышленной нагрузкой выбросов городов, портов, объектов морской нефтедобычи, речного стока [59,60,61].

Таким образом, судя по характеру распределения вредных примесей на поверхности Каспия на примере нефтяных углеводородов, их средневзвешенная концентрация снижается от западного побережья к центральной части акватории, образуя там площадь минимальных значений. После чего эти величины вновь возрастают в восточном направлении. В то же время поля загрязнения придонных горизонтов моря отличаются более низким содержанием компонентов, также нарастающим в сторону береговой линии. А глубоководная часть Каспия характеризуется почти нулевой концентрацией инородных примесей, являясь практически чистой.

2.4. Роль рек в загрязнении Каспия

Главным источником питания Каспия, как поверхностными водами ($240,0 \text{ км}^3/\text{г}$), так и загрязняющими веществами ($305147,1 \text{ тонн/г}$) является Волга [138]. При этом даже суммарный, жидкий сток остальных рек ($55,0 \text{ км}^3/\text{г}$), а также различных токсикантов ($89,1 \text{ тыс.тн/г}$) не сопоставим с ее колоссальным объемом, вбирающим в себя значительную часть промышленных отходов Европейской территории России (табл.2.5).

Число крупных рек, впадающих в Каспийское море, невелико, а их большая часть расположена на его западном побережье. Это Терек ($11,0 \text{ км}^3/\text{г}$), Сулак ($5,6 \text{ км}^3/\text{г}$), Самур ($2,2 \text{ км}^3/\text{г}$), Кура ($18,6 \text{ км}^3/\text{г}$), Сефидруд ($4,5 \text{ км}^3/\text{г}$) и другие (всего около 600) более мелкие водотоки, пересыхающие в жаркое время года [59]. На восточном, пустынном и почти бессточном берегу лишь три реки: Урал ($12,6 \text{ км}^3/\text{г}$) и Эмба ($0,0 \text{ км}^3/\text{г}$) на севере и Атрек ($0,0 \text{ км}^3/\text{г}$) на крайнем юге. Последние две из них не имеют существенного значения, так как достигают моря только в период сезонных половодий, до того полностью разбираясь на нужды орошения [33,59].

Таблица 2.5

Среднегодовое количество загрязняющих веществ, поступающих с речным стоком
в Каспийское море

Река	Водный сток, км³/год	тонны /год (1978- 1995)										Тыс. тн	
		HV	Фенолы	СПАВ	NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄	Металлы	Пестициды	Взвесь		
Волга	265,0	70430,0	651,0	5120,0	56100,0	1 1040,0	149500,0	7910,0	7220,0	12,5	11722,8		
Урал	12,6	1260,0	101,0	567,0	2646,0	428,4	3906,0	-	164,0	0,07	2800,0		
Терек	11,0	1320,0	44,0	297,0	2200,0	550,0	14950,0	770,0	352,0	0,47	11561,0		
Сулак	5,6	560,0	17,0	78,4	672,0	67,2	3864,0	350,0	191,0	0,4	1946,0		
Шура-Олень	0,004	0,57	0,008	0,25	-	-	-	-	1,43	-	-		
Самур	2,2	220,0	4,4	39,6	902,0	63,8	1078,0	220,0	66,2	0,06	5002,5		
Кулман-чай	0,215	6,45	1,1	7,3	43,0	1,29	172,0	14,2	22,6	0,007	93,7		
Джанги-чай	0,012	0,72	0,11	0,4	4,44	1,56	1,12	0,85	0,32	0,0009	0,81		
Кутра	18,6	1860,0	167,4	632,4	2604,0	8370,0	31620,0	1392,0	2531,5	1,02	14505,0		
Визакчай	0,08	6,0	0,45	3,6	15,0	3,9	60,0	11,1	3,0	0,0009	36,0		
Лепкоринчай	0,26	5,16	1,55	7,2	18,6	4,13	113,52	19,36	5,5	0,004	5,9		
Теплеринчай	0,07	1,36	0,2	3,81	9,52	1,0	17,0	4,90	7,05	0,0005	0,14		
Исфисунчай	0,044	1,76	0,22	1,0	21,56	1,0	11,0	4,84	1,4	0,0005	4,5		
Сефидруд	4,5	200,0	5,0	60,0	-	3,0	18,5	17,0	156,0	0,06	-		
ВСЕГО:	320,2	79665,4 ^{X)}	993,44	6820,0 ^{X)}	65236,1	20535,0	201341,0	10624,2	11257,4 ^{X)}	18,5 ^{X)}	47679,0		
max		161000,0	1908,0	12800,0	187600,0	28000,0	277600,0	17000,0	12448,0	31,5	22836,0		
min		0,0	0,0	0,0	0,36	0,05	0,29	0,53	0,0	0,0	28,0		

X) С поправкой на сток ЗВ, сорбированных на илеси.

Гидрографическая сеть Западного побережья Каспия начинается на высотах Большого, Малого Кавказа, в Талышских горах. Протяженность рек здесь изменяется в широких пределах, но самой длинной среди них является Кура (1500 км). Режим водных артерий региона горный, паводковый с весенним и осенним максимумами, совпадающими с периодами таяния ледников и снежников, а также сезонами дождей. Несколько иным характером отличается полуравнинная Кура за счет своих притоков [59,74].

В целом же формирование речного стока западного побережья происходит на обширной площади Чечено-Ингушетии, Дагестана, Армении, Грузии и Азербайджана, насыщенной промышленными предприятиями, сельскохозяйственными угодьями, крупными населенными пунктами. Все это вместе взятое стало причиной интенсивного поступления огромных масс антропогенных примесей различного состава в Каспийское море.

Их количество, сезонный режим оказывают существенное влияние на экологическое состояние водоема. В то же время для внутригодового распределения растворенных в воде ЗВ на примере дельты Волги характерно увеличение объема в половодье и уменьшение в зимнюю и летне-осеннюю межень. Этим же гидрологическим сезонам соответствовало количество токсикантов, перешедших из донных отложений в воду (табл.2.6, 2.7).

Таблица 2.6

Внутригодовое распределение загрязняющих веществ
(тыс.тн), растворенных в дельте Волги (1991) [138]

Загрязняющие вещества (З.В.)	Гидрологические сезоны			
	Зимняя межень	Половодье	Летне-осенняя межень	Г о д
НУ	22,6	47,2	24,0	93,8
Фенолы	0,25	0,52	0,26	1,0
СПАВ	1,4	2,9	1,46	5,8
В.В.	3661,0	7624,0	3843,0	15128,0
Металлы ($C_n + Z_n$)	2,5	5,2	2,61	10,3
Пестициды	0,004	0,008	0,004	0,015

**Поступление загрязняющих веществ из донных отложений
в дельте Волги по гидрологическим сезонам
в среднеклиматический год [138]**

Загрязняющие вещества (З.В.)	Гидрологические сезоны			
	Зимняя межень	Половодье	Летне- осенняя межень	Г о д
НУ	5,9	9,2	7,2	22,3
СПАВ	0,005	0,008	0,006	0,019
Металлы ($C_n + Z_n$)	0,66	1,04	0,79	2,49
Пестициды	0,0025	0,004	0,003	0,009

Судя по имеющимся данным, во взвесах реки Волги (11786 тыс.тн/г) в среднем содержалось 3,82 тыс.тн/г нефтепродуктов, 1,9 тн/г СПАВ, 388,2 тн/г металлов, 1,5 тн/г пестицидов [122,138].

Суммарный сток загрязняющих веществ в вершине волжской дельты составил тысячи тонн нефтяных примесей (71,65), фенолов (0,69), СПАВ (5,3), органики (1165,4), минерального фосфора (8,0), нитритов (11,0), нитратов (144,5), аммонийного азота (56,1), металлов (7,2) и пестицидов (0,012).

Реки западного побережья по химическому составу в основном относятся к сульфатному, реже гидрокарбонатному классу. Однако, это положение непостоянно и соотношение ионов в Тереке, Самуре, Кура периодически меняется на обратное. Высокое содержание катионов натрия – калия (829,0-194,0 мг/л), сульфатов (1614,0-143,0 мг/л), наблюдавшееся в перечисленных реках, кальция (232,2 мг/л), хлоридов (460,5 мг/л) в Тереке, повышенная минерализация (1074,0 мг/л) Куры также указывают на их загрязненность [33,59].

Согласно величинам ИЗВ (индекс загрязненности вод) Волга (4,6) относится к грязному (V), Урал (2,8), Кудиялчай (2,2), Дивичай (2,8), Кура (2,7) к загрязненному (IV), Терек (2,0), Сулак (1,83), Шура-озень (1,5), Самур (1,2), Виляжчай (1,2), Ленкораньчай (1,6), Тенгерючай (1,1), Истисучай (1,2) - к умеренно-загрязненному (III),

и Сефидруд (0,65) к чистому (II) классам качества вод (приложение, табл.4).

Техногенные вещества, поступающие в море с речным стоком, трансформируются, взаимодействуя с окружающей средой, загрязняют ее. Об этом можно судить при сопоставлении гидрохимических показателей устьев рек и примыкающего к ним взморья [59,60]. Активный гидродинамический режим прибрежной полосы ограничивает влияние речного стока глубинами 5-10, реже 20 м. После чего устанавливается обычное соотношение химических ингредиентов открытого моря [60,61].

Судя по объему, количество загрязняющих веществ, стекающих на акваторию, распределяется по мере убывания между Волгой (605,1 тыс. тн/г), Курой (49,7 тыс.тн/г), Тереком (21,5 тыс. тн/г), Уралом (9,1 тыс. тн/г), Самуром (2,6 тыс.тн/г), Сефидрудом (417,1 тн/г) и остальными более мелкими водотоками (642,0 тн/г), составляя суммарно 839,4 тыс. тн/г (табл.2.5, приложение, табл.3).

Сефидруд, самая крупная река на крайнем юге Каспия, чье влияние прослеживается на обширной площади Энзелийского залива, куда она впадает. Крайняя ограниченность фактического материала затрудняет полную характеристику экологического состояния этой акватории [1,65,144].

Проведенные исследования (1976-1995 гг.) показали, что в общем стоке рек бассейна содержалось 79,7 тыс.тн/г нефтепродуктов, 1,0 тыс. тн/г фенолов, 6,8 тыс.тн/г СПАВ, 65,23 тыс.тн/г NH_4 , 20,5 тыс.тн/г NO_2 , 201,3 тыс.тн/г NO_3 , 10,6 тыс.тн/г PO_4 , 12,8 тыс.тн/г металлов, 17,5 тн/г пестицидов и 47,7 млн.тн/г взвесей (табл.2.5). Состав последних изучен недостаточно, да и то лишь в пределах Волжской дельты, хотя возможность формирования ими очагов повторного загрязнения вовсе не исключена [138].

Кроме того, установлено наличие сульфатов (11 млн.тн/г), бензойной кислоты (32,0 тыс.тн/г) и ртути (1,87 тн/г) в жидком стоке рек водоема. При этом общее среднесезонное количество техногенных примесей, поступавших на акваторию, равнялось 396,5 тыс.тн/г (табл.2.5). В то же время максимальные объемы загрязняющих веществ совпадали с паводками (весной и летом в связи с таянием ледников и снежников, осенью от дождей) горных и половодьями (весной) равнинных рек. Минимальное количество токсикантов речных вод, напротив, наблюдалось в периоды зим-

ней и летней межени (табл.2.6;2.7;2.8;2.9).

Судя по полученным данным, величина общей массы техногенных примесей, сбрасываемых в море, зависит не столько от водности рек, сколько от их концентрации в загрязненном стоке. Так, например, на малых реках Дагестана и Азербайджана при засухах и маловодье наблюдалось повышенное содержание инородных веществ. Непосредственное воздействие загрязненных речных вод на акватории прослеживается в неширокой полосе от десятка метров до нескольких километров. Далее, уже на взморье уровень загрязнения снижается, становясь таким же, как на остальной площади моря. Следует отметить, что почти во всех устьях Прикаспийских рек показатели нефти, фенолов, металлов и пестицидов превышали их ПДК. При этом увеличенная концентрация цинка была зафиксирована (5,6 ПДК) в Волге и Урале, ртути, фурфурола, сульфатов, нитритов – в Шура-озени, Кудиалчае, Дивичичае и Куре. Меньше всего нефтепродуктов и прочих ингредиентов загрязнения оказалось в Виляжчае, Ленкораньчае, Тенгерю и Истисуцае [59].

Таблица 2.8

Внутригодовое распределение концентрации загрязняющих веществ в стоке вод р.Самур (1976-1994,средн.значения)
[59,60]

Месяцы	I	III	V	VII	IX	X
Сток воды, км ³	0,06	0,06	0,33	0,36	0,18	0,14
O ₂ , мг/л	12,01	15,27	9,95	9,25	8,61	8,58
НУ, мг/л	0,07	0,01	0,09	0,06	0,29	0,03
НУ, тн	4,1	0,63	29,8	21,6	52,2	4,2
Фенолы, мг/л	0,004	0,008	0,002	0,004	0,005	0,004
Фенолы, тн	0,24	0,48	0,66	1,44	0,9	0,56
СПАВ, мг/л	0,033	0,006	0,016	0,056	0,040	0,053
СПАВ, тн	1,98	0,36	5,28	20,2	7,2	7,42
ИЗВ	^x 1,93(III)	^x 2,7(III)	^x 1,4(III)	^x 1,8(III)	^{xx} 3,1(IV)	^x 1,6(III)

^x) умеренно загрязненная по классу качества;

^{xx}) загрязненная "- "- "- "-

Межгодовая динамика загрязненного стока имела неравномерный характер из-за импактности антропогенного сброса веществ. Однако, несмотря на это, их концентрация и объемы стали уменьшаться после распада СССР и резкого сокращения промышленности в Прикаспийских странах СНГ (приложение, табл.3).

В результате среднесуточное количество нефти, поступающей со стоком Волги снизилось с 71,6 тыс.тн (1978-1991гг.) до 54,3 тыс.тн (1992-2000 гг.), а ее концентрация в водах дельты в среднем с 0,24 до 0,17 мг/л [84].

Отсутствие данных не дало возможности для характеристики аналогичных изменений в состоянии других районов Каспия.

Тем не менее практически все приустьевые области рек водоема продолжают оставаться загрязненными различными (органическими и неорганическими) соединениями техногенного и бытового происхождения. Они по-прежнему представлены доминирующими на акватории нефтяными углеводородами, фенолами, СПАВ, а присутствие иных веществ имело подчиненное значение. Состав загрязнителей обусловлен разнообразием и мощностью промышленных предприятий, величиной населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий, охваченных гидрографической сетью.

Как оказалось, концентрация инородных компонентов в реках находится в обратной зависимости от их водности, тогда как суммарный годовой сток воды и вредных примесей, достигающий сотен и тысяч тонн, остаются прямо пропорциональными друг другу (табл.2.5;2.9). Изменение содержания загрязняющих веществ в устьях рек не подчиняется определенной закономерности в связи с импактностью техногенных сбросов.

Таблица 2.9

Внутригодовое распределение концентрации и стока НУ в вершине дельты Волги (1997 г.) [122]

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ср.зн
Объем стока, км ³	13,3	10,5	11,2	17,04	60,7	37,5	17,9	16,3	13,8	22,03
НУ, мг/л	0,1	0,34	0,24	0,26	0,20	0,11	0,07	0,05	0,11	0,16
НУ, тыс.тн	1,33	3,56	2,7	4,43	12,14	4,13	1,25	0,82	1,51	6,2

Таблица 2.10

Поступление загрязняющих веществ с речным стоком Прикаспийских стран в море
(средние значения в тоннах) [1,59]

Страны	Сток воды		НУ		Фосфоры		СПАВ		NH ₄		NO ₂		NO ₃		PO ₄		Металлы		Пестициды		Взвеси	
	км ³	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	Тыс.т	%
Россия	284,0	88,7	76157,1 ^а	95,6	716,41	73,2	5540,0 ^а	80,6	59874	91,8	11721	57,1	163392	82,1	9250	87,0	8222,1 ^а	64,2	1544 ^а	88,2	3032,3	63,4
Азерб-н	19,3	6,0	1975,5 ^а	2,47	171,0	16,5	666,3 ^а	9,5	2716,1	4,1	8383	41,0	31994	16,0	1447,2	13,6	2700,0 ^а	21,0	120 ^а	6,8	14646,0	30,7
Казах-н	12,6	3,9	1323,0 ^а	1,66	101,0	9,7	618,0 ^а	9,0	2646,0	4,0	428,4	2,1	3906,0	1,94	-	-	1722,0 ^а	13,4	0,8 ^а	4,6	2800,0	6,0
Иран	4,5	1,4	210,0 ^а	0,26	5,0	0,48	60,1 ^а	0,9	-	-	3,0	0,01	18,5	0,009	17,0	0,16	164,0 ^а	1,3	0,07 ^а	0,4	-	-
ВСЕГО	320,2	100	79665,62 ^а	100	1028,0	100	6874,3 ^а	100	15726,1	100	20535,0	100	201341,1	100	10624,2	100	12808,13 ^а	100	17,5 ^а	100	47679,0	100

(а) – с поправкой на сток З.В., сформированной из плесей

Более чистыми по сравнению с равнинными оказались реки Большого Кавказа и Талыша. Как исключение следует рассматривать загрязненность горных Кудиалчая и Дивичичая в Азербайджане и Сефидруда в Иране, низовья которых находятся под воздействием промстоков городского и сельского хозяйства [59,1].

При этом общее количество техногенных примесей, стекающих с территории России (367,0 тыс.тн/г), включая реки Дагестана, почти по всем показателям превышало их содержание в речном стоке Азербайджана (64,7 тыс.тн/г), Казахстана (13,5 тыс.тн/г) и Ирана (0,48 тыс.тн/г). Соответственным было и процентное соотношение речного вклада нефтяных углеводородов (95,6-2,5-1,7-0,26%) отдельных прикаспийских стран в загрязнение водоема (табл.2.10, приложение, табл.5).

Согласно значениям ИЗВ и классам качества вод рек Прикаспия изменялись от грязных (Волга – 4,6 V), до чистых (Сулак – 0,83 II, Сефидруд 0,65 II) категорий (приложение, табл.4). В то же время их суммарный ежегодный сток в интервале проведенных исследований (1978-1994 гг.) был преимущественно умеренно загрязненным (1,6-2,5 III) по составу (приложение, табл.3).

Как отмечалось, реки Прикаспия образуют стоковые течения, тем самым участвуя в распространении загрязняющих веществ на акватории. И, конечно, особая роль в загрязнении моря принадлежит Волге, влияние которой ощущается далеко за пределами приустьевой области.

Глава 3. ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ДИНАМИКА НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ ПО ДАННЫМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Гидрометеорологические условия являются основными факторами загрязнения и самоочищения Каспия [31,61]. Эту роль выполняют ветры различных направлений, скорости и сопутствующее им волнение. Каждый из них в зависимости от положения береговой линии, места, источника загрязнения отличается определенными показателями качества воды.

3.1. Влияние ветров и волнения на загрязнение моря

Режим ветров и волнения оказывает существенное воздействие на распределение и трансформацию техногенных примесей в Каспийском море. Как известно, здесь преобладают ветры северных и южных направлений с повторяемостью равной 41,0 и 35,0%. Гораздо меньшее число случаев приходится на долю западного (3,0%), восточного (7,0%) ветров и на штиль (14,0%). В той же последовательности им соответствовали крайние концентрации значения нефти: (0,31-0,13 мг/л), (0,26-0,11 мг/л), (0,23-0,11 мг/л), (0,13-0,11 мг/л) и (0,45-0,12 мг/л). Менее контрастны были показатели фенолов, СПАВ и других веществ. Следует заметить, что в отличие от нефти и фенолов, содержание остальных вредных примесей не превышало ПДК для рыбохозяйственных водоемов (табл.3.1). Кроме того, мизерное количество СПАВ в загрязненных районах акватории, по-видимому, связано с их активным взаимодействием с нефтяными углеводородами [61,107].

Концентрация последних в водах Северного Каспия была больше при штиле (0,45 мг/л), чем в условиях северного (0,31 мг/л), южного (0,26 мг/л), западного (0,23 мг/л) и восточного (0,13 мг/л) ветров (табл.3.1).

Причем содержание компонентов нефти на западе (0,34 мг/л) региона в среднем всегда превышало их показатели в его восточной (0,21 мг/л) и центральной (0,14 мг/л) частях. Более значительный уровень загрязнения этого района моря объясняется влиянием основного западно-бережного рукава Волги [61,138].

В Среднем Каспии концентрация нефтепродуктов при северном ветре (0,13 мг/л) и штиле (0,12 мг/л) мало отличалась от остальных (0,11 мг/л) направлений ветров. Тем не менее несколько повышенное, по сравнению с другими районами (0,11 мг/л), содержание нефтяных углеводородов наблюдалось в западной (0,14 мг/л) половине акватории.

Дело в том, что в отличие от восточного, западное побережье моря находится под техногенной нагрузкой промышленности, сельскохозяйственных, городских территорий и речного стока. В Южном Каспии больше нефтяных примесей прослеживалось в штиль (0,16 мг/л) и при западном (0,16 мг/л) ветре, меньше при северном (0,15 мг/л), южном (0,14 мг/л) и восточном (0,13 мг/л) ветрах (табл.3.1).

Наряду с этим было выявлено снижение их осредненных показателей от западного шельфа (0,20 мг/л) к центральному (0,10 мг/л) и восточному (0,13 мг/л) районам моря. То же самое наблюдалось и в штиль, когда содержание нефти на акватории уменьшалось от 0,28 до 0,08 и 0,12 мг/л (приложение, табл.6).

Судя по величинам ИЗВ и классу качества, при любых ветрах, кроме восточного (IV - 3,2 - загрязненные) и в штиль (VI - 6,3 - очень грязные) воды северного Каспия оставались грязными (V - 4,4-4,7), а средней и южной частей моря (IV - 2,1-3,4) загрязненными. В то же время было замечено снижение средних концентраций нефти, фенолов и СПАВ от северного к южному и среднему Каспию (приложение, табл.6).

Исходя из близости параметров загрязнения при различных ветрах, площадь водоема в целом согласно значениям ИЗВ (IV - 2,6-3,6) являлась загрязненной (приложение, табл.6). Кроме того установлено, что количество вредных примесей на акватории изменялось не столько от направления ветров, сколько в зависимости от их скорости (рис.3.1;3.2). Влияние последней на распространение нефтяных пятен на западном и восточном побережье Каспия рассмотрено по материалам аэрофотосъемки в специальном разделе.

Как показали наблюдения, при любых метеоусловиях больше нефтяных примесей было в районах портовых городов Баку (0,7-0,4 мг/л), Махачкала (0,12-0,19 мг/л), Туркменбаши (0,16-0,27 мг/л) и меньше в зонах отдыха Набрани (0,07-0,18 мг/л), на взмо-

рье Ленкорани (0,08-0,17 мг/л) и близ устья реки Сефидруд (0,05-0,1 мг/л) в Иране [61,114].

Следует отметить, что одни и те же ветры по-разному влияли на загрязнение отдельных участков моря, усиливая или ослабляя его. Причем, степень их загрязнения зависела от локальных природных и техногенных особенностей акватории, изменявших концентрацию инородных веществ. Так, например, сгоны и нагоны при северном и южном ветрах в Бакинской бухте обеспечивали ее водообмен с открытым морем и самоочищение. Они же обуславливали, в зависимости от направления, увеличение либо уменьшение нефтяного загрязнения северного и южного побережий Апшеронского полуострова.

Важное значение для распространения нефтяных пятен в Каспийском море, наряду с направлением, имеет скорость ветра. При ее увеличении на акватории происходило снижение концентрации примесей нефти от слабого (0,15-0,32 мг/л) к умеренному (0,08-0,18 мг/л) и сильному (0,07-0,15 мг/л) ветрам (рис.3.1;3.2).

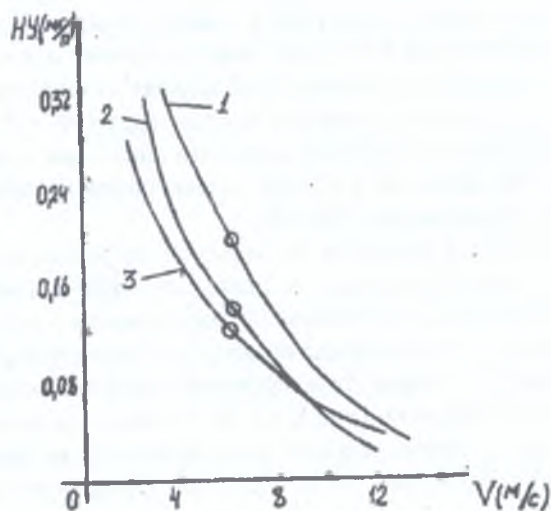


Рис. 3.1. Северный (1), Южный (2), Средний (3) Каспий.
Общие зависимости содержания нефтяных углеводородов (мг/л) от скорости ветров (м/сек) без учета их направления.

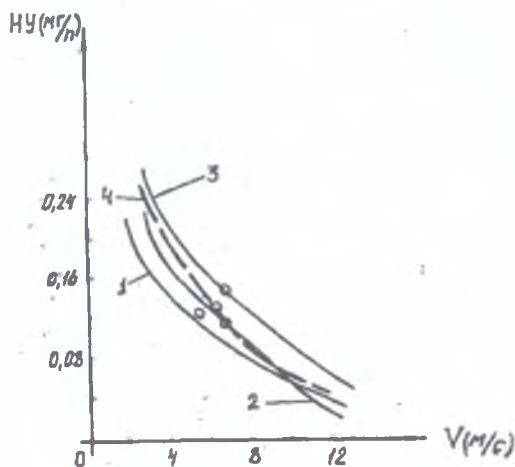


Рис. 3.2. Южный Каспий

Общие зависимости содержания нефтяных углеводородов от скорости северных (1), южных (2), западных (3) и восточных (4) ветров.

Однако, в случае непрерывного действия источника загрязнения при одном и том же ветре, количество нефтяных углеводородов сначала падает, а затем снова возрастает, стабилизируясь на первоначальном уровне. Это подтверждено экспериментами автора, проведенными в Апшеронском морском районе в 1980-х годах. Поля нефтяного загрязнения на прилагаемых схемах при северных ветрах образовывали область пониженных значений ($< 0,1$ мг/л) вокруг Красноводского полуострова, расширяясь до разрезов Чечень-Мангышлак на севере и Куркамень-Огурчинский на юге (рис.3.3а). На остальной части моря отмечались более высокие концентрации нефтяных примесей ($> 0,1$ мг/л), нараставшие до $0,42$ мг/л к западному побережью [60,61]. При южных ветрах почти вся площадь водоема отличалась небольшими величинами НУ ($< 0,1$ мг/л), а максимальные ($> 0,2$ мг/л) находились в районе дельты Волги (рис.3.3б). Восточный ветер как бы очищал значительную акваторию, обрамляя малыми количествами ($< 0,1$ мг/л) компонентов центральную область водоема. Более высокие показатели нефти ($> 0,1$ мг/л) в этом случае располагались вдоль западного и восточного берегов бассейна, а также в северном Каспии (рис.3.3г).



Рис. 3.3 Содержание НУ (мг/л) на поверхности Каспийского моря при северном (а), южном (б), западном (в), восточном (г) ветрах и штиле (д)

Судя по схеме, западный ветер образует поля их пониженных значений к югу от разреза Куркамень-Огурчинский ($< 0,1$ мг/л). Почти всю остальную часть моря занимали концентрации нефти, равные $(0,1-0,2$ мг/л) и лишь в северо-западном углу ($> 0,2$ мг/л) (рис.3.3в). В штиль минимум токсикантов приходился на цен-

тральную область Южного Каспия ($НУ < 0,1$ мг/л), а более высокие значения ($>0,1$ мг/л) загрязнителя прослеживались на его оставшейся площади, достигая максимума ($0,5$ мг/л) в западно-бережной части устья Волги (рис.3.3д).

Одним из важных факторов загрязнения акватории, имеющего двоякий характер, являлось ветровое волнение, в результате которого ускорялись процессы разрушения токсических веществ и уменьшалась их концентрация.

Таблица 3.2

Изменение концентрации нефтяных углеводородов (мг/л)
в Каспийском море при различном волнении
(1978-1995 гг., средн.значение) [60,61]

Ветры	V, м/с	I балл (0-0,25 м) слабое	2 балла (0,25-0,75 м) умеренное	3-4 балла (0,75-2,0 м) значитель- ное	5-6 баллов (2,0-6,0 м) сильное
Северный:					
Слабый	0-5	0,23	0,21	0,15	-
Умеренный	5-8	0,18	0,17	0,08	-
Сильный	> 8	0,16	0,12	0,1	0,07
Южный:					
Слабый	-	0,24	0,22	0,16	-
Умеренный	-	0,17	0,14	0,12	-
Сильный	-	0,15	0,09	0,08	0,06
Западный:					
Слабый	-	0,32	0,24	0,19	-
Умеренный	-	-	0,13	0,1	-
Восточный:					
Слабый	-	0,23	0,21	0,19	-
Умеренный	-	-	0,15	0,12	-
Сильный	-	-	0,13	0,07	0,05
Штиль	-	0,27	0,16	0,09	-

Судя по натурным наблюдениям, содержание НУ на акватории снижалось от слабого ($0,15-0,32$ мг/л) к умеренному ($0,09-0,24$ мг/л), значительному ($0,07-0,19$ мг/л) и сильному волнениям (табл.3.2). Действие последних при штиле также сочеталось с

уменьшением содержания нефти в пределах 0,09-0,27 мг/л. Волнение, как известно, служит причиной ее потерь при испарении (25-45%) и рассеивании в течение нескольких суток [30,81].

Таким образом, в результате исследований была выявлена зависимость распределения нефтяных углеводородов в море от направления, скорости ветров и силы волнения. Установлено, что с их увеличением количество инородных веществ в водоеме уменьшается. То же самое происходит с параметрами нефтяных разливов в районах морской нефтедобычи [59,60].

Помимо этого отмечена инерционность уровней загрязнения моря, связанная с действием ветров. При их продолжительности и постоянстве объемов и качестве техногенного стока после некоторого спада концентрация токсикантов восстанавливается. В то же время прослеживается двоякая роль ветров и волнения в самоочищении и вторичном загрязнении морских вод в результате их перемешивания и взмучивания донных осадков.

3.2. Роль течений в загрязнении Каспия

Течения – одно из самых сложных и недостаточно изученных, хотя и очень важных явлений Каспийского моря (рис.3.4). Еще меньше исследована зависимость динамики загрязняющих веществ от циркуляции морских вод в горизонтальном и вертикальном направлениях. Данные синхронных наблюдений за этими процессами почти отсутствуют, либо имеются на ограниченной площади, относясь к одиночным гидрологическим станциям разных лет и метеоусловий. Относительно более информативны сведения аналогичного характера о состоянии качества вод Северного Каспия в связи с господствующими там течениями [31,74,82]. Влияние последних достаточно наглядно иллюстрируется на примере нефтяных углеводородов, содержание которых, судя по средним значениям, уменьшается от восточного к южному, северному и западному течениям как на поверхности, так и у дна западной, центральной и восточной частей акватории (табл.3.3).

Следует отметить, что при всех направлениях ветров и течений, а фактически независимо от них, западная окраина региона оставалась самой загрязненной в силу своей близости к основному рукаву Волги.

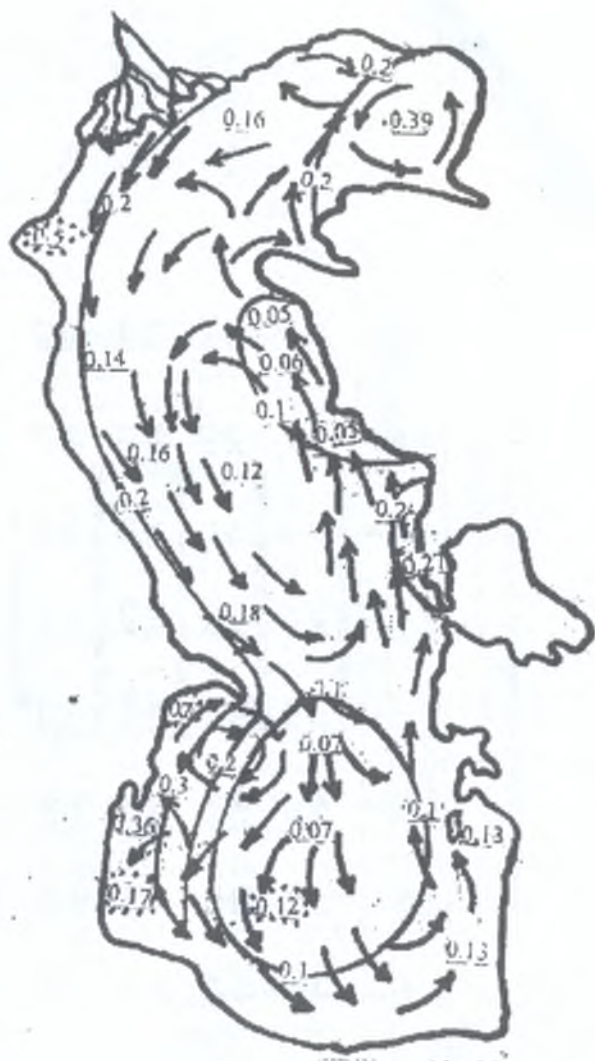


рис. 3.4 Схема поверхностных течений (→) и полей загрязнения НУ (мг/л) Каспийского моря (—) при штиле

Таблица 3.3

Показатели качества вод Северного Каспия при различных ветрах и течениях
(1978-1995 гг., среднее значение) [60,61]

Разрезы	Горизон- ты	O ₂ , мг/л	HV, мг/л	Фенолы, мг/л	СПАВ, мг/л	NH ₄ , мкг/л	NO ₂ , мкг/л	NO ₃ , мкг/л	P _{амв} , мкг/л	V, м/сек	h, м	V, см/сек
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I-Пав	0	8,2	0,41	0,009	0,14	76,5	9,5	19,5	17,2	>5,0	0,32	14,5
"	дно	8,4	0,30	0,01	0,12	91,4	17,3	21,6	20,3	-	-	10,5
"	0	8,7	0,25	0,006	0,09	60,3	2,4	24,2	13,0	-	0,35	11,6
"	дно	8,2	0,22	0,008	0,09	84,0	3,2	15,1	14,0	-	-	12,5
"	0	8,2	0,23	0,01	0,087	153,5	10,6	44,0	17,4	-	0,44	9,1
"	дно	7,3	0,18	0,007	0,091	95,5	8,0	33,4	14,0	-	-	10,2
"	0	8,2	0,77	0,003	0,26	133,0	3,3	25,4	11,1	-	0,30	13,1
"	дно	7,5	0,53	0,007	0,22	66,4	5,0	23,3	11,2	-	-	13,4
I-Пав.р	0	9,3	0,36	0,008	0,04	63,0	2,5	36,0	13,0	0	0,30	8,0
"	дно	7,9	0,17	0,01	0,21	73,0	2,3	49,0	12,0	-	-	5,0
П1-Пав.р	0	8,5	0,69	0,009	0,13	76,5	10,3	40,0	19,0	0	0,26	9,5
"	дно	7,9	0,59	0,006	0,09	74,5	9,1	43,0	20,0	-	-	7,5

В целом же на общей площади Северного Каспия наблюдалось снижение средних показателей нефтяных примесей от восточного ($\frac{0,72}{0,53}$ мг/л - $\frac{14,4}{10,6}$ ПДК), к южному ($\frac{0,41}{0,32}$ мг/л - $\frac{8,2}{6,4}$ ПДК), северному ($\frac{0,27}{0,22}$ мг/л - $\frac{5,4}{4,4}$ ПДК) и западному ($\frac{0,21}{0,18}$ мг/л - $\frac{4,2}{3,6}$ ПДК) течениям (табл.3.3).

Большинство последних, как известно, ветрового происхождения, хотя кроме того здесь действуют в условиях штиля северные (I-II в.р.) и южные (III-IV а.в.р.) течения, соответственно обладающие в восточной и западной частях акватории.

Судя по индексу загрязнения (ИЗВ) и классу качества воды Северного Каспия относятся к чрезвычайно грязной, очень грязной, реже грязной категориям при, соответственно, восточном, северном, южном и западном течениях.

В то же время на глубинах Уральской бороздины наблюдаются компенсационные противотечения – одна из причин повышенной концентрации вредных примесей в придонных горизонтах.

Согласно применяемым грациям скорости течений акватории могут быть отнесены к сильным ($>0,26$ м/сек), средним ($0,13-0,26$ м/сек) и слабым ($<0,13$ м/сек) по характеру [138]. Их влияние на процессы загрязнения менее заметно на поверхности моря, находясь под искажающим воздействием ветров. Более четко эта связь проявляется при прочих равных условиях в придонных горизонтах воды. С этой целью были сопоставлены средние значения нефтяных примесей с различными скоростями южных течений в обстановке очень слабого ($<5,0$ см/сек) вплоть до штиля (0 см/сек) северного ветра и волнения ($<0,25$ м) на примере гидрологических станций третьего векового разреза (IV в.р.) Северного Каспия (рис.3.5). Судя по полученным результатам, содержание нефтяных углеводородов в этом случае снижалось по мере увеличения скорости даже в избранном интервале ($0 - <0,26$ см/сек), обнаруживая хорошую корреляцию между ними как на поверхности ($R = 0,46$), так и у дна ($R = 0,86$) акватории.

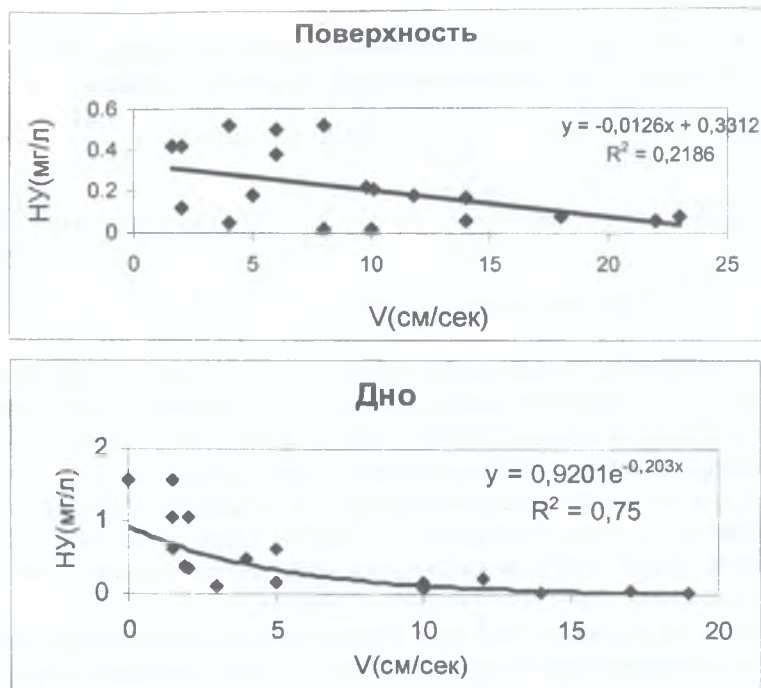


Рис. 3.5. Содержание НУ (мг/л) в водах Северного Каспия (Ш в.р.) при различных скоростях южных течений и слабых (0-5,0 м/сек) северных ветрах

Сходная картина, по-видимому, прослеживается на остальных участках региона в интервалах значений нефтяных примесей ($\frac{0,98 - 0,12}{0,77 - 0,14}$ мг/л) и скоростей ($\frac{21,2 - 6,7}{25,0 - 7,1}$ см/сек) восточного, южного, северного и западного течений и при штиле в поверхностных и придонных горизонтах воды.

Как известно, северная, мелководная часть моря характеризуется неустойчивыми течениями, вызываемыми сгонно-нагонными явлениями. Вместе с тем, здесь преобладают ветровые и стоковые процессы, образуемые огромной массой вод, впадающих сюда рек Волги и Урала. Как следствие, действие основного течения, омы-

вающего западное побережье Каспия по направлению с севера на юг против часовой стрелки [31,84]. Транспортируя вместе с водой большие объемы техногенных примесей оно транзитом снижает, либо повышает степень загрязнения отдельных районов акватории. Ветровые течения даже при слабых ветрах перемещают поля плавающей нефти на большие расстояния от мест ее аварийных разливов [50, 61].

В отличие от мелководной северной части моря, течения Среднего Каспия обладают значительной устойчивостью и круговой, циклонической направленностью [74,82]. При северных ветрах (0-5 см/сек) вдоль западного побережья региона преобладают южные течения ($V < 0,26$ см/сек) в поверхностных и компенсационные, обратные в подстилающих слоях воды (12-15 м). Соответственны и интервалы изменения концентрации нефти ($\frac{0}{\text{дно}}$)

($\frac{0,12 - 0,14}{0,10 - 0,14}$ мг/л), фенолов ($\frac{0,004 - 0,009}{0,004 - 0,005}$ мг/г), СПАВ ($\frac{0,04 - 0,15}{0,073 - 0,10}$ мг/л) между островами Чечень и Нефтяные Камни,

Южный ветры здесь сочетаются с северными течениями на нулевых и южными, компенсационными на промежуточных горизонтах. Присущее им содержание нефти ($\frac{0,07}{0,09}$ мг/л), фенолов ($\frac{0,005}{0,004}$

мг/л), СПАВ ($\frac{0,021}{0,013}$ мг/л) уступает предыдущему южному течению по величине, а количество этих же компонентов при западном

ветре и восточном течении ($\frac{0,16}{0,12}$ мг/л), ($\frac{0,008}{0,003}$ мг/л), ($\frac{0,05}{0,06}$ мг/л)

достигает наибольших значений. С усилением ветра течения поверхностных слоев (до 10-15 м) становятся однонаправленными с ним, а на более глубоких горизонтах (25 м – Нефтяные Камни), приобретают компенсационный характер. Значение показателей загрязнения в изученном отрезке западного побережья Среднего Каспия в данной ситуации резко падает на поверхности и может

увеличиваться у дна. Иная картина складывается в гидродинамически активных участках Апшеронского порога между островами Чилор (Жилой) и Нефт дашлары (Нефтяные Камни). Здесь в результате мощного юго-западного течения ($V > 1,0$ см/сек) промывает естественный желоб, сложенный крупнозернистыми песками, гравием и раковинным детритом. Содержание нефтяных примесей как в придонных горизонтах воды, так и грунтах в этом месте минимально, достигая нулевых значений, хотя окрестности района в целом отличаются повышенным уровнем загрязнения ($\sim 0,25-1,5$ мг/л).

Судя по имеющимся данным, вдоль западного побережья Южного Каспия, при северных ветрах (0-5 м/сек) превалируют южные течения на поверхности моря и в подстилающих слоях ($< 0,25$ см/сек). При этом им соответствовали показатели нефти ($\frac{0,75 - 0,11}{1,6 - 0,09}$ мг/л), фенолов ($\frac{0,01 - 0,006}{0,008 - 0,004}$ мг/л) и СПАВ ($\frac{0,06 - 0,04}{0,07 - 0,02}$ мг/л) на отрезке акватории между о.Песчаный и взморьем р.Севидруд [60,61,114]. Южный ветер здесь сочетался с северным течением и содержанием нефти, равным ($\frac{0,72 - 0,23}{0,97 - 0,21}$ мг/л), фенолов ($\frac{0,01 - 0,024}{0,019 - 0,007}$ мг/л), СПАВ ($\frac{0,58}{0,073}$ мг/л).

Восточный же ветер был связан с западным течением и концентрацией нефти, составившей ($\frac{0,3 - 0,07}{0,11 - 0,04}$ мг/л), фенолов ($\frac{0,01 - 0,001}{0}$ мг/л), СПАВ ($\frac{0,11 - 0,022}{0,1 - 0,01}$ мг/л). Аналогично западный ветер сопровождался восточным течением на поверхности моря и у дна. В этом случае значения нефти соответствовали ($\frac{0,16 - 0,06}{0,09 - 0,04}$ мг/л, фенолов ($\frac{0,008 - 0,006}{0,003 - 0,001}$ мг/л и СПАВ

$$\frac{0,07 - 0,02}{0,06 - 0,01} \text{ мг/л [61,74,115].}$$

Кроме того, в ряде мест водоема, в том числе вблизи о.о.Песчаный, Булла в придонных горизонтах отмечены компенсационные, обратные течения с повышенными показателями вредных примесей. С увеличением скорости течений ($>0,25$ см/сек) их направление и степень загрязненности вод на малых глубинах становятся более однородными. При этом большая насыщенность прибрежной полосы загрязняющими веществами здесь наблюдается в период южных течений.

Следует заметить, что если в районе о.Песчаный скорость южного течения не превышает 10-12 см/сек, на взморье реки Сефидруд она достигает 50 см/сек [31,114]. Увеличение количества нефтяных примесей, равно как и численности углеводородоокисляющих бактерий на поверхности глубоководной части Южного Каспия, объясняется переносом вод с запада на восток [31,82].

Характеристика течений восточного побережья Каспия из-за отсутствия материала ограничена районом п-ва Челекен, где при слабом северном ветре ($< 5,0$ см/сек) и южном течении ($>0,26$ см/сек) концентрация нефти на поверхности и у дна моря составила

ла $\frac{0,09}{0,08}$ мг/л. С увеличением скорости ветра и циркуляции вод содержание нефтяных углеводородов в среднем значении здесь заметно снижалось [60,61].

В связи с недостаточностью числа параллельных измерений представляется допустимой сопоставимость квазисинхронных параметров течений и полей загрязнения нефтью Каспийского моря (рис.3.4).

Судя по прилагаемой схеме, распределение последних на поверхности акватории обусловлено основными ветвями Каспийского течения, направленного на юг и на север вдоль западного и восточного побережий [31,74,115].

Сказанное дополняется локальным круговоротом вод центральной части Среднего и Южного Каспия, обеспечивающим водообмен между ними.

Таблица 3.4

Показатели качества вод Каспия при штиле в течениях (1978-1995 гг., средн. значен. горизонт 0,5)

[30,31,60,61]

O ₂ мг/л	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	V, см/сек	Класс	ИЗВ	Наименование качества
														14
8,3	0,95	0,010	0,14	56,0	4,7						8,0	VI	7,3	очень грязная
11,2	0,30	0,007	0,11	30,0	3,8						11,0	IV	3,6	загрязненная
9,3	0,36	0,008	0,13	63,0	2,5						9,5	V	4,2	грязная
10,0	0,13	0,005	0,10	85,7	2,3						14,0	IV	2,3	загрязненная
9,7	0,09	0,004	0,038	52,2	2,4						25,0	III	1,7	умеренно загрязнен.
9,4	0,10	0,004	0,06	71,4	2,4						18,0	III	1,56	грязная
9,7	0,28	0,006	0,087	178,0	2,7						12,0	IV	3,3	загрязненная
9,4	0,08	0,002	0,02	30,0	2,3						26,0	III	1,1	умеренно грязная
9,6	0,12	0,006	0,039	44,0	1,75						15,5	IV	2,3	загрязненная

При этом наиболее наглядно связь течений с загрязнением моря проявляется в условиях штиля. На примере последнего на акватории наблюдалось увеличение концентрации нефтяных углеводородов от восточной к западной частям Северного (0,36-0,30-0,95 мг/л), Среднего (0,10-0,09-0,13 мг/л) и Южного (0,12-0,08-0,28 мг/л) Каспия и соответственно от восточно-бережного северного к западно-бережному южному течениям (табл.3.4). В то же время согласно величинам ИЗВ к ним соответственно приурочено изменение состояния вод от грязных (4,2-V) до очень грязных (7,6-VI), от умеренно загрязненных (1,56-III) к загрязненным (2,3-IV) и (3,3-IV) в Северном, Среднем и Южном районах моря. Кроме того, замечено снижение содержания нефтяных примесей в зависимости от повышения скорости течений в поверхностных слоях акватории (табл.3.4).

В заключение следует добавить, что качество морских вод обусловлено не столько параметрами течений, сколько дебитом и постоянством источников поступления загрязняющих веществ в море.

3.3. Динамика нефтяных пятен Каспийского моря

Эффективным методом контроля за загрязненностью моря являются авиационные, визуальные наблюдения, результаты которых приведены в настоящем исследовании [61]. Согласно им пятна нефтяных разливов на акватории различаются по форме, размерам, густоте (Г) и интенсивности (И). В связи с чем под густотой пятен подразумевается степень (%) их покрытия водной поверхности, оцениваемая по 10-бальной шкале, а интенсивность по 5-бальной в зависимости от толщины и изменения цвета пленки в сторону красной части спектра. При этом применяется комплексная 5-бальная оценка пленочной загрязненности моря нефтью и ее производными, рассчитываемая как произведение балла густоты на балл интенсивности ($Q = 0,1 \text{ Г} \cdot \text{И}$).

Гораздо действеннее, по сравнению с визуальной, инструментальная съемка, позволяющая определять не только качественные, но и количественные параметры нефтяных пленок, их толщину, массу и площадь распространения. С этой целью с борта самолета измеряется величина яркости поверхности моря, как индикатор

интенсивности пленочной нефти. Значение последней находится в зависимости от яркостного контраста (в диапазоне длин волн 380-420 нм) между соответствующими показателями чистой воды ($R_{\text{ф}}$) и нефтяного ($R_{\text{н}}$) пятна [61,96].

Причем, фотометрический контраст, или же относительный коэффициент яркости $\tau_{\text{н}} = R_{\text{н}} / R_{\text{ф}}$. В то же время целесообразно этот показатель рассчитывать при сопоставлении с эталоном, баритовой бумагой, имеющей более постоянную по сравнению с водой отражательную способность и коэффициент отражения равный (0,80-0,85). Формула коэффициента относительной яркости нефтяного пятна в данном случае будет выглядеть как $\tau_{\text{н}} = R_{\text{н}} / R_{\text{н}^*}$.

Находясь на поверхности воды, пленки изменяют ее оптические свойства, цвет и яркость. Кроме того, входящие в состав нефтепродуктов вещества флуоресцируют под действием ультрафиолетовой части дневного света. Их количество зависит от толщины пленки, определяя мощность излучения. Минимальная яркость последнего в видимой области спектра отвечает низкокипящим фракциям нефти (бензин, лигроин). Несколько сильнее свечение у керосинов, солярки и других нефтепродуктов. Цвет излучения варьирует от темно-фиолетового (бензины) до светло-фиолетового (керосины) и яркого сине-голубого и голубого (тяжелые масла).

Слабо окрашенные нефтепродукты светятся голубым и голубовато белым ярким цветом [96]. Выявлено, что они интенсивно поглощают ультрафиолетовые лучи с длиной волны 363-365 нм, вызывающие их флуоресценцию в коротковолновой части видимого спектра. На фиолетово-синюю область последнего с длинами волн 400-450 нм приходится максимум свечения основных компонентов нефтяных пленок. Их яркость обусловлена не только собственным излучением, но и отражательной способностью поверхности. Эта особенность иллюстрируется показателями преломления, достигающими 1,37-1,44 (легкокипящие фракции нефти) и 1,44-1,53 (масла) в зависимости от состава и концентрации нефтепродуктов.

Как показали измерения, основное количество света, падающего на нефтяную пленку, поглощается и рассеивается, что зависит от ее состава и толщины. Отсюда возможность определения значения последней по величине яркости пленочной нефти.

Наряду с фотометрической аппаратурой при авиасъемках неф-

тяных пятен использовались также радиометры, позволяющие фиксировать их площадь. Радиационные термометры реагируют на изменение температуры воды с точностью $+0,2^{\circ}\text{C}$, что дает возможность установления границ зон с различной загрязненностью и интенсивность (толщину) пленок нефтепродуктов [61,95].

Попадая в воду, сырая нефть растекается на ее поверхности, образуя пленку в виде устойчивой, тонкодисперсной эмульсии. В составе последней, обычно, преобладают маслянистые и маслянисто-смолистые фракции нефтяных примесей. Незначительная плотность (от 800 до 986 кг/м^3) позволяет им концентрироваться в поверхностном микрослое, равном 1,0 мм по толщине [22,107].

Согласно данным, капля нефти, растекаясь, занимает 0,25 м^2 , грамм от 1,0 до 2,0 м^2 и, тонна около 2,0 км^2 - 12 км^2 площади моря. При толщине 40 мкм нефтяная пленка препятствует растворению кислорода в воде, снижая на 30-40% фотосинтетическую активность планктона. Ее отражательная способность колеблется в пределах 8-15%, что в 1,5-2,0 раза превышает альбедо чистой воды [30,57].

Кроме того, тонкая пленка нефти гасит капиллярные, толстая – ветровые волны вплоть до скорости ветра 12-15 м/сек и 3-4 баллов волнения.

Отличаясь низкими коэффициентами трения, нефтяные примеси легко перемещаются по поверхности моря, образуя пятна различной формы и размеров. При этом растекание нефти от критической толщины – 8,0 мм до 5,0 мм является самозамедляющимся процессом под действием сил тяжести, вязкости и поверхностного натяжения.

Дальнейшее распространение нефтяной пленки связано с гидрометеорологическими условиями, составляя соответственно 3% и 60% от скорости ветров и течений [61,96].

Согласно визуальной оценке толщина слика нефти с коричневым оттенком равняется 160 мкм, бурой окраски с радужной каймой 3,8 мкм и более светлых, жемчужных тонов – 0,7 мкм. По другим данным концентрация нефти менее 240 мг/м^2 сочетается с серостальной пленкой, в интервале от 240 до 2400 мг/м^2 соответствует грязнофиолетовому, свыше 2400 мг/м^2 грязно-серому цвету. И, наконец, по изменению окраски нефтяного пятна от ярких цветных до очень темных полос можно судить как о толщине слоя,

(0,3-1,0 мкм)-(1000-5000 мкм), так и о соответствующем (0,3-1,0 кг/м²)-(1,0-5,0 кг/м²) количестве разлитой нефти (табл.3.5).

Таблица 3.5

Характеристика нефтяных пленок на водной поверхности
[30]

№ пп	Визуальная оценка пленки Нефти	Толщина пленки Нефти, мм	Количество раз- литой нефти на 1 м ² , 10 ⁻³ кг
1	Яркие цветные полосы	$(3-10) \cdot 10^{-4}$	0,3-1,0
2	Цвета начинают темнеть	$(1-2) \cdot 10^{-3}$	1-2
3	Темноватый цвет	$(2-5) \cdot 10^{-3}$	2-5
4	Темный цвет	$(5-200) \cdot 10^{-3}$	5-200
5	Очень темный цвет	0,2-1,0	200-1000
6	То же	1,0-5,0	$(1-5) \cdot 10^3$

Некоторые авторы, ссылаясь на материалы аэрофотосъемки, считают, что около 30% поверхности Мирового океана покрыто нефтяной пленкой [96,107]. С этим предположением трудно согласиться, если учесть чрезвычайную подвижность океанических вод, обусловленную глобальными природными процессами. Тоже самое относится к Каспийскому морю, которое почти никогда не бывает спокойным по причине господствующих там ветров и течений [60,61].

Одним из характерных признаков его загрязнения являются поля, пятна плавающей нефти. Их естественные проявления на поверхности Южного Каспия, связанные с грифонами, известны с древнейших времен (Геродот, IV в. до н.э.). Вполне возможно, что они также могут находиться в глубоководных частях моря в местах дислокации газонефтеносных структур [64].

В наши дни массы нефтяной пленки образуются при аварийных разливах сырой нефти, а конфигурация и параметры возникающих пятен формируются за счет циркуляции вод.

Эти вопросы рассмотрены по результатам инструментальных авиафотосъемок ЛОГОИН-АзКОМГИДРОМЕТ (1978-1989 гг.) в районах нефтепромыслов западного и восточного побережий аква-

тории [20,61].

Как показали наблюдения, площади разливов, локализованных вокруг месторождений изменялись от 1489,2 до 0,6 км², их массы от 4941,4 до 0,4 тн, что в среднем соответствовало 109,4-45,4 км² и 180,3-39,3 тн. Причем толщина нефтяных пленок равнялась 160,0-0,03 мкм в крайних значениях, отличаясь светлой, жемчужной и темно-коричневой окраской, а средние показатели варьировали между 2,0-0,85 мкм (табл.3.6).

Таблица 3.6

Показатели параметров нефтяных пятен Каспийского моря
(1978-1989 гг., средние значения)[60,61]

Районы	S, км ²	M, тн	H, мкм	НУ _(пмс) , мг/л	НУ мг/л
Пиралахи (о.Артема)	15,4	18,2	1,20	$1,2 \cdot 10^3$	0,12
Нефт дашлары (Нефтяные Камни)	109,1	367,4	6,25	$3,4 \cdot 10^3$	0,13
Гюнешли	7,3	3,4	0,55	$1,2 \cdot 10^3$	0,08
Бахар (б.Макарова)	8,8	9,0	1,33	$1,0 \cdot 10^3$	0,07
Харазире (о.Булла)	97,1	135,0	1,36	$1,4 \cdot 10^3$	0,11
Челекен	5,7	7,0	2,50	$1,2 \cdot 10^3$	0,10
б.Калинкина	3,7	8,5	2,7	$2,3 \cdot 10^3$	0,10
б.ЛАМ	2,2	8,0	11,0	$3,6 \cdot 10^3$	0,16
б.Жданова	1,9	0,45	0,3	$0,24 \cdot 10^3$	0,09
Среднее	28,0	62,0	3,0	$1,7 \cdot 10^3$	0,10

В то же время наибольшая из средних величин площадь (109,1 км²), масса (367,4 тн), толщина пленки (6,25 мкм), концентрация нефти в микрослое ($3,4 \cdot 10^3$ мг/л), нулевом горизонте (0,13 мг/л) зафиксированы в районе Нефтяных Камней, а наименьшие – на участке банки Бахар-Макарова (табл.3.6).

Кроме того, наблюдалось уменьшение площади (63,0-52,2-49,0-24,0 км²) массы (85,0-75,3-30,0-24,5 тн) и толщины пленки (1,7-1,5-1,3-1,0 мкм) от южного к северному, восточному и запад-

ному ветрам. С увеличением их скорости происходило снижение всех перечисленных параметров нефтяных пятен (табл.3.7). Было также установлено повышенное содержание нефти ($1,6 \cdot 10^3$ мг/л) в поверхностном микрослое ($h=1,0$ мм) по сравнению с подстилающим (0-1,0 м) горизонтом (0,11 мг/л) моря.

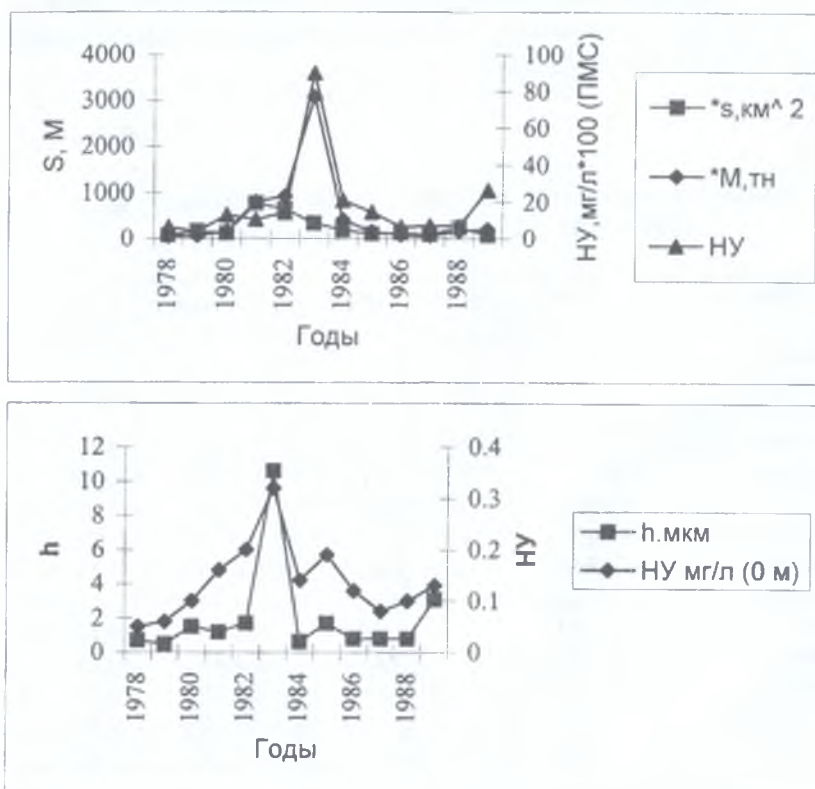


Рис. 3.6. Межгодовая динамика параметров нефтяных разливов Каспийского моря. (*) суммы средних значений S (км²), M (тн) районов о.о. Пиралахи (Артем), Нефт Дашлары (Нефтяные Камни), Гюнешли (28 Апреля), Хара-Зирия (Булла), Бахар (Банка Макарова), п-ва Челекен, банок Калинкина, Лам, Жданова. ПМС – поверхностный микрослой. 0 м – поверхностный горизонт

Таблица 3.7

Параметры нефтяных разливов Каспийского моря при различных направлениях и силах ветра (1978-1989 гг., средние значения)
[60,61]

Направление	Северное					Южное				
Сила ветра	S, км ²	M, тн	H, мкм	HУ(пмс) мг/л	HУ(ом), мг/л	S, км ²	M, тн	H, Мкм	HУ(пмс) мг/л	HУ(ом), мг/л
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Слабый	98,1	180	2,0	$2,6 \cdot 10^3$	0,23	109	167	2,5	$1,5 \cdot 10^3$	0,21
Умеренный	38,0	35,6	1,6	$1,3 \cdot 10^3$	0,12	45,0	50,0	1,5	$1,1 \cdot 10^3$	0,11
Сильный	20,6	10,2	1,0	$1,0 \cdot 10^3$	0,09	16,0	18,4	1,1	$1,0 \cdot 10^3$	0,05
Штиль	53,0	79,0	1,3	$1,5 \cdot 10^3$	0,21	-	-	-	-	-
^{xx)} Среднее	52,2	75,3	1,6	$1,6 \cdot 10^3$	0,15	63,0	85,0	1,7	$1,2 \cdot 10^3$	0,12
Направление	Западное					Восточное				
Сила ветра	S, км ²	M, тн	H, мкм	HУ(пмс), мг/л	HУ(ом), мг/л	S, км ²	M, тн	H, Мкм	HУ(пмс) мг/л	HУ(ом) мг/л
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Слабый	45,4	56,0	1,0	$1,2 \cdot 10^3$	0,14	75,0	49,3	1,85	$0,7 \cdot 10^3$	0,17
Умеренный	16,5	12,0	0,6	$0,7 \cdot 10^3$	0,10	38,5	27,6	1,25	$0,5 \cdot 10^3$	0,10
Сильный	15,1	6,0	0,7	$0,5 \cdot 10^3$	0,07	33,1	12,5	1,0	$0,3 \cdot 10^3$	0,10
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{xx)} Без штиля	24,0	24,5	1,1	$0,8 \cdot 10^3$	0,10	49,0	30,0	1,36	0,5	0,11

Следует заметить, что в последнем случае из-за отсутствия приводных наблюдений во время аэрофотосъемок использованы квазисинхронные показатели концентрации нефтяных углеводородов.

Согласно имеющимся данным ПМС является своего рода аккумулятором загрязняющих веществ, находящихся в окружающей морской среде [107].

Межгодовая динамика пятен нефти на акватории свидетельствует об их случайном характере и приуроченности пиковых значений к экстремальным аварийным разливам. В то же время (1978-1989 гг.) минимальные объемы потерь сырой нефти соответствовали хроническим утечкам из поврежденных трубопроводов и неисправного бурового оборудования (рис.3.6).

Как показали наблюдения, изученные нефтяные пятна не оказывают сколь-нибудь существенного влияния на остальную часть

моря в целом, ограничиваясь ареалами аварийных разливов. Длительность действия последних сокращается в связи с гидродинамической активностью вод Каспия и протекающими там физическими процессами (испарение, уровень,...). Судя по полученным данным, даже сумма максимальных значений нефтяных пятен ($2821,0 \text{ км}^2$) многократно уступает по площади всей акватории ($\sim 370 \text{ тыс. км}^2$), составляя 0,7% от ее поверхности (табл.3.6, рис.3,6).

Но и такая ситуация складывается очень редко, лишь в условиях полного штиля и постоянного притока больших масс сырой нефти. Их влияние на окружающую среду более заметно в местах непосредственного сброса загрязнителей (промыслы, дампинги, ...), а также на участках ограниченного водообмена с морем.

В качестве примера можно привести бухты Баку, Красноводска, Североапшеронский залив с нефтеналивным портом, гавани Махачкала, Актау и другие. Наличие нефтяной пленки и slickов на их поверхности сопряжено с действием местных сгонно-нагонных ветров и течений [60,61].

И, в заключение, полученные результаты проведенных исследований могут быть использованы для разработки природоохранных мероприятий по Каспию и прогнозированию уровней загрязнения его вод при аварийных разливах сырой нефти.

3.4. Сезонные особенности загрязнения водоема

Содержание загрязняющих веществ в Каспийском море подвержено существенным сезонным изменениям под воздействием гидрометеорологических, химических и биологических факторов.

Зимой поверхность Северного Каспия покрывается льдом, уменьшается сток Волги, ослабевают циркуляция и понижается ($4,9^0$ - $0,5^0$) температура воды. В связи с чем замедляется водообмен с акваторией Среднего Каспия и полураспад вредных примесей. Соответственно концентрации нефти ($0,36$ - $0,18$ - $0,17 \text{ мг/л}$), фенолов ($0,011$ - $0,009$ - $0,007 \text{ мг/л}$), СПАВ ($0,07$ - $0,06 \text{ мг/л}$) уменьшались от западной к восточной частям района (табл.3.8). Средние значения других компонентов, таких как биогенные вещества, металлы, не выходили за допустимые для водоемов пределы [60,61].

Согласно величинам ИЗВ (3,6) и классу качества (IV) акватория Северного Каспия в период наблюдений (1978-1995 гг.) относилась к загрязненным водам (табл.3.8).

Весной вслед за половодьем, активизацией фотосинтеза и потеплением ($10,1^{\circ}$ - $13,2^{\circ}$) моря скорость деструкции техногенных примесей возрастала. Как следствие, снижалось содержание нефти (0,26-0,16-0,15 мг/л), фенолов (0,009-0,006-0,004 мг/л), СПАВ (0,06-0,04-0,02 мг/л) относительно зимних показателей и в восточном направлении (табл.3.8). Качество воды в это время года по сравнению с зимой оставалось неизменным.

Летом в связи с прогревом температура воды в Северном Каспии достигает $23,5$ - $24,4^{\circ}$ в среднем, усиливая процессы разложения загрязняющих веществ. Причем, концентрация нефти (0,2-0,12-0,10 мг/л), фенолов (0,005-0,005-0,001 мг/л), СПАВ (0,03-0,02-0,01 мг/л) уменьшалась до минимальных значений, также убывая от западного к восточному берегу района. По классу качества (III) и величине ИЗВ (2,68) летние воды акватории были отнесены к умеренно загрязненным (табл.3.8).

Осенью по мере снижения температур ($18,0^{\circ}$ - $13,4^{\circ}$) здесь наблюдался незначительный прирост содержания нефти (0,22-0,16-0,12 мг/л), фенолов (0,007-0,007-0,004 мг/л), СПАВ (0,05-0,04-0,04 мг/л) с той же изменчивостью, что и в предыдущем сезоне. В это время года воды Северного Каспия становились загрязненными по качеству (ИЗВ – 2,8 - IV).

Таким образом, весь район отличался сезонностью уменьшения показателей нефти (0,23-0,19-0,14-0,16 мг/л), фенолов (0,009-0,006-0,003 мг/л), СПАВ (0,05-0,04-0,02-0,04 мг/л) от зимы к лету и осени (табл.3.8, рис.3.7). На придонных горизонтах ввиду мелководности Северного Каспия отмечались мало заметные отклонения количества веществ по сравнению с поверхностными слоями. Сезонные изменения других компонентов загрязнения были менее характерны из-за их низких концентраций [59,61].

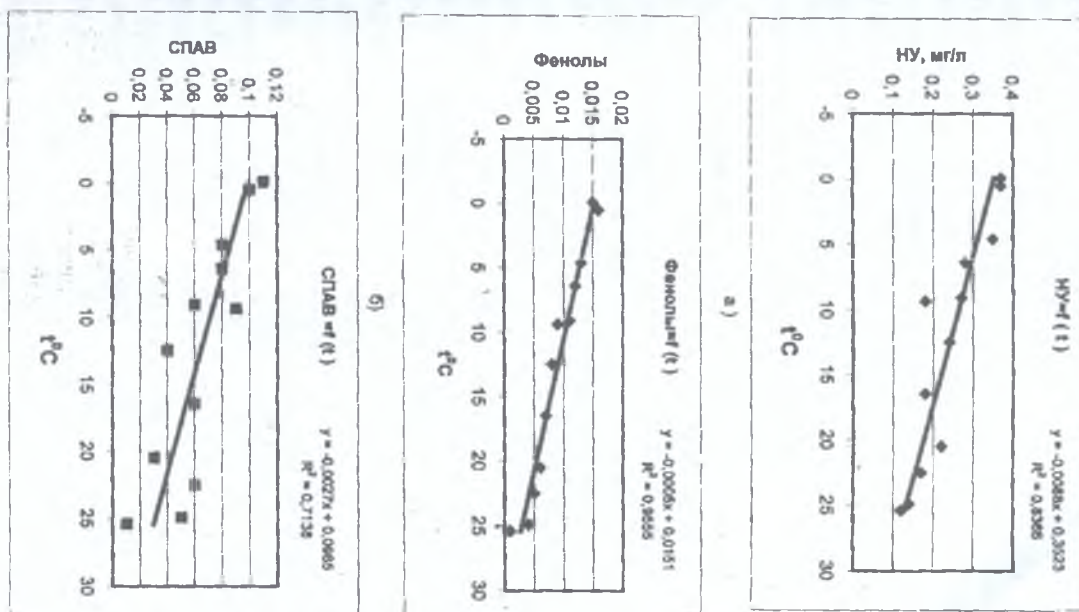
Средний Каспий почти не замерзает, а его воды отличаются активной вертикальной циркуляцией, обеспечивающей хорошее перемешивание зимой почти до дна [74]. Судя по значениям нефти (0,18-0,10-0,10 мг/л), фенолов (0,009-0,006-0,006 мг/л), СПАВ (0,07-0,07-0,07 мг/л), весь район был почти однороден по составу загрязнителей в западной, центральной и восточной частях моря. В

Сезонное содержание загрязняющих веществ в водах Каспия (1978-1995 гг.)
[60,61]

Таблица 3.8

Сезоны	Горизонт - 0 _ж										Прозрач. М	Вели- чина ИЗВ	Класс	Наименование
	t°	O ₂ мг/л	%	НУ, мг/л	Фенолы мг/л	СПАВ мг/л	NH ₄ мкг/л	NO ₂ мкг/л	NO ₃ мкг/л	PO ₄ мкг/л				
Северный Каспий														
Зима	3,3	9,2	108	0,23	0,009	0,05	22,0	3,2	133,5	23,3	1,5	3,6	IV	загрязненная
Весна	11,5	11,5	105	0,19	0,006	0,04	43,0	4,5	26,5	9,7	4,2	2,68	IV	
Лето	23,9	8,8	108	0,14	0,003	0,02	90,0	7,4	18,3	19,0	3,4	1,67	III	умерен.загряз.
Осень	13,4	10,0	100	0,16	0,007	0,04	20,0	2,0	15,4	8,6	0,6	2,8	IV	
Ср.знач.	13,0	9,8	105,2	0,18	0,006	0,037	44,0	4,3	48,4	15,1	2,4	2,7	IV	загрязненная
Средний Каспий														
Зима	6,3	10,3	99,0	0,13	0,007	0,07	119,2	3,0	15,5	19,3	5,1	2,7	IV	загрязненная
Весна	8,6	11,1	106,0	0,09	0,005	0,05	52,7	2,4	10,9	14,1	7,5	1,96	III	
Лето	22,1	8,6	112,4	0,07	0,004	0,04	49,0	1,9	117,5	14,3	4,1	1,6	III	умерен.загряз.
Осень	13,1	9,9	103,6	0,08	0,005	0,05	66,4	2,8	7,7	22,4	5,3	1,92	III	
Ср.знач.	12,5	10,0	105,2	0,09	0,005	0,05	72,0	2,5	38,0	17,5	5,5	2,0	III	загрязненная
Южный Каспий														
Зима	7,85	9,95	98,0	0,16	0,009	0,045	41,7	3,3	0,88	17,2	6,57	3,3	IV	загрязненная
Весна	12,2	9,65	100,2	0,09	0,005	0,039	30,8	1,87	1,77	17,8	7,0	1,95	III	
Лето	25,6	8,6	115,7	0,07	0,004	0,024	55,7	2,07	1,40	15,6	7,3	1,58	III	умерен.загряз.
Осень	16,23	9,83	105,0	0,10	0,007	0,031	35,3	2,50	0,84	16,6	6,17	2,48	IV	
Ср.знач.	15,5	9,5	105,0	0,10	0,006	0,035	41,0	2,43	1,22	16,8	6,7	2,3	IV	загрязненная
Весь Каспий														
Зима	5,8	9,8	101,6	0,17	0,008	0,055	61,0	3,1	50,0	20,0	4,4	3,1	IV	загрязненная
Весна	10,7	10,7	103,7	0,12	0,005	0,043	42,1	2,9	13,0	14,0	6,2	2,1	IV	
Лето	23,8	8,6	112,0	0,09	0,003	0,028	65,0	3,8	45,7	16,3	4,9	1,4	III	умерен.загряз.
Осень	14,2	9,9	103,0	0,11	0,006	0,040	40,5	2,4	8,0	15,5	4,0	2,3	IV	
Ср.знач.	13,6	9,7	105,1	0,12	0,005	0,040	52,3	3,0	29,2	16,4	4,8	2,4	IV	загрязненная

Рис.3.7 Среднегодовое содержание загрязняющих веществ: НУ (а), фенолов (б) и СПАВ (в) Северного Каспия при изменении температуры воды (°С)



то же время согласно величинам ИЗВ (2,7) и классу качества (IV) в зимние месяцы ($7,8^0-5,0^0$) он являлся загрязненным (табл.3.8).

Весной в Среднем Каспии наблюдалось некоторое снижение нефтяных примесей (0,09-0,08-0,07 мг/л), фенолов (0,005 мг/л), СПАВ (0,05 мг/л) по сравнению с зимой и от западного к восточному берегу. В этом сезоне воды акватории были умеренно загрязненными в интервале температур $8,0^0-9,1^0$ (ИЗВ – 1,96 III).

Летом здесь преобладали пониженные значения нефти (0,08-0,07-0,06 мг/л), фенолов (0,005-0,005-0,004 мг/л), СПАВ (0,05-0,02-0,03 мг/л), опять-таки уменьшавшихся в восточном направлении и в диапазоне $18,5^0-25,0^0$ (табл.3.8).

Осенью, как и летом, площадь Среднего Каспия относилась к умеренно загрязненным водам (ИЗВ - 1,92-1,6 III). Содержание нефти между западным и восточным побережьями равнялось 0,09-0,09-0,08 мг/л, фенолов - 0,006-0,004-0,006 мг/л, СПАВ - 0,06-0,03-0,05 мг/л при температуре моря от 6,2 до $12,0^0$ (табл.3.8).

В Южном Каспии зимой концентрация нефтяных примесей (0,19-0,14-0,15 мг/л), фенолов (0,008-0,005-0,005 мг/л), СПАВ (0,09-0,02-0,04 мг/л) была выше на западе акватории и меньше на востоке. Вместе с тем сезонные изменения количества токсикантов происходили в интервале зимних температур ($8,0^0-5,0^0$). Судя по значениям ИЗВ (3,3) и классу качества (IV), в это время года воды района являлись загрязненными (табл.3.8, приложение, табл.7).

Весной содержание нефти в поверхностных слоях Южного Каспия росло по направлению к западному шельфу (0,08-0,08-0,15 мг/л). Та же последовательность изменений наблюдалась у фенолов (0,006-0,002-0,007 мг/л) и СПАВ (0,03-0,01-0,08 мг/л). В центральной части акватории в этом случае группировались наименьшие показатели компонентов. Согласно индексу загрязнения (1,95) и классу качества (III) площадь Южного Каспия в условиях весенних температур моря ($10,0^0-15,0^0$) относилась к умеренно загрязненным водам (табл.3.8, приложение, табл.7).

Летом там наблюдался такой же характер распределения нефти (0,07-0,07-0,16 мг/л), фенолов (0,006-0,001-0,006 мг/л), СПАВ (0,02-0,01-0,07 мг/л), как и весной, но в интервале $24,0-27,0^0$ при умеренном загрязнении водных масс.

Осенью в Южном Каспии по мере снижения температуры ($19,3^0-13,0^0$) моря концентрации нефтяных углеводородов (0,16-

0,10-0,12 мг/л), фенолов (0,006-0,003-0,006 мг/л) и СПАВ (0,08-0,011-0,035 мг/л) становятся выше по сравнению с летом, по-прежнему уменьшаясь от западного к восточному шельфу. В то же время сам район, судя по классу качества (IV), и величинам ИЗВ оставался загрязненным.

В результате, после анализа собранных данных (1978-1995 гг.) была выявлена общая для всего моря тенденция снижения показателей загрязнения от зимы к лету, в южном и восточном направлениях (рис.3.8). При этом, на примере нефтяных примесей, наблюдалось их изменение от Северного (0,23-0,19-0,15-0,16 мг/л) к Южному (0,16-0,10-0,08-0,13 мг/л) и Среднему (0,13-0,09-0,08-0,08 мг/л) Каспию соответственно зимой, весной, летом и осенью (табл.3.8, приложение, табл.7).

Следует подчеркнуть, что лишь средние значения нефтяных углеводородов и фенолов в отличие от остальных загрязнителей выходили за пределы допустимой концентрации – ПДК [59,60].

Как показали исследования, сезонная изменчивость содержания вредных примесей на акватории обусловлена не только гидрологическим режимом рек, но и температурным фактором. Однако, эти связи могут нарушаться импактным выбросом в водоем различных по составу и объему техногенных масс (рис.3.9;3.10, приложение, табл.7).

Повышенные значения токсикантов на западном шельфе по сравнению с восточной и центральной частями бассейна в любой сезон хорошо увязываются с величиной антропогенной нагрузки на эти акватории. Как известно, здесь находятся наиболее крупные источники загрязнения (реки, города, промышленность) в отличие от других районов Прикаспия.

Центральная площадь моря не испытывает заметного влияния прибрежной промышленности, подвергаясь в основном сезонным изменениям (исключая аварийные разливы нефти).

И, напротив, техногенное воздействие на побережье Каспия затухивает сезонность характеристик загрязнения, вследствие импактности поступления промышленных отходов в водоем.

Более наглядно сезонную динамику загрязнения можно наблюдать на примере полей нефти на поверхности и в придонных слоях акватории (рис.3.9;3.10).

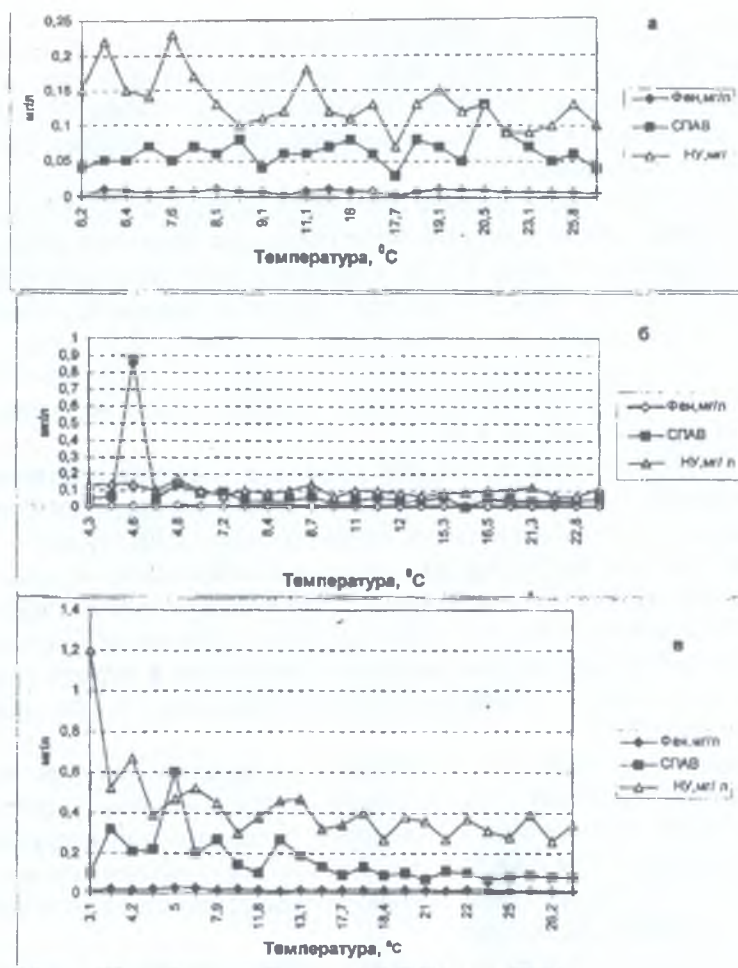


Рис.3.8 Зависимости содержания нефтяных углеводородов, фенолов и СПАВ от изменения температуры вод Среднего (а), Южного (б) Каспия и Бакинской бухты (в). (горизонт 0 м.)



Рис. 3.9. Содержание нефтяных углеводородов (мг/л) в поверхностном слое Каспийского моря (1978-1995 г.г.) зимой (а), весной (б), летом (в) и осенью (г).

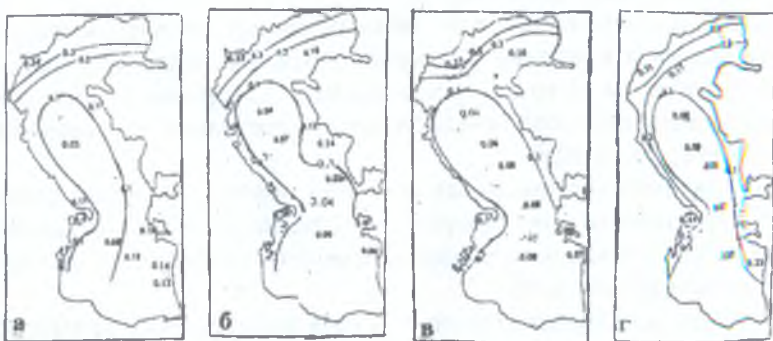


Рис. 3.10. Содержание нефтяных углеводородов (мг/л) в придонном слое Каспийского моря (1978-1995 г.г.) зимой (а), весной (б), летом (в) и осенью (г).

Зимой почти все море и частично Северный Каспий были заняты концентрациями нефтяных примесей от 0,1 до 0,2 мг/л. Причем неширокая полоса больших значений компонентов ($>0,2$ мг/л) прослеживалась вдоль восточного побережья, и к северу от разреза Чечень-Мангышлак (рис.3.9а).

В придонных горизонтах акватории, преобладало обширное поле малых значений нефти ($<0,1$ мг/л), а на долю относительно

повышенных (0,2-0,3 мг/л) концентраций оставалась верхняя треть Северного Каспия (рис.3.10а).

Весной нефтяные углеводороды образовывали поля минимальных значений (<0,1 мг/л), занимавших центральную часть поверхности моря, примерно, между разрезами Махачкала-Сагындык и Куркамень-о.Огурчинский (рис.3.9б). Остальная площадь района была представлена сравнительно большими концентрациями компонентов (0,1-0,2 мг/л), возраставшими по направлению и вблизи к линии берега (>0,3 мг/л).

В придонных горизонтах поля их малых величин расширялись вплоть до разреза Чечень-Мангышлак, сокращая область более значительного загрязнения (рис.3.10б).

Распределение нефти на поверхности акватории летом было схоже с полями весеннего загрязнения придонных горизонтов. Минимальные показатели этих примесей (<0,1 мг/л) захватывали почти все море, а повышенные значения (0,1-0,2 мг/л) оконтуривали береговую линию (рис.3.9в).

Летом в придонных слоях область малых количеств нефти увеличивалась и изолинии (0,1 мг/л) почти вплотную приближались к урезу воды. В то же время площадь Северного Каспия по-прежнему занимала поле повышенных концентраций ингредиента (0,1-0,3 мг/л) (рис.3.10в).

Осенью поля минимальных значений нефти (<0,1 мг/л) охватывали практически всю поверхность Среднего Каспия, оставляя узкую полосу повышенного содержания (>0,1 мг/л) вдоль его западного шельфа (рис.3.9г).

В придонных горизонтах поля малых величин этих примесей (0,1 мг/л) осенью были больше, чем на поверхности моря, оставляя для более значительных концентраций (0,1-0,2 мг/л) часть побережья и область Северного Каспия (рис.3.10г).

Судя по полученным данным, поля максимального загрязнения нефтью преобладали на поверхности и у дна моря зимой, а минимального соответственно летом. В другие сезоны, весной площадь малых значений токсикантов расширялась, а осенью, напротив, сокращалась, сопровождаясь повышением уровня загрязненности.

Таким образом установлено, что концентрация загрязняющих веществ в море оказалась больше на западном, чем на восточном

шельфе и в центральной части Каспия, независимо от времени года (приложение, табл.7).

Величины же их среднемноголетних значений в бассейне снижались вместе с повышением температуры воды (рис.3.7;3.8, приложение, табл.7).

Изменение количества инородных примесей вдоль побережий акватории обусловлено не столько сезонностью, сколько техногенными причинами эпизодического характера (приложение, рис.1). В то же время поля загрязнения, образующиеся на поверхности и в придонных горизонтах водоема, соответствуют уровням сезонного содержания нефти и других вредных компонентов (рис.3.9;3.10).

Глава 4. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГРУНТОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Донные отложения Каспийского моря, как и воды подвержены масштабному загрязнению различными техногенными примесями, главными из которых являются нефтяные углеводороды и их производные [60,61].

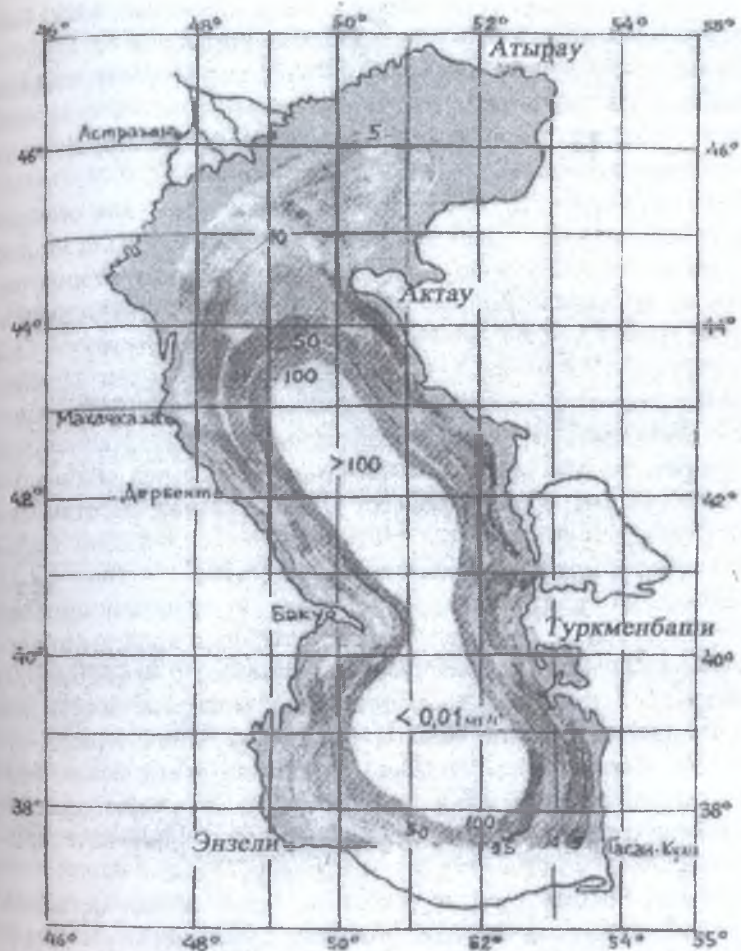
Стратиграфически они приурочены к верхнему горизонту осадков современного возраста, мощность которого изменяется от нескольких сантиметров в зонах с отрицательной седиментацией до восьми, десяти метров в застойных участках Бакинской бухты [86,101].

Визуально эти грунты выделяются по темно-серой, почти черной окраске, представляя собой рыхлую, слабосцементированную и разжиженную смесь ила, раковинного детрита с мазутом, сырой нефтью, другими отходами. Их присутствие в сочетании со специфическим запахом меркаптана служит одним из признаков загрязненности донной среды промышленных акваторий (рис.4.1).

Как показали результаты исследований, вся площадь последних, вместе с подстилающими грунтами несет нагрузку антропогенного стока прилегающей суши. Гидрографическая сеть региона - один из основных поставщиков взвеси, обломочного и другого, естественного осадкообразующего материала, но кроме того и огромной массы химических, ядовитых веществ технического происхождения [61,76].

Другой причиной загрязнения грунтов служат объекты морской нефтедобычи с их аварийными разливами, хроническими утечками в различных районах Каспия, включая Бакинскую бухту, конфигурация и изрезанный гидрорельеф которых, а также гидродинамический режим способствуют накоплению вредных осадков.

По данным аэрофотосъемки 1978-1989 гг. эти потери на акваториях островов Пиралахи (Артем), Нефть Дашлары (Нефтяные Камни), Булла, банки Макарова, западного и Челекена, банок Жданова, Ливанова, Калинкина, восточного побережья моря в среднем и суммарно составляли ежегодно 578,15 тонн [46,60]. Отсюда и повышенная концентрация нефтяных углеводородов в донных отложениях перечисленных участков Каспия. Однако, основным фактором загрязнения грунтов всего водоема являются



Интервалы и тобы и соответствующих концентраций НУ мг/г :

0 - 5	5 - 10	10 - 25
30,0 - 0,35 мг/г	2,0 - 0,25 мг/г	02 - 0,15 мг/г
25 - 50	50 - 100	> 100
0,15 - 0,3 мг/г	0,3 - 0,01 мг/г	> 0,01 мг/г

Рис. 4.1. Карта-схема содержания НУ мг/г в поверхностном (0-0,25 м) слое грунтов Каспийского моря (1978-1995 гг., средние значения)

промышленные, сточные воды городов Баку, Сумгаита, Махачкалы, Актау, Туркменбаши и прочих населенных пунктов.

В то же время не исключается влияние трансформированных волжских вод, достигающих вдольберегового течения северной окраины Азербайджанской акватории и, соответственно, слагающих ее донные отложения.

Следует подчеркнуть особую роль морской воды, как опосредованного источника поступления техногенного материала на дно изучаемого региона. Судя по осредненным гидрохимическим показателям в ее составе присутствовали нефтяные углеводороды (0,14 мг/л), фенолы (0,007 мг/л), СПАВ (0,06 мг/л), нитриты (3,2 мкг/л), нитраты (12,2 мкг/л), аммонийный азот (145,0 мкг/л), микроэлементы ряда металлов [60,61]. Далее растворенные и взвешенные в воде частицы техногенных примесей подвергались метаморфизации, деструкции и оседали на дно, загрязняя его и преобразуясь в осадок. Этому процессу способствовал восстановительный режим геохимической среды донных отложений большинства нефтедобывающих районов Каспия [5,76].

О чем можно судить также по содержанию загрязняющих веществ в грунтах изучаемого региона, где средние и крайние значения нефтяных примесей соответственно равнялись 0,41 (226,5-0,0) мг/г (табл.4.1). Количество микроэлементов металлов здесь, как правило, не превышало типичных для незагрязненных донных отложений [60]. Исключением являлась Бакинская бухта, осадки которой по концентрации ртути в среднем (1,3 мкг/г), относились к незначительно, а по хром (409,5 мкг/г) к загрязненным категориям [60,113].

В условиях Каспийского моря компоненты тяжелых металлов не имеют существенного значения, так как практически не выходят за пределы допустимой концентрации (ПДК). В этом отношении они полностью уступают место нефтяным углеводородам, как доминирующим загрязнителям экосистемы всего региона. Состав нефтяных примесей в грунтах, если судить по Бакинской бухте, был преимущественно представлен смоло-асфальтовыми соединениями (60%) и тяжелыми фракциями углеводородов вида $C_{10}-C_{12}$ (2,0%) и $C_{13}-C_{20}$ (3,3%). Исходя из специфических особенностей этого, по существу городского водоема, основными источниками образования вышеперечисленных компонентов, безусловно, явля-

лись техногенные (табл.4.1). В отличие от морских вод для донных отложений не разработаны критерии оценки их состояния в зависимости от вредных примесей, за исключением металлов [60,136]. Тем не менее в качестве косвенных показателей загрязненности грунтов можно использовать величины рН (концентрация водородных ионов) E_hmv (окислительно-восстановительный потенциал).

Таблица 4.1

Результаты анализов нефтепродуктов (%) в донных отложениях Бакинской бухты [136]

Слой отбора	Смоло-асфальтовые соединения	Углеводороды (средние значения)										
		C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀
0-0,5	67,7	1,8	1,8	3,0	3,8	4,9	2,8	3,2	3,1	1,8	5,0	2,3
0,5-1,0	67,7	1,6	1,6	2,7	3,9	4,6	2,7	3,1	3,4	1,6	4,4	2,3
0-1,0	67,7	1,7	1,7	2,8	3,8	4,8	2,7	3,1	3,2	1,7	4,7	2,3

Согласно нормативам «Постоянной международной ассоциации Конгресса по судоходству» исследованные отложения относились как к сильно загрязненным, так и незагрязненным образованиям. Им соответствовали максимальные и минимальные значения НУ (226,5 – 0,03 мг/г) и величины рН (10,5 – 6,0). Причем геохимическая среда осадков в основном имела щелочной (рН >7), реже кислый (рН <7) характер, изменяясь под воздействием техногенных веществ. Более показательна для состояния грунтов региона величина окислительно-восстановительного потенциала (E_hmv), находившаяся в интервале (-266 mv) – (+17 mv), и в среднем равная (-58 mv). Ее изменение зависит от концентрации нефтяных углеводородов в донных отложениях, понижаясь с их увеличением и, напротив, повышаясь по мере уменьшения (рис.4.1, приложение, табл.8).

Тем не менее показатель E_hmv может быть использован лишь для сравнительной оценки состояния грунтов в пределах загрязненной площади, так как помимо нефти существуют и другие восстановители естественного (битумы, биоорганика, сероводород)

происхождения [120,135]. При этом образованию отрицательных значений Eh_{mv} способствует застойный режим бухт, гаваней, ограниченный водообмен, большие глубины моря с замедленной циркуляцией вод.

На открытых, гидродинамически активных участках акватории, удаленных от источников загрязнения, напротив, преобладают положительные величины окислительно-восстановительного потенциала [5,135].

Значения pH и Eh не зависят от мехсостава изученных грунтов, изменяясь вместе с содержанием нефтяных углеводородов, которых было больше у илов ($HU=2,8$ мг/г; $pH=8,7$; $Eh=-98,5$ мВ), меньше у песков ($HU=0,19$ мг/г; $pH=8,2$; $Eh=-48,0$ мВ) и глин ($HU=0,2$ мг/г; $pH=6,8$; $Eh=+5,5$ мВ) (рис.4.2, приложение, табл.8).

В среднем, судя по водородному показателю, донные отложения водоема являлись незначительно загрязненными ($HU=1,45$ мг/г; $pH=8,2$; $Eh=-58,0$ мВ). Причем эти же характеристики западного побережья Каспия ($HU=2,7$ мг/г; $pH=8,4$; $Eh=-59,5$ мВ) указывают на их несколько большую загрязненность по сравнению с грунтами восточного шельфа ($HU=0,2$ мг/г; $pH=8,0$; $Eh=-56,0$ мВ) (приложение, табл.8) [5,60].

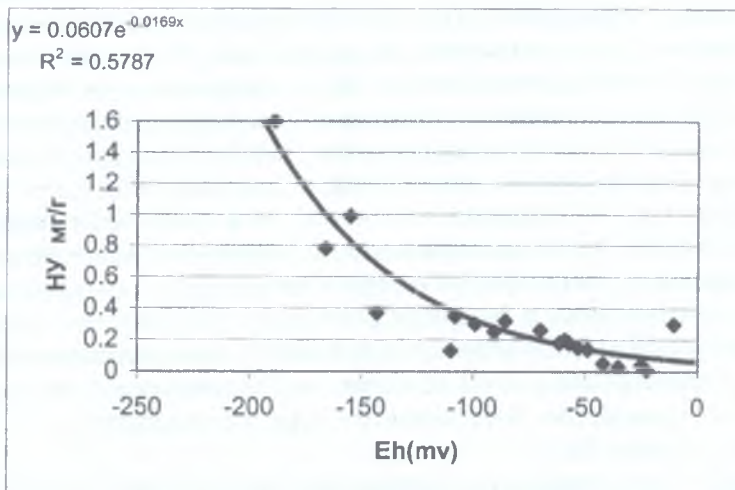


Рис.4.2 Изменение величины $Eh(mv)$, в зависимости от содержания нефтяных углеводородов HU (мг.г) в грунтах Азербайджанской акватории Каспия

Динамика загрязнения донных отложений так же, как и воды, но только опосредованно, тесно связана с основными источниками поступления антропогенных веществ. В пределах акватории Каспия – это реки, прибрежные города, промышленность, гидротехническое строительство, нефтепромысловые сооружения. Главная загрязняющая примесь – нефть и ее производные, реже другие компоненты, встречающиеся в зависимости от приуроченности к тем, либо иным хозяйственным объектам.

Судя по имеющимся данным, содержание нефтепродуктов в грунтах здесь изменялось в широком интервале от 226,0 до 0,0 мг/г, в среднем составляя 1,52 мг/г сухой навески (табл.4.2). Причем концентрация фенолов колебалась от 40,0 до 0,0 мкг/г, равняясь в среднем 1,73 мкг/г. Количество ртути в донных осадках варьировало от 4,7 до 0,0 мкг/г. Следует отметить, что эти сведения в основном относились к прибрежной зоне акватории [59,60]. Тем не менее одиночные определения в глубоководных районах моря свидетельствовали о чистоте отложившихся там осадков.

Сходная картина наблюдалась в Северном Каспии, где концентрация нефти в грунтах снижалась от западной (0,67 мг/г) и восточной половины (0,3 мг/г) к его центральной части (0,09 мг/г). При этом больше нефтяных примесей содержалось в донных отложениях Южного Каспия (3,3 мг/г), по сравнению с площадью Северного (0,35 мг/г) и Среднего (0,30 мг/г) Каспия (табл.4.2). И, наконец, западное, наиболее промышленное побережье региона (2,5 мг/г) отличалось от восточного шельфа повышенной загрязненностью грунтов нефтью (0,21 мг/г). Причем наблюдалось общее снижение содержания вредных примесей в донных осадках от малых к большим глубинам моря и соответственно от максимальных значений к аналитическому нулю (рис.4.3).

На примере значений нефти это составило в интервалах изобат: 0-5,0 м (30,0-0,35 мг/г) – 5,0-10,0 м (2,0-0,25 мг/г) – 10,0-25,0 м (0,2-0,15 мг/г) – 25,0-50,0 м (0,15-0,1 мг/г) – 50,0-100,0 м (0,1-0,01 мг/г) -100,0 м (<0,01 мг/г).

Изменение значений последней от Северного Каспия (0,67 мг/г) по направлению к Ленкорани (0,45 мг/г) сопровождалось увеличением количества в районе Сумгаита (0,71 мг/г), Нефтяных Камней (0,76 мг/г), Бакинской бухты (95,1 мг/г), Сангачал (0,94 мг/г), банки Макарова (0,81 мг/г). И, напротив, меньшая концен-

Таблица 4.2

Сравнительная оценка качества и мехсостава грунтов Каспийского моря (1978-1995 гг., средние значения)
[60]

Глубина моря, м	НУ, мг/г	Фенолы, мкг/г	Н _в , мкг/г	Число пластич.	Фракции, %					Наименование грунта по ГОСТ 25/00-1982 г.
					>2,0 мм	>0,5 мм	>0,25 мм	>0,1 мм	<0,005 мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3-5	0,33				<u>Северный Каспий, восточное побережье</u>					
8-10	0,15			3,7				46,1	7,6	песок пылеватый ил песчаный
3	0,2				<u>Северный Каспий, центральная часть</u>					
10	0,08			3,7				32,4		песок пылеватый
20	0,02			15,0					9,0	ил супесчаный
									22,0	ил суглинистый
3-5	0,9				<u>Северный Каспий, западное побережье</u>					
10	0,3			2,8				34,3		песок пылеватый
17	0,2			11,0					6,1	ил супесчаный
									18,6	ил суглинистый
0	0,04				<u>Средний Каспий, западное побережье</u>					
0,5	0,07				82,2					песок крупный
1,0-3,0	0,14					97,0				песок средний
3,0-7,0	0,23	0,1	0,15					87,0		песок мелкий
5,0-15,0	0,27	0,82	0,24	4,1				48,5		песок пылеватый
10,0-25,0	0,45	0,85	0,34	14,0					6,8	ил супесчаный
10,0-115,0	0,62	1,1	0,5	22,8					25,0	ил суглинистый
									52,0	ил глинистый

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5,0-10,0	0,02	0,08	0,0	21,5	<u>Средний Каспий, восточное побережье</u>					
1,0	0,04	1,2	0,2					78,5	21,5	глина
5,0	0,12	1,6	0,3					72,0		песок мелкий
10,0	0,13	0,64	0,12	4,6					8,2	песок пылеватый
20,0	0,13	0,7	0,04	12,6					24,0	ил супесчаный
5,0-50,0	0,2	1,2	0,14	20,0					31,0	ил суглинистый
					<u>Южный Каспий, западное побережье</u>					
0,0	0,01				53,6					песок гравелистый
0-5,0	0,04					72,4				песок крупный
0,0-1,5	0,09							75,0		песок средний
0,5-10,0	0,22							82,1		песок мелкий
0,5-10,0	0,32	1,4	0,35							песок пылеватый
0,5-10,0	0,06	следы	1,0	21,2					46,0	глина
0,5-10,0	0,2	0,25	1,2	14,0					12,0	суглинок
0,5-10,0	0,14	0,09	0,7	5,0					8,8	супесь
0,5-10,0	19,0	0,68	0,6	4,7					8,2	ил супесчаный
0,5-0,25	20,2	1,1	0,7	13,1					22,3	ил суглинистый
0,5-50,0	24,0	1,5	0,74	22,5					54,0	ил глинистый
					<u>Южный Каспий, восточное побережье</u>					
1,0	0,15	0,2	0,32					78,1		песок мелкий
3,0-10,0	0,20	0,45	0,10					52,5		песок пылеватый
10,0	0,93	0,34	0,20	4,1					7,6	ил супесчаный
5,0-25,0	0,50	0,65	0,32	12,2					26,4	ил суглинистый
5,0-50,0	0,84	1,15	0,44	20,5					45,5	ил глинистый
5,0-10,0	0,01	0,0	0,0	23,0					43,0	глина
5,0-10,0	0,12	1,0	-	15,5					25,5	суглинок

трация нефтяных углеводородов относилась к сравнительно более чистым участкам Набрани (0,03 мг/г), Зыря (0,04 мг/г), банки Андреева (0,15 мг/г), Куринского Камня (0,07 мг/г) (рис.4.4).

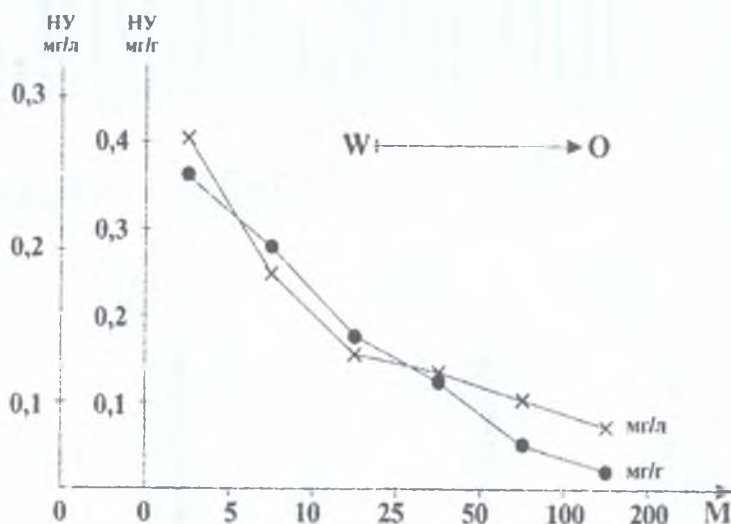


Рис. 4.3. Изменение концентрации нефтяных углеводородов в грунтах и воде интервалов изобат Азербайджанской акватории Каспия по направлению с запада на восток.

Загрязненность восточного побережья заметно уступает западному, а содержание нефти в донных отложениях снижается от районов Северного Каспия (0,3 мг/л) на юг к взморью поселка Гасан-Кули (0,07 мг/г). При этом наибольшие значения нефтяных примесей наблюдались в грунтах акваторий портов Актау (0,19 мг/г) и Красноводского (0,35 мг/г) залива (рис.4.4).

Отдельными вкраплениями на донной поверхности акватории, на примере нефтяных примесей, выступали грунты так называемых «дампингов» Северного Каспия (0,16 мг/г), Махачкала 107 (0,07 мг/г), Избербаша (0,02 мг/г), Сумгаита 57 (0,14 мг/г), Апшерона 95 (0,15 мг/г), Баку 71 (0,36 мг/г), Карадага 55 (0,24 мг/г), Актау (0,12 мг/г), Бекдаша (0,16 мг/г), Кианлы (0,17 мг/г), Туркменбаши 117 (0,16 мг/г), Челекена 2 (0,15 мг/г) и Окарема (0,30 мг/г) (табл.4.3, приложение, табл.9).

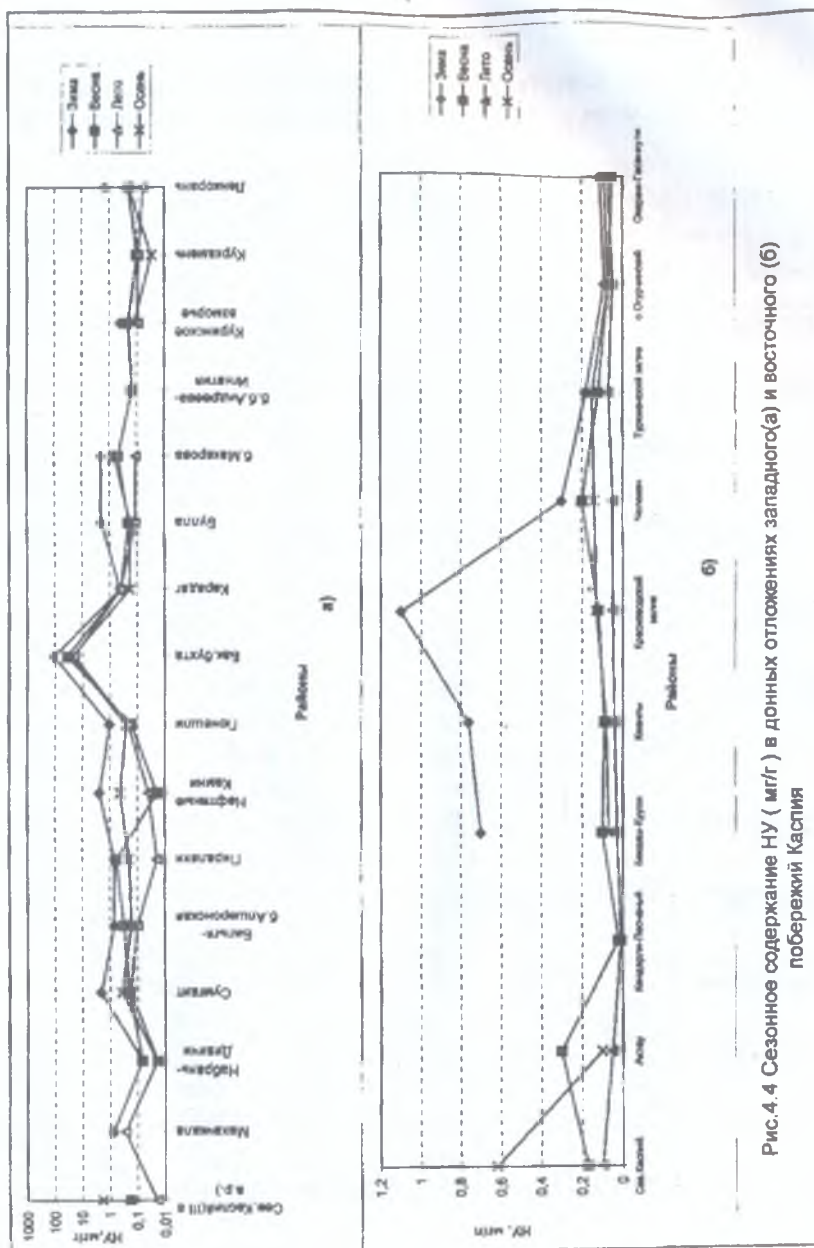


Рис. 4.4 Сезонное содержание НУ (мг/г) в донных отложениях западного(а) и восточного(б) побережий Каспия

Таблица 4.3

Показатели качества воды и грунтов в районах дампингов
Каспийского моря в 1986-1989 гг. (средн.знач., горизонты 0 - дно)

Районы	Место отбора	Глубина моря, м	O ₂ , мг/л	HУ, мг/л	Фенолы, Мг/л	СПАВ, мг/л	БПК ₅ , мгО ₂ /л	HУ, мг/г
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Северный Каспий	2Ц	5-17	9,1	0,19	0,012	0,01		0,07
	1Ф	-"	9,4	0,13	0,007	0,002		0,03
	среднее		9,2	0,16	0,009	0,006		0,05
Махачкала 107	2Ц	30-42	10,8	0,08	0,005	0,04	0,91	0,08
	1Ф	-"	10,9	0,07	0,004	0,03	1,09	0,06
	среднее		10,8	0,07	0,004	0,03	1,0	0,07
Избербаш	2Ц	100-130	8,2	0,03	0,003	0,031		0,0
	1Ф	-"	8,4	0,01	0,002	0,017		0,0
	среднее		8,3	0,02	0,002	0,024		0,0
Сумгаит 57	2Ц	10-20	9,3	0,17	0,012	0,034	0,98	0,28
	1Ф	-"	9,9	0,12	0,011	0,031	1,12	0,16
	среднее		9,6	0,14	0,011	0,032	1,05	0,22
Апшерон 95	2Ц	10-15	8,8	0,16	0,007	0,028	0,98	0,30
	1Ф	-"	8,8	0,14	0,006	0,024	1,51	0,21
	среднее		8,8	0,15	0,006	0,026	1,24	0,25
Баку 71	2Ц	5-7	9,0	0,45	0,016	0,053	0,99	20,6
	1Ф	-"	8,6	0,28	0,016	0,051	0,85	11,0
	среднее		8,8	0,36	0,016	0,052	0,92	16,0
Карадаг 55	2Ц	15-20	9,5	0,32	0,012	0,043	1,12	0,7
	1Ф	-"	9,5	0,16	0,011	0,037	0,94	0,14
	среднее		9,5	0,24	0,011	0,040	1,0	0,42
Актау	2Ц	20-25	10,3	0,14	0,008	0,026	1,9	0,12
	1Ф	-"	10,0	0,11	0,006	0,020	1,6	0,06
	среднее		10,1	0,12	0,007	0,023	1,8	0,09
Бекдаш	2Ц	15-20	10,3	0,21	0,022	0,051	1,9	0,12
	1Ф	-"	10,3	0,15	0,013	0,038	1,7	0,08
	среднее		10,3	0,18	0,017	0,044	1,8	0,10
Кианлы 88	2Ц	6-10	10,8	0,22	0,01	0,052	2,26	0,07
	1Ф	-"	10,7	0,13	0,009	0,032	1,96	0,05
	среднее		10,7	0,17	0,009	0,042	2,11	0,06
Туркменбаши 117	2Ц	14-25	9,8	0,21	0,014	0,029	1,26	0,18
	1Ф	-"	9,7	0,11	0,010	0,018	1,17	0,12
	среднее		9,7	0,16	0,012	0,023	1,21	0,15
Челекен 2	2Ц	14-25	9,9	0,17	0,02	0,040	1,97	0,27
	1Ф	-"	10,0	0,14	0,013	0,029	1,61	0,21
	среднее		9,9	0,15	0,016	0,034	1,79	0,24
Окарем 74	2Ц	5-10	9,9	0,32	0,022	0,022	0,08	0,08
	1Ф	-"	9,9	0,28	0,018	0,022	0,06	0,06
	среднее		9,9	0,30	0,020	0,022	0,07	0,07

Сюда сбрасывались отходы, образующиеся при дноуглубительных работах и гидротехническом строительстве. Их состав обычно отличался высоким уровнем загрязняющих веществ по сравнению с окружающим фоном более чистых морских осадков [60,61].

Особое место в регионе принадлежит Бакинской бухте, как самому грязному водоему всего бассейна, где толщина нефтенасыщенных отложений достигает 8,5 м. Этому способствует не только ограниченный водообмен с открытым морем, но и тот огромный объем городских отходов, который сбрасывался сюда долгие годы, образуя толщу по существу антропогенных грунтов. Как следствие, вторичное загрязнение окружающей среды за счет их взмучивания в штормовую погоду, либо изъятия при дноуглубительных работах и захоронении в районах дампинга. Иначе выглядел характер распределения техногенных примесей на площади с отрицательной седиментацией донных осадков и активным гидродинамическим режимом. Обычно это происходило на мелководье, в «волноприбойной» зоне, на поверхности размываемых выходов коренных пород дна Среднего Каспия, сочетаясь с минимальной концентрацией загрязняющих веществ. Более наглядно сказанное прослеживалось в открытой части акватории, в районе Абшеронского порога, вблизи островов Чилов (Жилой) и Нефт Дашлары со значительными скоростями придонных течений [61,31].

Подъем уровня Каспия, продолжавшийся почти двадцать лет, сопровождался смывом прибрежных масс грунтов, повышая содержание техногенных компонентов и расширяя ареал их развития на прилегающей площади. В то же время наблюдалось закономерное уменьшение количества инородных примесей в донных отложениях с увеличением глубин моря и расстояния от основных источников загрязнения [60,61].

Для примера можно привести Азербайджанскую акваторию Каспия, где количество нефти в грунтах изменялось последовательно от 0,38 мг/г до 0,28 мг/г – 0,19 мг/г – 0,13 мг/г – 0,05 мг/г и 0,02 мг/г в соответствующих им интервалах изобат 0,0-5,0 м, 5-10 м, 10-25 м, 25-50 м, 50-100 м - >100 м (рис.4.3).

При этом наблюдалось снижение уровня загрязненности вод в сторону больших глубин моря: от 0,26 мг/л до 0,17 мг/л – 0,11 мг/л – 0,9 мг/л – 0,06 мг/л и 0,05 мг/л. Для контраста стоит привести в

качестве примера различие между содержанием нефтяных примесей в Бакинской бухте – 95,1 мг/г на урезе воды (h=0-1,0 м) и в районе месторождения Гюнешли 0,01 мг/г (h=115-200 м) (рис.4.4).

Следует заметить, что приведенные данные, характеризуют изменение концентрации нефтяных углеводородов на акватории. Тем не менее и другие вредные примеси точно также убывали в грунтах и в воде по направлению к центральной части моря [60,61].

Исключения объясняются экстремальными ситуациями, аварийными разливами нефти при ее добыче, стихийными явлениями и гидрометеорологическими факторами.

Таблица 4.4

Содержание загрязняющих веществ в грунтах Бакинской бухты (1978-1995 гг., сред.знач.) [61,136]

Интервалы глубин	НУ	Органика	Фенолы	Медь	Свинец	Никель	Ванадий	Бериллий	Стронций	Хром	Ртуть
м	мг/г	мг/г	мг/г	мкг/г	мкг/г	мкг/г	мкг/г	мкг/г	мкг/г	мкг/г	мкг/г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,0-0,25	68,4	86,5	0,0015	35,7	24,5	43,1	56,5	1,2	350,0	407,0	1,3
0,25-0,5	78,0	90,5	0,001	33,8	22,8	41,3	59,3	1,1	363,0	421,6	1,4
0,5-0,75	36,4	50,6	0,0008	32,5	20,3	38,4	52,2	1,2	183,7	360,3	1,2
0,75-1,0	28,9	44,8	0,002	28,7	18,0	28,0	51,5	1,0	160,0	361,7	1,0
1,0-1,5	17,1	22,0	0,0006	23,0	13,4	24,1	40,7	1,0	207,5	250,7	0,6
1,5-2,0	6,8	7,7	0,0001	17,0	10,1	14,5	30,4	1,0	Н/О	166,7	0,05
2,0-2,5	2,1	3,4	0,00005	12,8	9,4	7,9	28,4	1,0	Н/О	127,8	0,13
2,5-3,0	1,4	1,8	0,0007	12,1	9,4	5,7	24,7	1,0	Н/О	93,4	0,10
3,0-3,5	0,9	1,9	следы	9,7	6,6	5,0	17,5	1,0	Н/О	46,2	0,3
3,5-4,0	0,8	1,0	следы	9,5	3,0	5,0	15,1	1,0	Н/О	31,8	Н/О
4,0	0,6	0,8	следы	8,8	1,7	5,0	14,0	1,0	Н/О	27,1	Н/О
Среднее	22,0	28,2	0,007	20,3	12,6	20,0	35,5	1,0	253,0	108,6	0,67

Содержание всех микроэлементов в целом на изученной площади моря, как правило, не превышало «типичных значений незагрязненных» донных отложений (приложение, табл.11) [95]. Исключение представляет Бакинская бухта, где по количеству ртути (1,3 мг/г), никеля (41,3 мг/г), стронция (330,3 мг/г) грунты относились к «незначительно», а по хрому (410,5 мг/г) просто к «загрязненной» категориям (табл.4.4). То же самое характерно для Крас-

новодского залива, донные отложения которого были «незначительно» загрязнены никелем (28,5 мг/г), хромом (120,0 мг/г) и барием (501,0 мг/г). Аномальные показатели тяжелых металлов наблюдались лишь в местах непосредственного сброса промышленных отходов, при дноуглубительных работах в районах дампинга и, по-видимому, не оказывали существенного влияния на состояние окружающей среды (приложение, табл.11) [60].

О примерном характере распределения тяжелых металлов вдоль западного и восточного побережий моря в южном направлении можно судить по концентрации ртути, максимумы которой тяготели к участкам Сумгаита (0,78 мг/г), Нефтяных Камней (0,58 мг/г), Бакинской бухты (1,22 мг/г), Актау (0,34 мг/г), Туркменбаши (0,17 мг/г), Челекена (0,23 мг/г) (приложение, табл.11).

Как видно, загрязненность этим компонентом грунтов западной части Каспия (0,34 мг/г) в среднем в несколько раз превышала аналогичные показатели (0,16 мг/г) восточного шельфа.

Концентрация большинства микроэлементов в донных отложениях региона снижалась по направлению к центральной части моря. Исключение – соединения цинка, оседающие на значительных глубинах за счет разлагающегося планктона [61,108].

Причем характер их распределения в грунтах акватории зависел как от антропогенных, так и физико-химических, гидродинамических условий. В кислой среде больше металлов скапливается в органической части морских осадков, в щелочной ($pH > 7$) в песчаных и глинистых грунтах, возрастая вместе с дисперсностью.

Скорость десорбции различных элементов из донных отложений обратно в воду уменьшается от кадмия к $Zn > Mn > Ni > Co > Si > Cr$, а ее интенсивность увеличивается при дноуглубительных работах и гидротехническом строительстве. В то же время седиментация этих компонентов на акватории усиливается с ростом солености, карбонатности, жесткости вод и при низких температурах. Соответственно снижается и степень ядовитости тяжелых металлов для окружающей биоты – избирательно по отношению к отдельным представителям гидрофлоры и фауны.

Причем, если цинк является жизненно необходимым и распространенным микроэлементом, то такие, как свинец, ртуть, мышьяк очень токсичны, а стронций порой радиоактивен. Тем не менее они встречаются преимущественно в местах непосредствен-

ного сброса, после чего достаточно быстро теряют опасную для рыбохозяйственных водоемов концентрацию.

Загрязненность поверхностных слоев донных отложений Каспия, как и воды, подвержена сезонным колебаниям ($h = 0,0-0,03$ см), сопровождающимся ростом концентрации нефтяных примесей в холодное и их спадом в теплое время года (рис.4.4).

Такая же зависимость содержания загрязняющих веществ в грунтах наблюдалась и в отдельных районах западного и восточного побережья, но в связи с преобладающим влиянием местных техногенных условий. Судя по результатам проведенных исследований, процессами загрязнения в основном была охвачена поверхность донных отложений Каспийского моря ($H=0,0-0,5$ м). В узкой прибрежной полосе, вблизи населенных пунктов, промышленных объектов, в портах и гаванях их мощность по данным инженерно-геологических изысканий достигала нескольких метров [90-94]. При этом прослеживалось закономерное убывание содержания компонентов по глубине разреза грунтов от максимальных до минимальных значений, начиная с поверхности дна. В качестве наглядного примера можно привести сводную колонку загрязненных отложений Бакинской бухты, где их мощность не превышала 8,5 м, ниже которых нефтяные примеси (26,83-0,0 мг/г) не обнаружены (рис.4.5). То же самое наблюдалось на акваториях Махачкалинского порта (0,68-0,19 мг/г), в Актау (0,21-0,03 мг/г), но уже в интервалах 0-0,3; 0,3-0,6; 0,6-1,0 м (табл.4.5). К сожалению, сведения о загрязнении более глубоких слоев грунтов там отсутствуют, хотя и можно предположить, что оно ограничивается коренными глинами и суглинками, подстилающими поверхность современных песков и илов (рис.4.5) [90-94].

По мере удаления от береговой линии и источников загрязнения в сторону изобат открытого моря содержание вредных веществ в донных отложениях так же как и их мощность по вертикали снижались до нулевых значений. При этом инородные компоненты избирательно накапливались в различных по составу и физическим свойствам грунтах. Так, например, много нефти было выявлено в илах (103,8 мг/г), меньше в песках (0,75 мг/г) и глинах (0,21 мг/г) Бакинской бухты.

Таблица 4.5

Изменение среднего содержания нефтяных углеводородов
в донных отложениях Каспия по глубине их залегания
[90-94]

Районы	Глубина моря, м	Интервалы отбора проб, м					Тип грунта
		0,0	0-0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-1,0	
Махачкала	6,0	0,62	0,32	0,26	0,21	0,19	Ил
Актау	5,0	0,21	0,15	0,11	0,08	0,03	Ил
Туркменбаши	4,0	2,4	1,94	1,85	1,77	1,6	Ил
Челекен	3,0	0,3	0,20	0,16	0,13	0,11	Песок
Окарем	5,0	0,13	0,11	0,09	0,07	0,03	Ил

Судя по осредненным значениям, такое же соотношение компонентов в аналогичных грунтах (3,7-0,11-0,1 мг/г) наблюдалось в целом на прибрежной площади моря. В то же время большая загрязненность нефтью песков Северного Каспия (0,48 мг/г) по сравнению с илами (0,14 мг/г) в среднем значении объясняется влиянием Волги на приустьевую область, сложенную в основном этими осадками.

Следует отметить, что при прочих равных условиях (расстояния от источника загрязнения, глубине залегания, физических свойствах) содержание вредных примесей в грунтах зависит от степени их дисперсности, преобладания тонких, либо грубых фракций. Так, например, происходило увеличение концентрации нефтяных углеводородов в песках от гравелистых (0,01 мг/г), к крупным (0,04 мг/г), средним (0,09 мг/г), мелким (0,18 мг/г) и пылеватым (0,26 мг/г) разностям. То же самое прослеживалось в супесчаных (9,6 мг/г), суглинистых (10,3 мг/г) и глинистых илах (12,3 мг/г), но уже с изменением ($< 0,005$) глинистости (рис.4.6, табл.4.2).

С другой стороны при сходном мехсоставе загрязнение донных отложений уменьшалось по мере увеличения плотности, особенно показательной для коренных супесей (0,14 мг/г), суглинков (0,16 мг/г) и глин (0,02 мг/г), отличающихся от рыхлых песков и илов более низкой пористостью (приложение, табл.12). В свою очередь повышение концентрации нефтяных углеводородов в глинистых грунтах вызывало снижение показателей их прочности, в

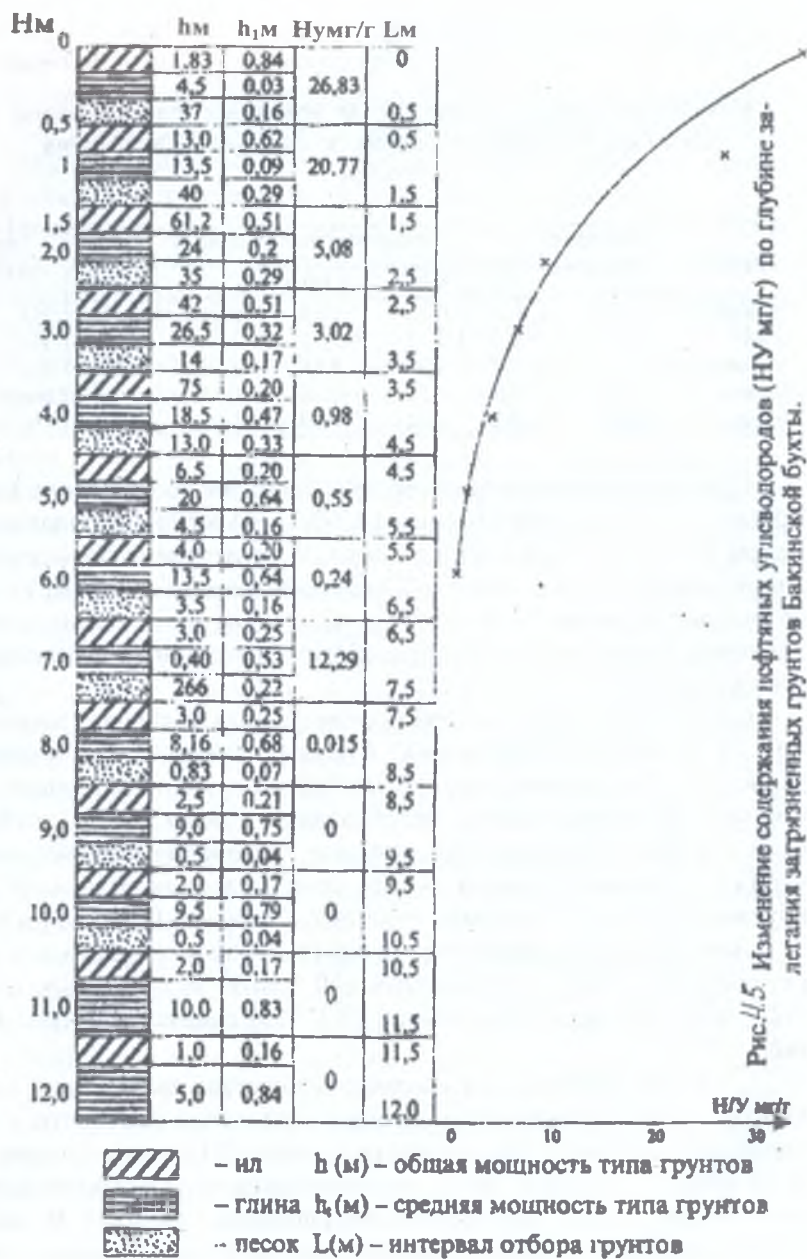


Рис. 4.5. Изменение содержания нефтяных углеводородов (НУ мг/г) по глубине залегания загрязненных грунтов Бакинской бухты.

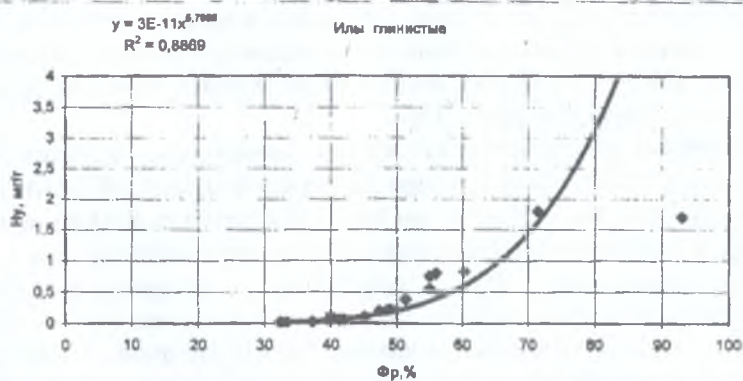
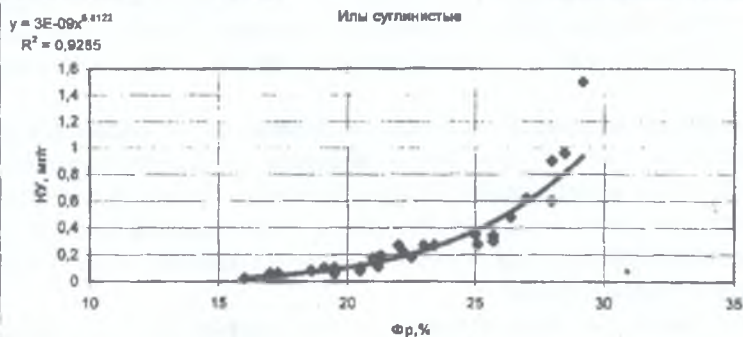
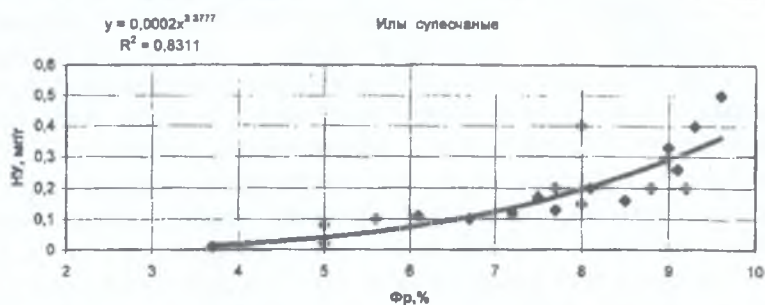


Рис.4.6.Изменение содержания НУ (мг/г) в зависимости от глинистости (Фр < 0.005 мм) илов Каспийского моря

том числе измеряемых глубиной погружения конуса [140]. Кроме того наблюдалось уменьшение прилипаемости донных отложений, учитываемой при дноуглубительных работах (приложение, табл.12). При этом в присутствии нефтяных углеводородов повышалась связность недоуплотненных песков и илов, уменьшалась дисперсность, вследствие коагуляции частиц, пористость и гидрофильность. В связи с чем часть грунтов преобразуется в прослой, препятствующий, также как и коренные породы, дальнейшему загрязнению дна по вертикали. Влияния других компонентов, таких как фенолы, ртуть на физические свойства грунтов не обнаружено как и степень действия на окружающую среду и гидробиоту из-за их малых концентраций (табл.4.2). Это же относится к содержанию меди, свинца, никеля, ванадия, бериллия, хрома, стронция в донных отложениях ряда прибрежных районов моря (приложение, табл.11).

Характер изменения количества загрязняющих веществ в изучавшихся осадках хорошо согласовывался с соответствующей их дисперсности адсорбционной способностью. Этот факт подтверждается как экспедиционными, так и экспериментальными данными, полученными при искусственном насыщении образцов различных грунтов нефтью.

Результаты моделирования контакта чистых осадков с загрязненной водой показали, что наиболее высокую поглощающую способность имеют глинистые отложения и пылеватые пески. И в тех и в других случаях величина адсорбции достигала максимума уже в первые сутки опыта, составляя на седьмой день около 96% от исходной концентрации [136].

Значения десорбции искусственно загрязненных грунтов оказались более высокими у менее дисперсных разностей, в частности, у крупных песков, хотя сам процесс изъятия нефтяной примеси шел с той же интенсивностью и продолжительностью, но в обратном направлении – из образцов. Однако, в случае нарушенного сложения донных отложений, либо иного воздействия на их плотность и условия залегания, величина десорбции вновь возрастает вплоть до полной отдачи во внешнюю среду вредных ингредиентов, что и наблюдалось многократно в естественных условиях под влиянием гидрометеорологической обстановки (волнения, течения) и дноуглубительных и гидротехнических работ.

В качестве примера было сопоставлено содержание нефтяных углеводородов в поверхностных и придонных горизонтах (0/дно) мелководной Бакинской бухты при штиле (0,2/0,16 мг/л) и сильных северных (0,39/1,0 мг/л), южных (0,57/1,27 мг/л), западных (0,43/0,81 мг/л), восточных (0,26/0,66 мг/л) ветрах и волнении [60,136].

Глинистые и суглинистые илы при волнении легко взмучиваются и переходят во взвеси (130 мг/л) очень сильно загрязненные нефтью, фенолами, никелем и хромом [136].

Одной из причин этого обстоятельства, по-видимому, являлось перемешивание загрязненных осадков, средняя концентрация нефтяных примесей, у которых здесь составляла 45,8 мг/г (рис.4.7).



Рис. 4.7. Динамика концентрации нефтяных углеводородов (НУ мг/г) в наносах Бакинской бухты (08.07.82. – 21.03.83 г. г. средн. знач.)

Вторичное загрязнение морских вод на малых глубинах обычно связано со взмучиванием донных отложений при сильных вет-

рах и волнении. Так, в этих условиях, концентрация нефтяных углеводородов в Бакинской бухте равнялась в среднем 4,0 мг/л на ее поверхности и 14,3 мг/л у дна [136].

В то же время при штиле содержание нефтяных примесей в воде соответственно составляло здесь 0,17 и 0,38 мг/л, а в грунтах 52,2 мг/г [136]. Следует отметить, что это обстоятельство в большей степени обусловлено гидродинамической активностью акватории, нежели уровнем загрязненности и адсорбционно-десорбционной способностью донных осадков.

Согласно имеющимся сведениям (по Бакинской бухте) на границе грунт-вода происходит постоянный обмен нефтепродуктами, равный 0,2% от содержания в илах и 0,6% в песках, в спокойную погоду. При сильных ветрах и волнении эти поступления достигают 4%. В экспериментальных условиях относительный выход нефтяных примесей после активного перемешивания в течение суток составил в илах и песках 3,7% от их концентрации в начале опыта и 0,6 и 1,1% соответственно в конце (табл.4.6).

При аналогичных экспериментах, но в статическом состоянии в интервале одного месяца концентрация нефтяных углеводородов в воде увеличилась в среднем с 3,3 мг/л до 36,0 мг/л, что равняется 0,5% от их содержания в илах и 1,1% в песках (табл.4.6).

В обоих случаях, как и при взмучивании, количество загрязненных веществ оказалось больше в придонных и меньше в поверхностных и средних слоях воды (табл.4.6; 4.7).

Судя по наблюдениям в Бакинской бухте, динамика загрязнения и самоочищения грунтов имела сезонный характер, исключая аварийные выбросы нефтепродуктов.

В связи с чем отмечалось синхронное снижение концентрации нефтяных углеводородов от зимы к весне, лету и осени, как в морской воде (11,15-8,5-1,45-4,0 мг/л), так и в донных отложениях (105,1-35,0-20,1-23,1 мг/г) акватории [61].

Следует отметить, что приведенные данные в основном относятся к прибрежным районам моря, где сосредоточено большинство источников загрязнения. По мере удаления от уреза воды грунты становились чище, сохраняя в итоге лишь следы вредных примесей. Судя по межгодовой динамике содержание нефти в донных

Таблица 4.6

Относительный переход нефтепродуктов в % из донных
отложений в воду при взмучивании [136]

Концентрация Н/У		Через 1 час			Через 2 часа			Через 4 часа			Через 24 часа		
В Грунте,мг/л	В воде, мг/л	поверхность	промежуточ.	дно	поверхность	промежуточ.	дно	поверхность	промежуточ.	дно	поверхность	промежуточ.	дно
Ил													
Сред. 32,1	5,9	2,4	1,2	3,9	1,2	0,5	2,4	0,7	0,4	1,4	0,5	0,3	1,1
Песок													
Сред. 4,3	5,3	3,7	2,7	4,6	2,2	1,3	3,1	1,6	0,9	2,4	1,3	0,7	1,9
		0-дно			0-дно			0-дно			0-дно		
Ил													
Сред. 32,1	5,9	-	2,5	-	-	1,36	-	-	0,8	-	-	0,6	-
Песок													
Сред. 4,3	5,3	-	3,6	-	-	2,2	-	-	1,6	-	-	1,3	-

отложениях изменялось на западном побережье Каспия от 2,0 мг/г до 0,11 мг/г, на восточном от 1,0 мг/г до 0,08 мг/г и в Бакинской бухте от 92,5 до 0,75 мг/г (табл.4.8).

Одним из возможных источников повторного загрязнения отдельных районов моря являются грунты. Согласно имеющимся материалам, содержание в них нефти (0,35-0,09-0,07-0,21 мг/г), фенолов (0,95-0,61-0,45-0,56 мкг/г), ртути (0,27-0,09-0,07-0,09 мкг/г) отличается сезонной изменчивостью, уменьшаясь от зимы к лету (рис.4.7) [60].

Резюмируя сказанное следует отметить, что распределение техногенных примесей в донных отложениях сопряжено с приуроченностью к прибрежным промышленным объектам и устьям рек. При этом в зависимости от близости к источникам загрязнения концентрация вредных веществ в грунтах уменьшается по направлению к глубоководной части моря.

Таблица 4.7

Результаты опытов по переходу нефтяных углеводородов (мг/г)
из донных отложений в воду в статике [136]

Концентрация Н/У		Количество Н/У, перешедших из грунта в воду через 1 месяц					
В воде мг/л	В грунте мг/г	Поверхность	Средний	Дно	Поверхность	Сред- ний	Дно
		мг/л			%		
Илы							
Средн. 3,2	40,76	37,2	21,4	54,2	0,14	0,08	0,28
Пески							
Средн. 2,0	4,7	15,6	8,6	25,0	0,56	0,28	0,87
		0 – дно			0 – дно		
Илы							
Средн. 3,2	40,76	37,6			0,16		
Пески							
Средн. 2,0	4,7	16,4			0,57		

Судя по данным, техногенные компоненты в основном концентрируются в современных осадках, а подстилающие коренные породы остаются почти незагрязненными. Содержание нефтяных углеводородов в донных отложениях обусловлено их механическим составом и физическими свойствами, увеличиваясь в тонкодисперсных и слабосцементированных разностях.

Межгодовая динамика загрязненности грунтов акватории в изученном периоде (1978-1995 гг.) выражается в постепенном снижении значений нефтяных примесей вследствие подъема уровня и промышленного спада в регионе (табл.4.8).

Таблица 4.8

Межгодовая динамика содержания нефтяных углеводородов
(мг/г сухого грунта) в донных отложениях Каспия [60,61]

Западное побережье ^(х)									
Годы	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
мг/г	2,0	1,8	0,9	0,7	0,33	0,93	0,55	1,6	1,3
Годы	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	
мг/г	1,0	0,79	0,37	0,67	0,42	0,28	0,18	0,11	
Восточное побережье ^(х)									
Годы	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
мг/г	1,0	1,2	1,0	0,92	0,59	0,68	0,71	0,57	0,38
Годы	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	
мг/г	0,21	0,19	0,14	0,10	0,09	0,08	-	-	
Бакинская бухта									
Годы	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
мг/г	92,5	86,4	90,0	70,5	42,5	28,4	50,3	98,0	40,0
Годы	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	
мг/г	20,2	36,3	24,5	12,5	5,2	4,0	0,84	0,75	

(х) – без Северного Каспия

Глава 5. ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАСПИЯ

Как показали исследования, каспийская биота испытывает растущее влияние процессов загрязнения. В результате произошло частичное изменение видового состава, численности и массы морской флоры и фауны [77].

Особая роль в качестве активных интоксикантов живой среды принадлежит нефтяным углеводородам, доминирующим в водоеме. Наименее выносливыми по отношению к ним оказались особи планктона, неспособные без помощи ветров и течений избежать контакта с ядовитыми примесями.

Эти организмы неодинаково реагируют на различные компоненты загрязнения. Так, например, коловратки, распространенные в море, обладают некоторой устойчивостью по отношению к нефтепродуктам. Сказанное объясняется ограниченной сопротивляемостью данной разновидности планктона длительному воздействию техногенных примесей [104].

Кроме того, нельзя исключать влияния гидрометеорологических факторов изменения степени загрязнения акватории. По мнению некоторых авторов, наличие в воде незначительных концентраций нефти и фенолов на первых порах способствует размножению планктонных водорослей [106]. Однако более длительное пребывание в такой среде ведет к подавлению их жизнедеятельности и гибели. По мере нарушения обмена и репродуктивной способности зоопланктона происходит уменьшение его биомассы.

В целом эти организмы оказались более резистентными по отношению к различным интоксикантам, чем остальные гидробионты.

Следует заметить, что в отдельные годы снижение плотности зоопланктона Каспийского моря было связано, помимо загрязнения, с резким увеличением численности хищных медуз и личинок баянуса [71,73]. Согласно данным, его основную часть составляли копеподы, легко подверженные губительному влиянию нефтепродуктов [103].

Кроме того установлено, что концентрация фенолов, превышающая 2,5 мкг/л, также угнетает жизнедеятельность фито- и зоопланктона [104]. Ареалы развития или комплекс видов гидро-

бионтов могут служить показателями экологического состояния акваторий. Более того, их отдельные разновидности представляют собой своеобразные индикаторы присутствия нефти, фенолов, тяжелых металлов, пестицидов и других вредных примесей.

Свидетельством этого, в частности, служат инфузории, хорошо размножающиеся в загрязненных районах, способствуя самоочищению последних [106]. Они не только регулируют численность бактерий, но и играют важную роль в уничтожении болезнетворной флоры. Установлено, что особенно много инфузорий скапливается в кровле (0-0,3 м) песчаных отложений, пропитанных нефтью и ее производными [3,15,106].

Одним из характерных признаков состояния поверхностных морских вод являются значения фотосинтеза органического вещества фитопланктоном [72,128]. Интервалы изменения их средних величин на площади Среднего и Южного Каспия для валового, чистого (Фв, Фч) фотосинтеза, деструкции (Д) и отношения (продукции) П/Д соответственно составили (1,84-0,52), (0,92-0,06), (0,94-0,23) и (1,6-0,15). Сопутствующая им концентрация нефтяных углеводородов находилась в пределах 0,17-0,06 мг/л (рис.5.1;5.2).

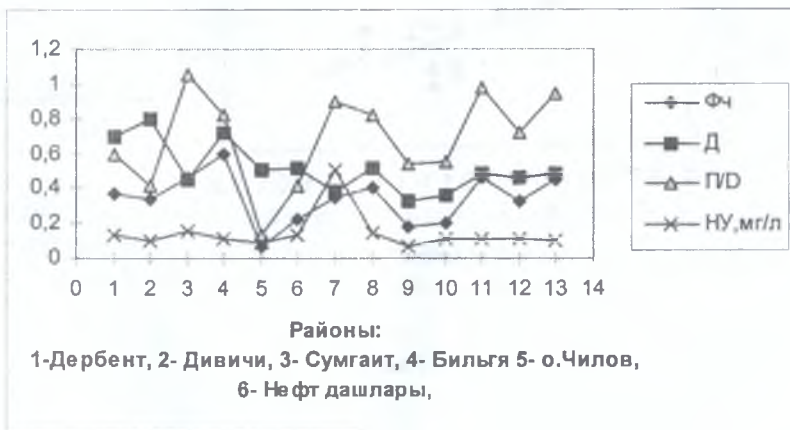
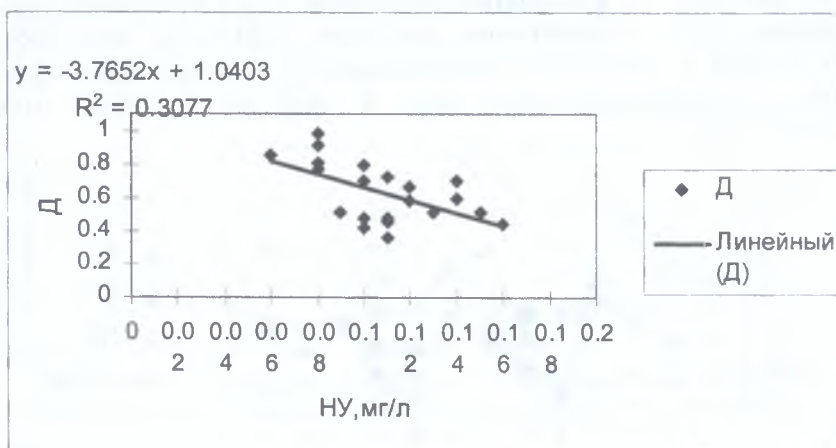
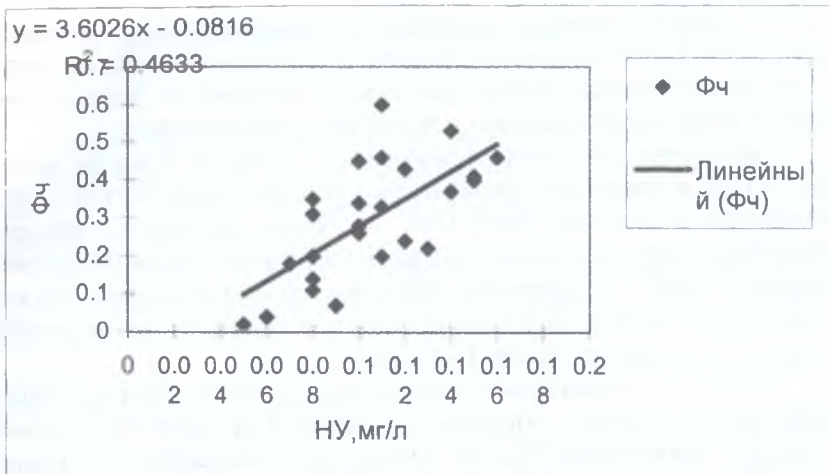


Рис. 5.1. Изменение показателей фотосинтеза и содержания нефтяных углеводородов (мг/л) в водах Западного побережья Среднего и Южного Каспия



(Рис. 5.2.)

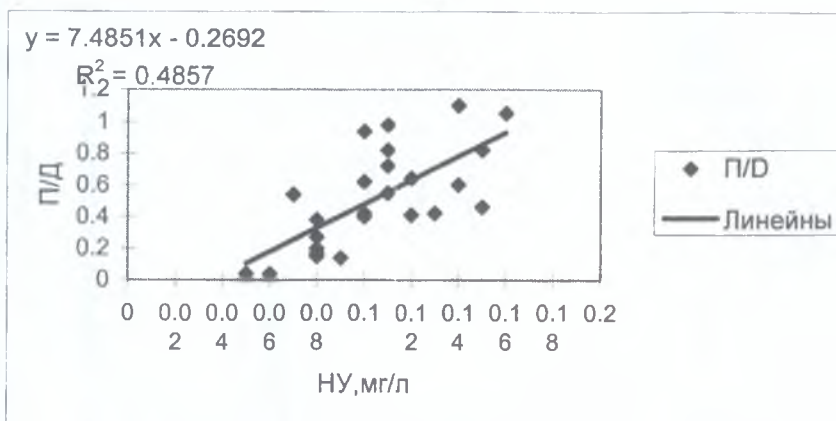


Рис. 5.2. Изменение показателей фотосинтеза (Фч, Д, П) в зависимости от содержания нефтяных углеводородов в Среднем и Южном Каспии

Судя по показателю П/Д воды акватории, особенно в Южном Каспии в течение ряда лет (1983-87-88-89) имели эвтрофный характер. Это согласуется с присутствием нефти, чья концентрация заметно снизилась в последние годы (табл.5.1, рис.5.1). Следует также отметить инерционность процессов загрязнения, длительное воздействие которых на биоту Каспия ослабило фотосинтетическую интенсивность.

Таблица 5.1

Межгодовая динамика изменения интенсивности фотосинтеза фитопланктона и деструкции органического вещества Среднего и Южного Каспия (средние значения) [60,62]

Показатели	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	Ср.зн
O_2 , мг/л	9,3	9,7	9,9	9,3	6,5	6,9	8,2	8,3	7,2	7,8	8,3
Фв	1,84	0,52	1,22	0,88	1,04	1,15	0,61	0,64	0,68	0,77	0,93
Фч	0,96	0,06	0,58	0,34	0,57	0,67	0,39	0,22	0,26	0,18	0,42
Д	0,88	0,46	0,64	0,54	0,47	0,48	0,23	0,42	0,42	0,59	0,51
П/Д	1,1	0,13	0,90	0,63	1,2	1,4	1,7	0,52	0,62	0,30	0,85
НУ, мг/л	0,16	0,11	0,13	0,12	0,14	0,15	0,17	0,11	0,12	0,06	0,13

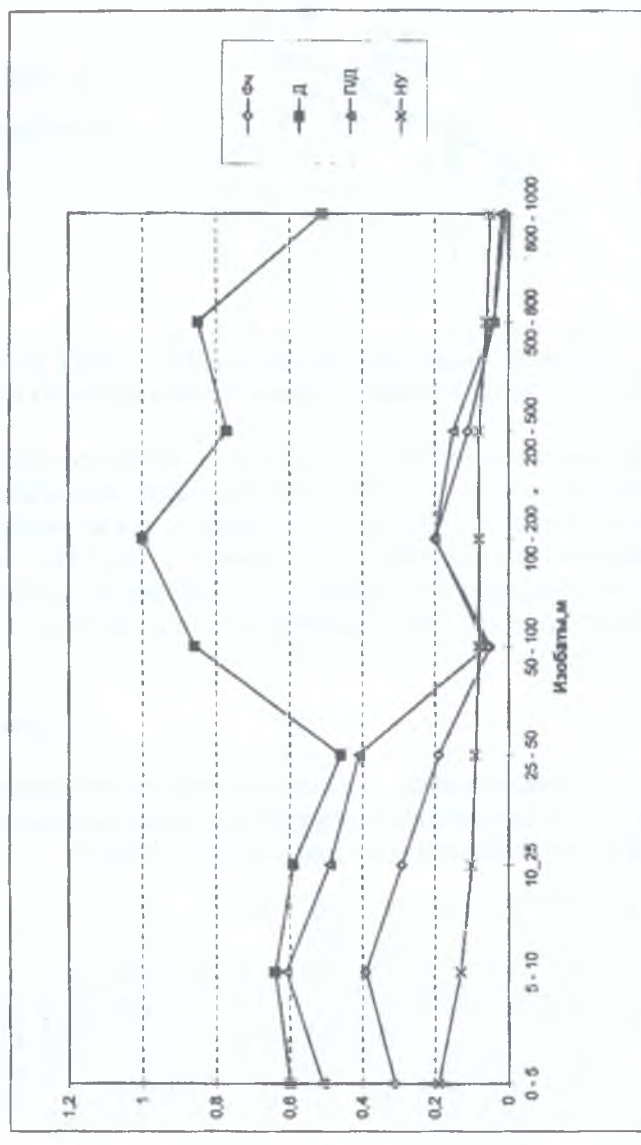


Рис. 5.3 Изменение показателей фотосинтеза и деструкции органического вещества и содержания NH (mg/l) в интервалах изобат Среднего и Южного Каспия.

В то же время наблюдалось относительное уменьшение коэффициента П/Д (0,44-0,27) и концентрации нефти (0,14-0,08 мг/л) от зимы к лету (табл.5.2). Снижение этих же показателей в интервалах изобат (0-800 м) от линии берега к глубоководной части моря сочеталось с ростом интенсивности фотосинтеза (рис.5.2). Причем, если в узкой (0-10 м) прибрежной полосе промышленных акваторий, бухтах, на взморье р.Куры накопление продукции превалировало над ее разложением, то в остальных более открытых акваториях преобладала деструкция (рис.5.3).

В первом случае чаще встречалось эвтрофное состояние вод, во втором мезотрофное, отвечающее менее значительному, умеренному уровню загрязнения. Кроме того наблюдалось соответственное снижение как концентрации нефти (0,14-0,11-0,06 мг/л), так и показателя П/Д (0,68-0,49-0,11) от западного к восточному побережью и центральной части моря [62].

Как известно, микроорганизмы - наиболее чуткий биоиндикатор состояния морской среды, включая воды и донные отложения [77,128]. Их отдельные разновидности избирательно реагируют на присутствие тех или иных интоксикантов, участвуя в полураспаде вредных веществ.

Общее число микроорганизмов в Среднем и Южном Каспии, судя по средним значениям, находилось в пределах $3,8 \cdot 10^6$ - $1,3 \cdot 10^6$ кл/мл, сапрофитных и нефтеокисляющих бактерий соответственно в интервалах $1,4 \cdot 10^5$ - $6,3 \cdot 10^4$ кл/мл и $1,4 \cdot 10^4$ - $2,3 \cdot 10^3$ кл/мл.

Таблица 5.2

Характеристика сезонной интенсивности фотосинтеза фитопланктона и деструкции органического вещества Среднего и Южного Каспия (1983-1992 гг., средние значения, горизонт - Ом) [62]

Сезоны	Прзр, м	Влн,м	O ₂ ,мг/л исход.	O ₂ мг/л в сутки				НУ, мг/л	Фенолы мг/л
				Фв	Фч	Д	П/Д		
Зима	6,2	0,77	9,0	0,93	0,28	0,64	0,44	0,14	0,008
Весна	5,6	0,65	9,3	0,95	0,27	0,68	0,40	0,10	0,005
Лето	5,8	0,45	9,2	0,99	0,25	0,74	0,34	0,08	0,005
Осень	5,3	0,7	8,9	0,76	0,17	0,63	0,27	0,08	0,004
Год	5,7	0,64	9,3	0,89	0,24	0,65	0,37	0,10	0,005

Сезонные микробиологические показатели качества вод
Среднего и Южного Каспия (1983-1992 гг., сред.знач.)
(горизонт О-дно) [62]

Сезоны	ОЧ, кл/мл	СБ, кл/мл	НБ, кл/мл	НУ, мг/л	Фен., мг/л
Зима	$1,4 \cdot 10^6$	$3,4 \cdot 10^5$	$1,9 \cdot 10^4$	0,13	0,006
Весна	$2,0 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^4$	0,09	0,005
Лето	$2,4 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^4$	0,08	0,004
Осень	$2,1 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^4$	0,12	0,003

В свою очередь концентрация нефтяных углеводородов в среднем изменялась от 0,16 до 0,06 мг/л [62].

Тем не менее в сильно загрязненных участках моря (Нефтяные Камни, Сумгаит, Бакинская бухта, Туркменбаши) микробиологические показатели в любое время года оставались повышенными (табл.5.3, рис.5.4).

Согласно полученным данным сезонные изменения численности микроорганизмов в регионе практически не зависели от нефтяных примесей при малой концентрации веществ, подчиняясь термическому режиму [62].

Однако при распределении в интервалах изобат (0-800 м) количество и тех ($2,7 \cdot 10^4$ - $1,6 \cdot 10^2$ кл/мл), и других (0,20-0,01 мг/л) уменьшалось от прибрежной полосы к относительно более чистой глубоководной части Каспия.

То же самое наблюдалось по вертикали разреза от поверхностных к придонным горизонтам моря, где содержание нефти и бактерий сокращалось от максимальных до нулевых значений [62]. Причем, средние показатели нефти (0,13-0,11-0,08 мг/л), фенолов (0,017-0,005-0,003 мкг/л) и нефтеокисляющих микроорганизмов ($2,0 \cdot 10^4$ - $1,53 \cdot 10^4$ - $1,5 \cdot 10^4$) были сравнительно больше в западной и меньше в восточной и центральной частях водоема (рис.5.4). Кроме того, на этой площади отмечена тенденция роста числа бактерий с увеличением концентрации нефтяных углеводородов в межгодовом интервале (табл.5.4) (1983-1992 гг.).

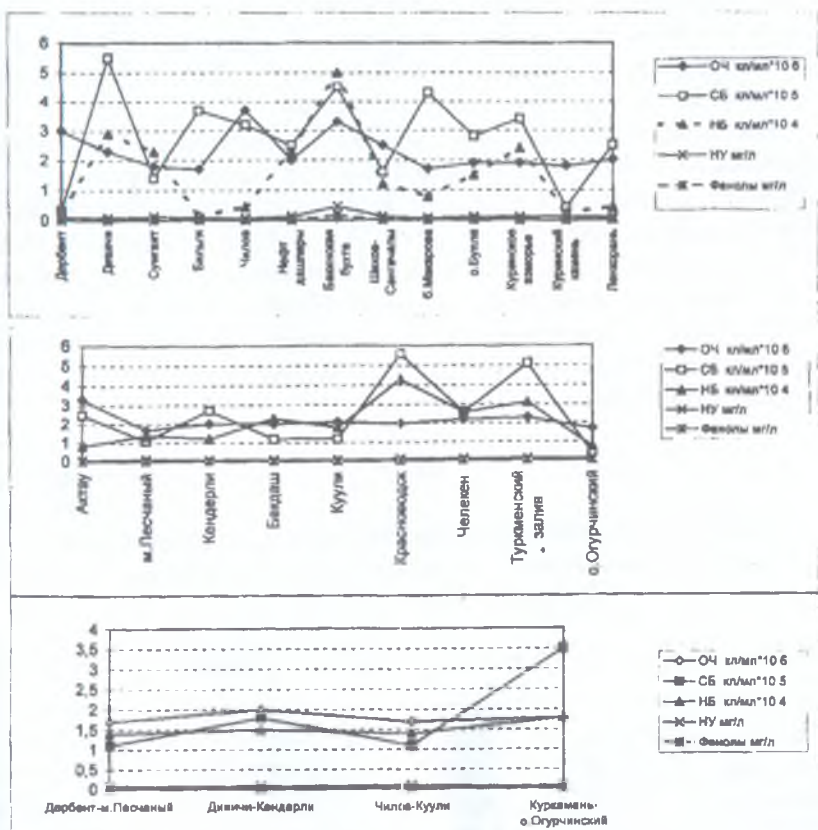


Рис.5.4 Изменение микробиологических показателей и содержания загрязняющих веществ западной (а), восточной (б) и центральной (в) частей Среднего и Южного Каспия (N-S).

Судя по микробиологическим критериям, перечисленные области Каспия соответствовали олиго-мезосапробной, или же умеренной загрязненности акватории (табл.5.5). Состояние зообентоса, его состав, численность, масса также может служить показателем, хотя и косвенным, загрязнения морской среды [106].

Согласно имеющимся данным, динамика изменения этих характеристик в различной степени связана с естественными и антропогенными условиями бассейна [127]. Совокупное взаимодей-

ствие последних в результате иллюстрируется увеличением количества и плотности донных организмов (полихеты, моллюски) в Среднем Каспии от западного ($2676,1 \text{ экз/м}^2 - 122,6 \text{ г/м}^2$) к восточному ($3661,0 \text{ экз/м}^2 - 291,1 \text{ г/м}^2$) побережью.

Им соответствовало уменьшение концентрации нефтяных примесей ($0,11-0,09 \text{ мг/л}$) в придонных слоях воды и грунтах ($1,1-0,15 \text{ мг/г}$). Сходное соотношение численности зообентоса ($1436,0-1628,0$), нефти в воде ($0,11-0,10 \text{ мг/л}$) и донных отложениях ($6,5-0,18 \text{ мг/г}$) наблюдалось в Южном Каспии. Различие же заключается в снижении плотности организмов ($87,0-26,5 \text{ г/м}^2$) от западного к восточному побережью, что, по-видимому, объясняется частичным изменением их видового состава за счет более выносливых и массивных вселенцев [62,71,77].

Таблица 5.4

Межгодовая динамика микробиологических показателей и содержания нефтяных углеводородов в Среднем и Южном Каспии (средн.значения) [62]

Показатели	1983 год	1984 год	1985 год	1986 год	1987 год
1	2	3	4	5	6
ОЧ кл/мл	$3,8 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^6$
СБ кл/мл	$1,4 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^5$	$9,9 \cdot 10^4$	$8,4 \cdot 10^4$
НБ кл/мл	$5,1 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^3$	$8,0 \cdot 10^3$	$5,3 \cdot 10^3$	$5,3 \cdot 10^3$
НУ мг/л	0,11	0,06	0,15	0,12	0,13
	1988 год	1989 год	1990 год	1991 год	1992 год
	7	8	9	10	11
ОЧ кл/мл	$1,4 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^6$
СБ кл/мл	$1,6 \cdot 10^5$	$6,3 \cdot 10^4$	$9,0 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^5$	$9,2 \cdot 10^4$
НБ кл/мл	$1,4 \cdot 10^4$	$3,8 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^3$	$7,7 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^3$
НУ мг/л	0,16	0,11	0,10	0,11	0,06

Микробиологические показатели качества вод [62]

Качество вод		Показатели				
		Общая числен. микро-организмов (кл/мл)	Сапрофитная микрофлора (кл/мл)	Нефтеокисляющая микрофлора (кл/мл)	Индекс $\frac{ОЧ}{СМ}$	Индекс $\frac{ОЧ}{НМ}$
Олигоса-Пробные	Чистые	10^3-10^4	1-10	0 ^х)	10^4	-
<u>Мезоса-пробные</u>	Умеренно Загрязнен.	10^4-10^5	10^2-10^3	1-10	10^2-10^3	10^5
<u>Мезоса-пробные</u>	Загрязнен.	10^6-10^7	10^4-10^5	10^2-10^4	10^2-10^3	10^3-10^4
Полиса-проб-ные	Грязные	10^7	10^6-10^7	10^5-10^6	$1-10^2$	1-100

х) - либо случайные находки микробных форм разрушающих углеводороды естественного происхождения

Анализ собранного материала не выявил четкой связи количества зообентоса с уровнем загрязненности региона. В то же время (1978-1992 гг.) наблюдалась тенденция снижения как численности и массы донных организмов, так и сопутствующих им примесей нефти в воде и грунтах (табл.5.6). При этом отмечалась приуроченность минимальных значений зообентоса к сильно загрязненным районам акватории, таким, как Махачкала, Сумгаит, Бакинская бухта (рис.5.5) [62].

По мере удаления в сторону открытого моря плотность донных организмов региона возрастала в интервале изобат (0-100 м) от 9,6 до 407,0 г/м², корректируясь содержанием нефти в воде (5,4-0,02 мг/л) и грунтах (321-0,05 мг/л) (рис.5.6). На глубинах более (100-200 м) масса зообентоса вновь снижалась до минимальных значений. Сезонные изменения показателей донной фауны не выявили количественной связи с нефтяными углеводородами из-за различных агентов влияния на их состояние.

генных веществ. Наблюдавшийся в то же самое время рост численности донных животных на загрязненных участках акватории объясняется замещением фауны черноморскими вселенцами вида абра, митилястер, малосъедобными, но более выносливыми по отношению к токсическим примесям (табл.5.7).

Таблица 5.6

Межгодовые количества зообентоса и нефтяных углеводородов в придонных слоях и грунтах Каспийского моря (средние значения) [62]

Показатели	1983 год	1984 год	1985 год	1986 год	1987 год	1988 год	1989 год	1990 год	1991 год	1992 год	Сред.з нач.
Западное побережье											
Экз/м ²	3590,2	2814,5	1766,3	1604,5	647,5	6346,0	1257,0	307,4	225,1	215,0	2518,0
г/м ²	140,0	71,4	143,1	85,0	26,5	134,4	84,0	33,1	21,0	11,0	75,22
НУ,мг/л	0,12	0,13	0,10	0,16	0,19	0,10	0,13	0,16	0,05	0,05	0,12
НУ,мг/г	0,55	0,93	1,0	1,3	0,15	0,37	0,67	0,79	0,42	0,28	0,78
Восточное побережье											
Экз/м ²	6459,0	3310,0	1570,0	1084,0	920,0	5962,0	1258,5	448,5	482,0	403,0	2190,0
г/м ²	198,1	89,4	102,0	56,2	43,5	36,3	12,5	16,0	18,0	17,0	59,0
НУ,мг/л	0,07	0,10	0,08	0,13	0,14	0,06	0,14	0,06	0,11	0,08	0,10
НУ,мг/г	0,68	0,57	0,38	0,71	0,21	0,19	0,14	0,10	0,09	0,08	0,31

Таблица 5.7

Сезонное количество зообентоса и содержание нефтяных углеводородов Каспия (1978-1992 гг., средние значения) [62]

Показатели	Сезоны				Средние значения
	Зима	Весна	Лето	Осень	
Западное побережье					
Экз/м²	1349,0	3298,0	3572,0	3803,5	3006,0
г/м²	22,5	104,8	32,2	91,1	62,5
НУ,мг/л	0,24	0,15	0,11	0,13	0,16
НУ,мг/г	8,7	2,32	1,81	2,0	3,71
Восточное побережье					
Экз/м²	2021,0	1819,0	4135,0	3012,0	2747,0
г/м²	227,0	124,1	134,5	41,1	131,7
НУ,мг/л	0,14	0,13	0,15	0,13	0,12
НУ,мг/г	0,35	0,11	0,05	0,07	0,14

Сравнительная оценка состава моллюсков в отдельных районах Каспия по наблюдениям 1983-1993 гг. указывает на их вырождение и обеднение под воздействием процессов загрязнения [62,71]. Тем не менее, это еще не говорит о прямой связи между уровнями загрязнения моря и количеством гидробионтов, более зависимых от естественных, нежели от техногенных факторов. С другой стороны, в условиях ограниченного водообмена и постоянного притока громадных объемов загрязняющих веществ в бухтах Баку, Туркменбаши, Махачкалы их влияние на природную среду преобладает. Согласно имеющимся данным аварийные разливы в нефтедобывающих районах водоема - одна из основных причин не только вырождения гидрофауны, но и образования мертвых зон в местах нагула осетровых рыб [73,77].

По мнению ряда исследователей, загрязнение акватории перестало быть локальным и перешло в стадию всеобщего хронического состояния от поверхности и до дна, включая грунты [77,62]. Особенно сильно уменьшилась масса макробентоса на глубинах 0-50 м западного побережья Южного Каспия, где расположены основные биоценозы кормовых организмов и пастбища осетровых рыб. Еще более это стало заметным в интервале изобат 10-25 м, подверженному интенсивному влиянию промышленного загрязнения.

В то же время на участках нефтедобычи и буровых работ сложились сообщества бентоса с высоким биотическим потенциалом. К ним относятся более устойчивые к токсикантам крабы, nereis, баянус, мшанки, различные обрастатели. И, напротив, животные, угнетаемые загрязняющими веществами (высшие раки, гаммариды и корофииды) удаляются на большие и относительно чистые глубины моря [77].

В зоны сильного загрязнения не заходят рыбы, а их стада особенно ценных пород резко уменьшились из-за нехватки корма. Согласно имеющимся данным акватория Апшеронского района стала токсическим барьером на пути миграции осетровых между Южным и Средним Каспием и обратно [71,73]. Совпадение перспективных площадей нефтедобычи с пастбищами осетровых рыб угрожает полным уничтожением запасов этой ценнейшей ихтиофауны Каспийского моря. Ее взрослые особи более выносливы по отношению к загрязнению и даже способны к воспроизводству.

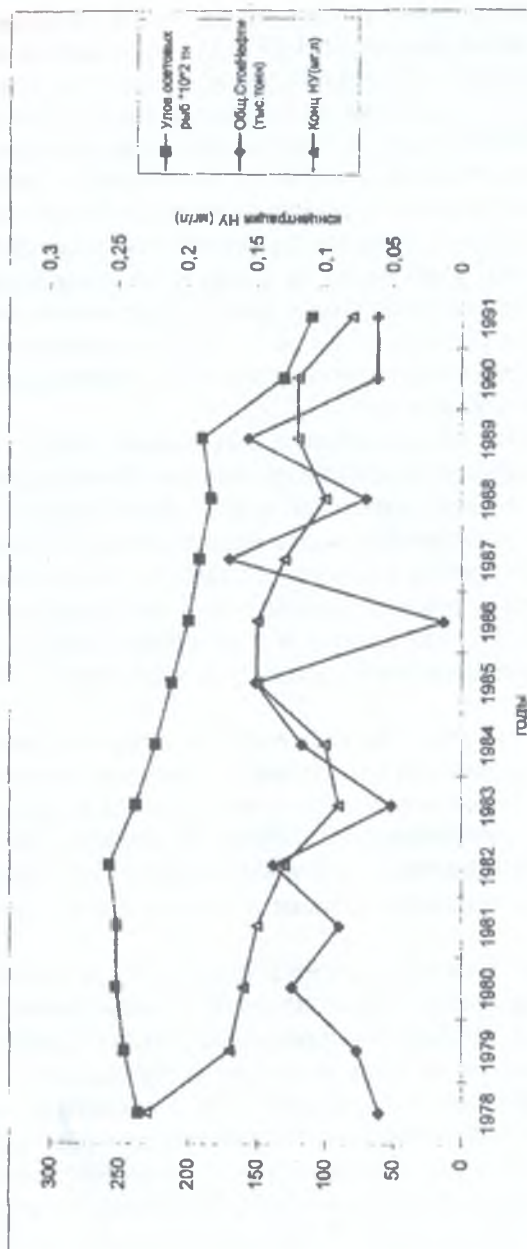


Рис. 5.7 Межгодовая динамика стока (тыс.т.), концентрации(мг/л) нефтяных углеводородов (НУ) (0-дно) и уловов осетровых рыб (тонны) Каспийского моря (1978-1991 гг.)

Однако до определенной степени концентрации токсикантов и длительности насыщения, после чего они теряют свои физиологические функции и гибнут [70,106].

Межгодовая динамика уловов осетровых в течение 1976-1995 гг. свидетельствует о неуклонном спаде от 27360 тонн/г до 3100 тонн/г. По-видимому, не случайно максимальная и минимальная добыча красной рыбы сочеталась с величиной объемов донных организмов. Количество последних, в свою очередь, было обусловлено содержанием нефтяных углеводородов в воде и грунтах (рис.5.7) [61,62].

Таким образом, загрязнение нефтью и ее производными привело к изменению качества водной среды и показателей гидробионтов, отразившись на характере их перераспределения по акватории. В результате произошло большое сокращение кормовой базы, а следовательно и рыбных запасов Каспия. Отсутствие четкой связи морских организмов с процессами загрязнения объясняется разнообразием природных факторов, каждый из которых не менее активно, чем техногенные воздействует на биоту всего региона.

Глава 6. ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРЯ

6.1. Межгодовая динамика характеристик загрязнения водоема

Динамика загрязнения моря сопряжена с его основными источниками – реками, промышленностью, городским, сельским, транспортным хозяйством прикаспийских республик.

Их суммарное воздействие определяет состояние всего водоема, о чем свидетельствуют изменения показателей загрязнения [59,60]. Причем, наиболее весомое количество вредных примесей приходится на долю рек, главным образом на Волгу, аккумулирующую значительную часть техногенных отходов Европейской части России [138].

В то же время в этой массе веществ преобладают нефтепродукты, на примере которых наглядно иллюстрируется динамика загрязнения акватории. Их содержание в общем речном стоке при его изменении от 361,0 до 268,0 км³/г соответствовало 163,5 и 45,0 тыс.тн/г (табл.6.1).

Межгодовая динамика загрязненного стока рек, судя по полученным данным, не имеет закономерности из-за случайности антропогенного сброса. Его объемы при поступлении в море обусловлены концентрацией содержащихся в речных водах вредных примесей [59,60].

Второй по значимости источник загрязнения Каспия после Волги и других рек – это производственные и городские, антропогенные сбросы прибрежных районов Каспия [60,61]. Их общие объемы в разные годы составляли 5652,0 млн.м³ (1982 г.) – 1118,0 млн.м³ (1992 г.), в том числе без очистки 770,3 млн.м³ (1980 г.) – 102,6 млн.м³ (1989 г.). Менее существенны величины аварийного сброса нефти в море, изменявшиеся от 0,18 тыс.тн (1978 г.) до 7,19 тыс.тн (1984 г.), хотя последствия этих событий для окружающей среды обычно были экстремальными (табл.6.1).

Таблица 6.1.

Межгодовая динамика показателей загрязнения Каспия нефтяными углеводородами
[11,12]

Годы	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	Срзн.
Уровень Моря, м	-28,95	-28,6	-28,48	-28,33	-28,25	-28,2	-28,08	-28,03	-27,98	-27,88	-27,69	-27,7	-27,64	-27,22	-27,03	
S, тыс. км ²	359,0	364,0	366,0	370,0	370,1	370,15	375,0	375,2	377,0	378,0	382,0	384,0	385,0	392,0	394,0	376,1
V, Млн. км ³ /г	77,68	77,86	77,96	78,04	78,1	78,16	78,22	78,23	78,24	78,3	78,38	78,4	78,44	78,62	78,66	78,22
Водный сток рек – суммарный, км ³ /г																
НУ, тыс. тн	313,0	352,0	295,0	325,0	270,0	268,0	274,0	340,0	318,0	317,0	279,0	269,0	361,0	355,0	332,0	311,2
НУ, тыс. тн	67,0	45,0	61,0	65,4	71,4	122,4	33,4	106,0	95,1	127,0	163,5	64,55	151,1	58,0	55,9	85,8
Объем сточных вод промпредприятий и городов, млн. м ³ /г																
Всего	3596,6	2201,4	2037,7	1740,5	5652,0	1054,7	2062,2	2532,4	1159,1	2036,1	1707,4	4362,7	1140,0	2097,0	1118,0	2342,0
Без очист.	539,0	220,5	770,3	368,0	326,0	322,1	307,0	738,6	323,0	303,4	251,0	102,6	323,5	226,0	224,1	356,34
НУ, тыс. тн	44,0	14,0	15,0	58,1	16,5	12,1	10,6	10,2	55,3	13,0	11,1	5,0	4,1	2,7	1,7	18,22
Аварийный сброс																
НУ, тыс. тн	0,18	1,41	0,54	1,01	1,57	3,31	7,19	0,75	0,97	0,49	0,38	0,45	0,80	0,69	0,70	1,36
Общий сток нефти, тыс. тн/г																
	111,2	60,4	76,5	124,5	89,5	138,0	51,2	117,0	151,0	138,0	170,0	70,0	156,0	61,4	58,3	105,0
Концентрация НУ (мг/л) в морской воде																
	0,23	0,17	0,16	0,15	0,13	0,09	0,10	0,15	0,15	0,13	0,10	0,12	0,12	0,08	0,09	0,13

Общий сток нефти в Каспийское море в 1978-1992 гг. находился в пределах 170,0 тыс.тн – 56,3 тыс.тн; фенолов 2,4 тыс.тн – 0,54 тыс.тн; СПАВ 15,0 тыс.тн – 3,7 тыс.тн; металлов 17,0 тыс.тн – 0,41 тыс.тн; кислот 24,1 тыс.тн – 7,2 тыс.тн; органики 33,4 тыс.тн – 1,0 тыс.тн; взвеси – 12865,6 тыс.тн – 54141,0 тыс.тн; сульфатов 1,76 тыс.тн – 10,3 тыс.тн; сухого остатка 2855,0 тыс.тн – 107,1 тыс.тн. Как показали полученные данные, поступление загрязняющих веществ в море не имеет закономерного характера в силу импактности самого процесса. В то же время, начиная с 1986 г. (170 тыс.тн) наблюдалось снижение количества нефтепродуктов в промстоках, совпавшее с периодом перестройки, а затем и со спадом производства после ликвидации Союза (1992 г. – 55,3 тыс.тн).

Сказанное дополняется ежегодными потерями нефти, исчисляемыми, по мнению отдельных авторов, в 0,3 – 0,013% от каждой тонны добытого сырья [88,130]. Кроме того, если сток загрязняющих веществ имеет стихийный характер, то дальнейшая динамика инородных компонентов в водной среде определяется совокупностью природных, гидрометеорологических процессов. Судя по полученным данным, самым результативным из этих естественных факторов являлся уровень моря, совпавший с периодом подъема (1978 г.) – 28,95 м и (1995 г.) – 27,0 м. В связи с чем происходило соответственное увеличение его площади (359,0 тыс.км² – 394,0 тыс.км²) и объема (77,68 тыс.км³ – 78,66 тыс.км³), а, следовательно, и изменение концентрации вредных примесей в воде (табл.6.1). На примере нефтяных углеводородов это выразилось в сокращении их содержания от 0,23 мг/л (1978 г.) до 0,08 мг/л (1994 г.) при изменении перечисленных параметров Каспия. Степень зависимости количества загрязняющих веществ от уровня, а также соответствующих объема и площади моря, иллюстрируется высокими значениями коэффициентов корреляции (рис.6.1).

Как показали проведенные исследования, внутригодовая динамика вредных примесей на примере нефтяных углеводородов характеризуется увеличением их среднесезонной концентрации в холодное (январь – 0,23 мг/л) и снижением в теплое (август – 0,09 мг/л) время года в воде и грунтах (рис.6.2). При этом количество нефти (0,35–0,09–0,07–0,21 мг/г), фенолов (0,95–0,61–0,45–0,51 мкг/г), ртути (0,27–0,09–0,07–0,09 мкг/г) в грунтах акватории также отличается сезонной изменчивостью, уменьшением от зимы

к лету (рис.6.3). Суточная динамика содержания вредных примесей в море практически неизвестна из-за отсутствия наблюдений. В то же время, судя по литературным и архивным данным, период полураспада нефти в экспериментальных условиях мог длиться несколько суток, недель и даже месяцев [30,136].

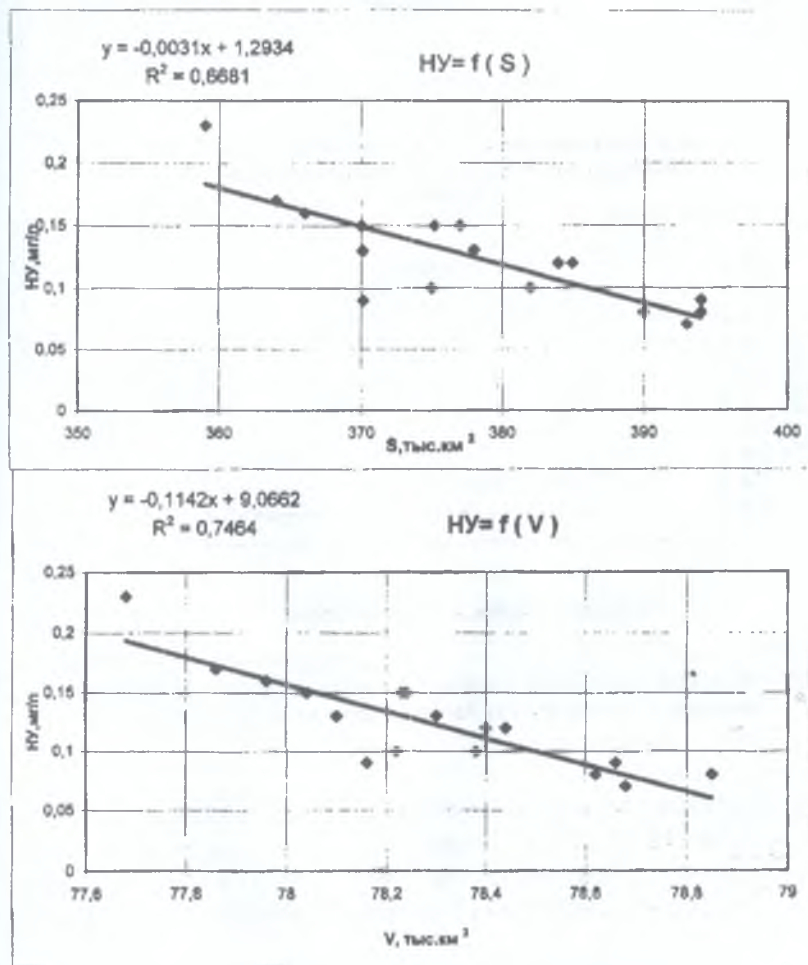
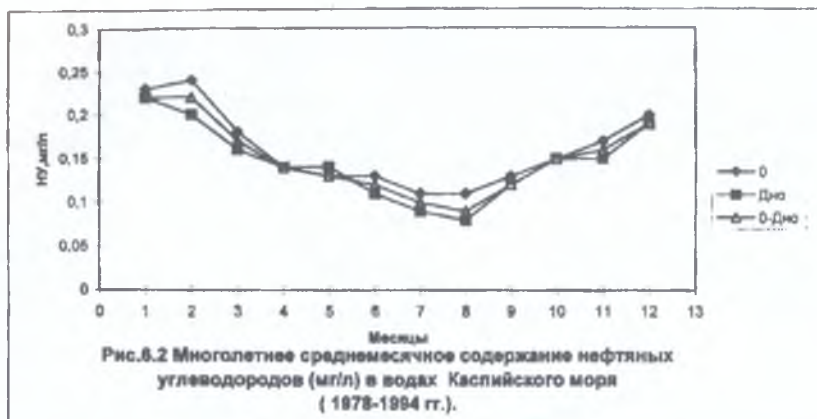


Рис.6.1 Межгодовые изменения содержания НУ (мг/л) в зависимости от площади(S) -(а) и объема (V) - (б) Каспийского моря.



Микробиологические показатели каспийских вод в изученном интервале лет (1983-1992 гг.) характеризуют их, как загрязненные, что соответствует максимальному ($1,4 \cdot 10^4$ кл/мл) и минимальному ($2,3 \cdot 10^3$ кл/мл) содержанию нефтеокисляющей микрофлоры [62,128].

Следствием процессов загрязнения моря объясняется уменьшение численности бентоса от 5027,0 экз/м² (1983 г.) до 213,2

экз/м² (1992 г.), наблюдавшееся в последние годы. То же самое относится к биомассе донных организмов (248,0-13,3 г/м²) с поправкой на проявление более жизнеспособных особей, «нефтефагов» за счет которых компенсируются потери в общем весе обитателей морского дна.

Ухудшение кормовой базы вызвало соответствующее снижение уловов осетровых рыб от 23630 тонн (1978 г.) до 3100 тонн (1991 г.) наряду с другими представителями ценной ихтиофауны Каспия [71].

Количество нефтяных углеводородов в грунтах акватории также отличалось тенденцией уменьшения значений в течение изученного отрезка времени (1978-1995 гг.) (рис.6.3). Замеченная при этом неравномерность промышленного сброса вредных примесей объясняется импактностью, нередко связанной с экстремальными, аварийными ситуациями.

Как показали исследования, загрязнение моря является результатом взаимодействия природных и техногенных факторов, сопровождавшегося межгодовой изменчивостью качества вод, состава донных отложений и состояния биоты.

6.2. Самоочищение акватории

Попадая в море, загрязняющие вещества трансформируются, постепенно разрушаясь и оседая на дно. Это происходит в результате их химического, физического и биологического разложения с помощью различных водных организмов и бактерий. В то же время для нефти характерны процессы испарения легких фракций, эмульгирование, растворение в воде и окисление [30,81].

Согласно имеющимся данным, наиболее высокая скорость испарения наблюдается в первые часы после ее аварийного разлива. При этом в течение нескольких дней количество нефти уменьшается, примерно на 25%, а в последние 2-3 недели на 40-50%. Следует заметить, что в те же сроки мазут и моторное топливо теряют около 10%, светлые нефтепродукты не менее 75% от своего первоначального объема. По мере ухода легких фракций плотность и вязкость нефтяных примесей увеличивается, они становятся тяжелее воды и выпадают в осадок.

Интенсивность испарения плавающих на поверхности пятен

нефти прямо пропорциональна скорости ветра и температуре воды [30,81].

Как показали исследования, содержание загрязняющих веществ в Каспийском море отличается сезонной изменчивостью. В связи с этим наблюдалось уменьшение среднесезонных значений нефтяных углеводородов (0,16-0,1 мг/л), фенолов (0,006-0,003 мг/л) и СПАВ (0,09-0,03 мг/л) в воде от зимы к лету (табл.3.8). И, наоборот, снижение температур сопровождалось ростом содержания загрязняющих веществ на акватории (рис.3.7;3.8).

Согласно классу качества и индексу загрязнения вод (ИЗВ) весь район моря зимой являлся очень грязным (IV – 3,1), весной (IV – 2,1) и осенью (IV – 2,3) – загрязненным, летом (III – 1,4) умеренно загрязненным [60,98].

Сходная картина сезонных изменений концентрации нефти (1,1-0,92-0,90-0,26 мг/л), фенолов (1,8-1,5-1,6-1,0 мкг/л), ртути (0,51-0,43-0,04-0,38 мкг/л) в поверхностном слое ($h = 0-0,25$ м) грунтов иллюстрируется на примере Азербайджанской акватории Каспия (рис.6.3). Кроме того, в водоеме наблюдался спад концентрации техногенных примесей по мере усиления и в зависимости от направления ветров. При этом количество нефтяных углеводородов находилось в пределах, соответствовавших слабому (0,32-0,15 мг/л), умеренному (0,18-0,08 мг/л) и сильному (0,15-0,07 мг/л) ветрам [61].

Аналогичная ситуация характерна для Северного и Южного побережий Апшеронского полуострова, очень грязных от нагонов и сравнительно чистых при сгонах ветров соответствующих, либо противоположных их ориентации направлений. Наряду с этим в Северном Каспии наблюдалось уменьшение количества нефтяных примесей с увеличением скорости поверхностных течений ($\frac{0,52 - 0,02 \text{ мг/л}}{1,6 - 23,0 \text{ см/сек}}$) и придонных ($\frac{1,57 - 0,02 \text{ мг/л}}{1,5 - 19,0 \text{ см/сек}}$) южных течений при слабом ($< 5,0$ м/сек) северном ветре. Более заметно зависимость загрязнения, или самоочищения вод от их «неветровой» циркуляции проявляется в условиях штиля [59,60].

Как показали исследования, темпы самоочищения моря растут в процессе естественного перемешивания вод, в толще которых происходит распределение измельченных капель нефти. При

волнении более 5 баллов и продолжительности около 12 часов это явление охватывает до 15% содержания нефтепродуктов. Их светлые, очищенные, маловязкие аналоги наиболее подвержены эмульгированию, что способствует биологическому разложению.

Последнее, судя по имеющимся данным, при температуре ниже 4°C прекращается, а при 15°C и выше протекает со скоростью $1-10 \text{ мг/м}^3$ в сутки [30,113].

В целом сила волнения является существенным фактором самоочищения морской воды, в особенности на мелководье Каспия. Здесь в интервале крайних величин волнения от слабого на примере штиля до значительного (2,0 м) наблюдалось сокращение концентраций нефти от 0,27 до 0,09 мг/л. Важная роль волнения в самоочищении поверхностных слоев моря от загрязнения подтверждается данными других авторов [30,103]. На основании последних можно рассчитать не только время естественной деградации разливов нефти, но и объемы необходимых мероприятий для борьбы с этим явлением (табл.6.2).

Особая роль в биodeградации нефтяных примесей принадлежит микроорганизмам, для которых они являются источником углерода и энергии [103,106].

Таблица 6.2

[30]

Состояние моря	Потери нефти от испарения, %	Потери нефти из-за рассеивания в течение нескольких первых суток		
		1-3 сут.	4-5 сут.	6 сут. и более
Штиль	25-35	10-30	5-15	0-5
Волнение умеренное	30-40	20-40	10-20	0-7
Сильное	35-45	30-50	20-30	0-10
Очень сильное	35-45	40-60	25-35	0-10

Нефтеоокисляющие бактерии наиболее полно представлены в прибрежных районах Каспийского моря, активно участвуя в процессах самоочищения. Их численность, судя по полученным данным, находится в прямой зависимости от концентрации нефтяных углеводородов в воде и донных отложениях. Как пример самоочищения можно рассматривать квазисинхронное снижение по

глубине разреза (от 0 до 800 м) численности нефтеокисляющих бактерий ($2,7 \cdot 10^4$ кл/мл - $1,8 \cdot 10$ кл/мл) и значений нефтяных примесей (0,2-0,01 мг/л) Среднего и Южного Каспия. Другой иллюстрацией этого процесса является повышенное содержание последних в Бакинской бухте ($5 \cdot 10^4$ кл/мл - 0,45 мг/л) по сравнению с относительно более чистым районом Бильгя - 7,12 [59,128].

Следующим по значимости агентом биодegradации загрязняющих веществ на поверхности моря служит их фотосинтез, действие фито- зоопланктона.

Судя по осредненной величине коэффициента $\frac{П}{D}$ ($<1,0$), на акваториях Среднего и Южного Каспия преобладали процессы деструкции ($D=0,76-0,54$) над накоплением продукции ($П=0,27-0,25$). Согласно микробиологическим показателям воды этих регионов по качеству изменялись от полисапробных грязных ($НБ=10^5-10^6$ кл/мл) до умеренно загрязненных ($НБ=1 \cdot 10$ кл/мл) и загрязненных ($НБ=10^2-10^4$ кл/мл) мезосапробных [62,77].

Находясь в зависимости от гидрометеорологических условий, зоопланктон Каспия представлен копеподами, активными фильтраторами, отличающимися из-за этого слабой выживаемостью в загрязненных местах моря [71,103].

Ведущая роль в самоочищении водоема, наряду с микроорганизмами принадлежит беспозвоночным животным – фильтраторам и седиментаторам. К последним относятся ракообразные и двустворчатые моллюски – природные биофильтры, очищающие воду от взвешенных в ней веществ. Согласно литературным источникам эффективность их действия порой доходит до 92-100%, сопровождаясь биогенной циркуляцией водных масс [30,106].

Моллюски – митилястер, церастодерма, абра подобно черноморской мидии извлекают из воды нефть и другие вредные примеси, накапливают в своем теле, а затем, переварив, выбрасывают в виде псевдофекалий наружу. Продукты жизнедеятельности водных организмов служат материалом образования донных отложений органического происхождения, обеспечивая пищевые потребности гидробионтов [77,104]. Как показали исследования, скорость фильтрации моллюсков в растворах одной и той же концентрации нефти (6,6 мг/л) повышалась на примере «абраовата» ($l=10-12$ мм)

с увеличением их длины от 2,9 мл/ч до 3,9 мл/ч. При этом интенсивность очищения загрязненной воды (5,3 мг/л-2,3 мг/л) возрастала по мере уменьшения содержания вредных примесей от 4,7 до 8,8 мл/ч. И, напротив, при высоких концентрациях нефти скорость фильтрации моллюсков приближается к нулю. Последнее зависит также от степени токсичности сырья того или иного нефтяного месторождения. Так, например, самые низкие показатели фильтрации моллюсков «абра» были в растворах с минимальным содержанием нефти азербайджанских месторождений Нефтяных Камней (0,6 мг/л), Пиралахи (1,0 мг/л) по сравнению с Сангачалами (1,6 мг/л), что объясняется их общей токсичностью [71,73].

Фотохимическое окисление посредством солнечного света и кислорода составляет 10-50% от скорости биоразложения, приводя к образованию смоляных шариков размером от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров в диаметре на поверхности моря. По данным отдельных авторов на это расходуется до 35% разлитой нефти в течение 100 суток со дня аварии [30,107].

Выброшенные на берег они перемешиваются с песком, раковинным детритом, превращаясь в асфальтовые лепешки-окатыши, так называемую антропогенную «гальку» (рис.6.4). Скопления этих образований встречаются в волноприбойной зоне островов Апшеронского и Бакинского архипелагов.



Рис.6.4. Антропогенная «галька» - окатыши смеси мазута с песком и раковинным детритом (о.Булла-пляж)

Важная роль в самоочищении водоема принадлежит пляжам каспийского побережья. Слагающие их песчаные отложения, судя

по имеющимся данным, фильтруют до 10 тыс.м³ воды в сутки, сепарируя нефтяные примеси, которые в свою очередь занимают до 12% объема грунта. Свежая же нефть, если и проникает через эти осадки, то не более чем на 5 см за несколько месяцев при их ненарушенном залегании [88,124].

Как показали наблюдения, скорость десорбции и самоочищения донных отложений увеличивается с уменьшением их дисперсности и усилением гидродинамической активности моря, что особенно характерно для рыхлых крупнозернистых песков. Своеобразным полигоном для изучения процессов самоочищения донных грунтов могут служить дампинги, где в момент сброса отходов их концентрация в воде резко увеличивается [60,92].

Скорость адсорбции нефтяных углеводородов морскими осадками зависит от степени дисперсности, повышаясь вместе с нею. Эта особенность преимущественно относится к современным илам и рыхлым песчаным отложениям. Различные деформации грунтов, в том числе при дноуглубительных работах, либо взмучивании в условиях шторма, ускоряют переход вредных примесей в воду, вызывая повторное загрязнение.

Десорбция и самоочищение нефтяных углеводородов из глинистых отложений происходит медленнее по сравнению с рыхлыми песчаными образованиями. По имеющимся данным между водой и грунтами в Бакинской бухте протекает постоянный обмен нефтепродуктами, составляющий в спокойную погоду 0,02% от содержания в илах и 0,6% в песках, возрастая до 4% при сильном волнении [101,113].

В процессе растворения компоненты нефти с низким молекулярным весом переходят в водную среду со скоростью, которая зависит как от гидрометеорологических условий, так и от свойств самого продукта. При этом растворение начинается тотчас после аварийного разлива нефти, либо стока других загрязняющих веществ, продолжаясь достаточно долго и оказывая пагубное влияние на гидрофлору и фауну. Потери сырого продукта в рассматриваемом случае достигали 5-7% от его общей массы [30,96].

Отсутствие данных не позволило выявить характер связи водообмена между отдельными частями моря с процессами их самоочищения. Согласно исследованиям прошлых лет годовой сток из Северного в Средний Каспий и обратно по разрезу Чечень-

Мангышлак составлял 2710 км^3 . Это происходит под действием ветров преобладающих северо-западного и юго-восточного направлений. В результате объем воды Северного Каспия неоднократно обновляется в течение всего года [32,115].

О водообмене между Средним и Южным Каспием известно, что он осуществляется над Апшеронским порогом в интервале разреза Жилой-Куули. Причем наблюдается поступление глубинных вод из Среднего в Южный районы моря и поверхностных в противоположном направлении [31,82]. Примером влияния процесса водообмена на самоочищение морской среды могут послужить локальные, полузакрытые участки акватории.

Так, чрезвычайно загрязненный нефтью Северо-Апшеронский залив, при объеме $0,22 \text{ км}^3/\text{г}$ заполняется с интенсивностью в 7,4 раза в течение года за счет обмена с открытым морем при северо-западных ветрах [38].

За то же время происходит полная смена воды в Бакинской бухте в результате сгонно-нагонного эффекта северных и южных ветров и сейшевых колебаний уровня.

Как показали исследования, в случае полного прекращения техногенного стока в бухту ($V = 0,22 \text{ км}^3$) ее вода очистится естественным образом в течение года, а донные отложения в результате процессов диффузии через 5 лет [136].

Эффективным фактором самоочищения вод Каспийского моря являются колебания его уровня, при подъеме которого с 1978 по 1995 гг. наблюдалось снижение среднегодовой концентрации СПАВ ($0,06\text{--}0,03 \text{ мг/л}$), фенолов ($0,007\text{--}0,003 \text{ мг/л}$), нефтяных углеводородов ($0,23\text{--}0,07 \text{ мг/л}$) (табл.6.1; рис.6.5).

Аналогичные изменения техногенных примесей прослеживались в донных отложениях западного ($2,0\text{--}0,11 \text{ мг/г}$), восточного ($1,0\text{--}0,08 \text{ мг/г}$) побережий и Бакинской бухты ($92,5\text{--}0,75 \text{ мг/г}$) в том же отрезке времени (табл.4.8) [61,136].

Как результат самоочищения можно рассматривать динамику показателей качества воды по вертикали разрезов (0–800 м) Каспийского моря. Этим пределам глубин соответствовали крайние значения кислорода ($9,5\text{--}4,8 \text{ мг/л}$), нефти ($0,12\text{--}0,02 \text{ мг/л}$), фенолов ($0,003\text{--}0,0 \text{ мг/л}$), СПАВ ($0,05\text{--}0,0 \text{ мг/л}$) и других компонентов загрязнения [60,61].

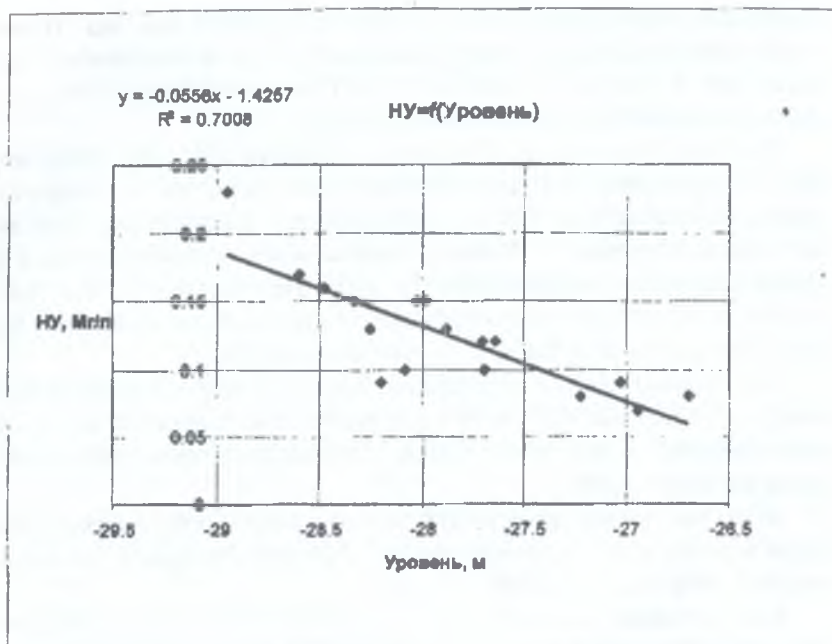


Рис. 6.5. Изменение содержания НУ (мг/л) в зависимости от уровня Каспийского моря.

Следует отметить, что подъем уровня сопровождался смывом замазученных грунтов нефтепромысловых территорий на северо-востоке региона. Как следствие этого процесса наблюдалось вторичное загрязнение прибрежных акваторий.

Таким образом, самоочищение Каспийского моря можно представить как результат взаимодействия совокупности гидрометеорологических, гидрохимических, техногенных и природоохранных факторов.

Глава 7. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ КАСПИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ АКВАТОРИЙ

7.1. Экологическое районирование Каспия

Предлагаемая схема районирования Каспийского моря основана на приуроченности загрязняющих веществ к различным техногенным и природным условиям. Формирующиеся при этом показатели качества вод тесно связаны с территориальными источниками поступления их на акваторию. Состав техногенного материала, сбрасываемого в море, весьма неоднороден, но отличается преобладанием нефтепродуктов [59,60].

В зависимости от концентрации нефтяных примесей в пределах региона выделяются акватории России, Азербайджана, Туркмении, Казахстана и Ирана (рис.7.1). Следует отметить, что промышленные отходы России сбрасываются в море в основном с Волгой [21,138]. Роль Ирана в загрязнении Каспийского моря из-за отсутствия достаточных сведений остается малоизученной [1,116].

Судя по объему загрязнений в водах Волги, он гораздо больше антропогенного стока других Прикаспийских государств [21, 117, 138]. При этом среднегодовое количество нефтяных углеводородов, сброшенных с территории России, Азербайджана, Казахстана, Туркмении и Ирана, соответственно составляло: 76,1-16,0-1,32-0,37 и 0,21 тыс.тн [60,61]. В то же время содержание нефтяных примесей в водах России и Азербайджана равнялось 0,16 и 0,14 мг/л, Туркмении – 0,11 мг/л, Казахстана – 0,09 мг/л и Ирана – 0,06 мг/л (табл.2.1;2.2).

По классам качества вод (IV) и величинам ИЗВ (2,7) акватории России и Азербайджана были отнесены к загрязненным, Туркмении и Казахстана (III – 1,6) – к умеренно загрязненным, а Ирана (II – 0,55) к чистым водам [61,63].

Кроме того, в прибрежной части Каспия выделяются участки городов Махачкала, Сумгаит, Баку, Актау, Туркменбаши, отличающихся повышенным содержанием техногенных веществ (рис.7.1).

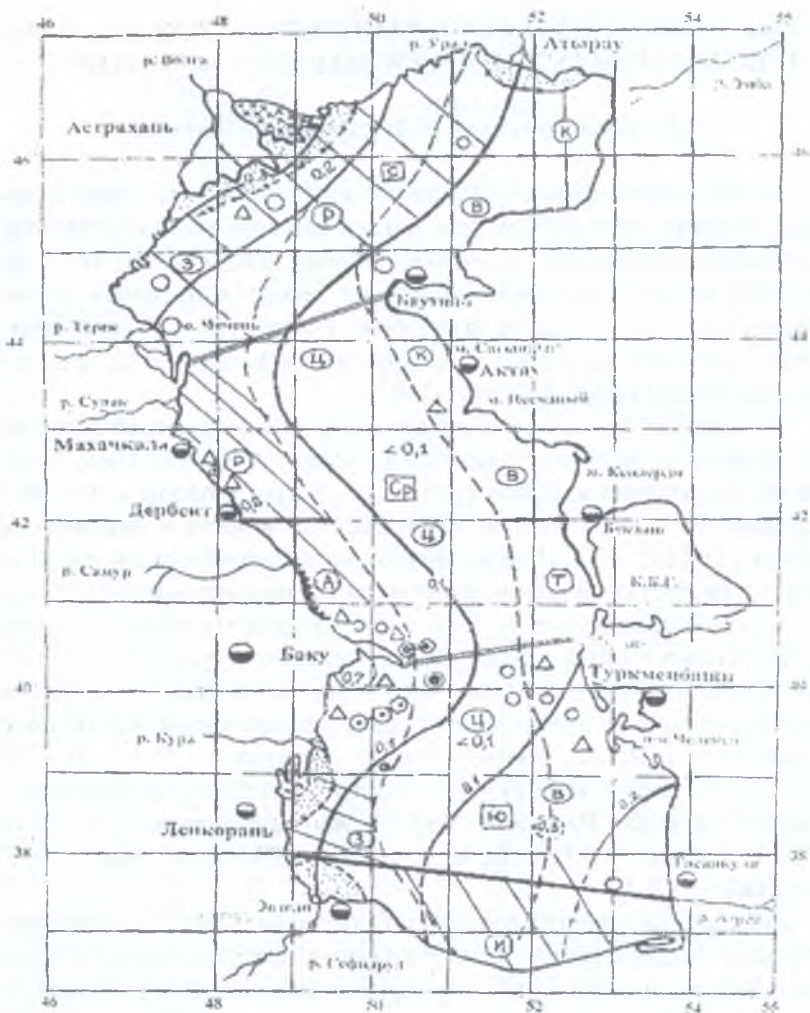


Рис. 7.1. Экологическое районирование Каспийского моря по геохимическо-природной приуроченности к природным ресурсам.

Условные обозначения:

- границы регионов: [С] - северного; [СВ] - Среднего; [Ю] - Южного и Кавказа; [Ц] - западного; [ЦВ] - центрального и [В] - восточного
- границы частей моря
- границы: [Р] - России; [К] - Казахстана; [Т] - Туркменистана; [А] - Азербайджана
- районы заповедия: [П] - промышленного; [СЗ] - сельскохозяйственного; [СВ] - смешанного и [Р] - рекреационного
- [О] - озеро; [М] - открытое море
- [ГП] - города-порты; [ПВ] - порты-вулсты; [МН] - месторождения нефти; [Д] - долины и [О] - острова; [ОД] - архипелаг
- границы прибрежных областей: [МН] - месторождения нефти; [МН] - месторождения нефти

Каждый из городов в той или иной степени является совокупным источником загрязнения значительных площадей региона. При этом морские порты, гавани, и ковши локализуют разнообразные токсиканты большой концентрации. Об отрицательном влиянии антропогенных факторов свидетельствует также состояние зон отдыха на северном побережье Азербайджана и Апшеронского полуострова, где уровень загрязнения моря в летние месяцы резко возрастает [60].

В схеме районирования выделены также нефтедобывающие акватории вблизи островов Пираллахи (Артем), Чилов (Жилой), банок Нефт дашлары (Нефтяные Камни), Гюнешли на западном шельфе Каспия и Ливанова, Жданова, ЛАМ и других в его восточной половине (рис.7.1).

Указанные участки моря выделяются повышенным содержанием нефтяных углеводородов, а их ареалы изменяются под воздействием ветров, волнений и течений [59,60].

Еще одним источником загрязнения водоема являются дампинги – места захоронения промышленных отходов различного состава и токсичности. Они расположены у берегов Северного, Среднего и Южного Каспия (приложение, табл.9). Более детально акватория расчленяется на площади промышленного, сельскохозяйственного, смешанного и рекреационного загрязнения в зависимости от источников поступления и характера поллютантов. Динамика распределения техногенных примесей на поверхности бассейнов согласуется с его традиционным делением на Северную, Среднюю и Южную части (рис.7.1). Их экологическое состояние характеризуется значениями нефтяных углеводородов соответственно равными (0,19 мг/л), (0,08 мг/л) и (0,13 мг/л). При этом на площади моря выделяются западный, восточный и центральный районы (рис.7.1).

Западное побережье отличается густой гидрографической сетью, населенностью, очень развитой промышленностью и соответственно, высокой антропогенной нагрузкой на акваторию. Восточное в основном примыкает к полупустынной и слабо освоенной местности, уступая западному по объему загрязненных стоков. Центральная глубоководная часть Каспия является более чистой по сравнению с остальными районами моря (рис.7.1).

О соотношении концентраций загрязняющих веществ запад-

ной, центральной и восточной акваторий можно судить по изменению средних значений нефтяных углеводородов, равных 0,19-0,11-0,13 мг/л [60,61]. К природным объектам, выделенным на схеме экологического районирования отнесены также приустьевые области рек, впадающих в Каспий [62,117].

Это дельты рек России, Казахстана, Азербайджана и Ирана. Им соответствуют среднемноголетнее количество (76,1-1,3-1,9-0,2 тыс.тн/г) и концентрация нефтяных примесей (0,33-0,10-0,10-0,05 мг/л). Наибольшим влиянием на состояние моря отличается Волга, а действие остальных менее значительных водотоков прослеживается в неширокой полосе в пределах взморья (табл.2.5). Кроме того, наблюдались повышенные показатели загрязняющих веществ вблизи островов, банок и архипелагов (рис.7.1). Последние, с одной стороны, служат естественным препятствием для распределения техногенных примесей, а, с другой стороны, могут становиться источниками загрязнения (табл.7.1).

В Северном Каспии это связано с островами Тюлений, Кулалы, дампингом в районе о.Искусственный, а также с проходящими рядом с ними судоходными каналами (Волго-Каспийский, Белинский). Средняя концентрация нефтяных углеводородов здесь равнялась 0,15 мг/л, фенолов 0,012 мг/л, СПАВ 0,1 мг/л. Согласно величинам ИЗВ (4,1) и классу качества (VI) воды этой акватории отнесены к грязным [60,63]. Причем, западная половина выделяемой площади (острова Тюлений, Искусственный) тяготеет к основным рукавам Волжской дельты, более насыщенным поллютантами по сравнению с центральной (Укатный) и восточной (о.Кулалы) частями Северного Каспия. Судя по полученным данным площади моря в окрестностях островов и банок Среднего Каспия согласно значениям ИЗВ (2,1) и классу качества (IV) тоже являлись загрязненными [60,61]. При этом наибольшая концентрация нефтяных углеводородов отмечена рядом с Нефтяными Камнями, а наименьшая – в открытом море (табл.7.2).

Следующий район с повышенной загрязненностью охватывает зону Бакинского архипелага, протягиваясь вдоль западного побережья Южного Каспия (рис.7.1).

Показатели качества вод акваторий островов и банок Каспийского моря (1978-1995 гг., средние значения)

Районы	Глубина, М	O ₂ , мг/л	НУ, мг/л	Фен., мг/л	СПАВ, мг/л	NH ₄ , мкг/л	NO ₂ , мкг/л	NO ₃ , мкг/л	P _{мин} , мкг/л	ИЗВ	Класс	Оценка качества
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Северный Каспий												
Тюлений	9,0-10,0	7,5	0,16	0,009	0,10	104,2	4,5	21,4	15,0	3,5	IV	Загрязненная
Искусственный	4,0-5,0	9,2	0,36	0,011	0,17	68,0	7,2	28,5	36,0	5,1	V	Грязная
Улагинский	5,0-6,0	8,7	0,10	0,011	0,05	101,0	4,1	12,0	27,3	3,5	IV	Загрязненная
Кушала	6,5-11,0	8,1	0,13	0,017	0,07	65,0	2,2	14,0	8,7	5,2	V	Грязная
Пешной	0,5-5,5	8,6	0,13	0,011	0,13	79,5	3,3	82,3	18,0	4,2	V	Грязная
Среднее:		8,4	0,17	0,012	0,10	83,5	4,2	31,6	21,0	4,4	V	Грязная
Средний Каспий, западный шельф												
Чечень	11,0	9,0	0,11	0,005	0,12	80,6	4,4	2,3	19,3	3,7	IV	Загрязненная
Апшеронский архипелаг	1,0-90,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Банка Апшеронская	75,0	9,2	0,08	-	-	-	1,4	-	8,3	-	-	-
Пиралахи (Артем)	1,0-25,0	9,6	0,13	0,008	0,025	-	1,8	-	12,0	4,2	V	Грязная
Чалов (Жалов)	5,0-25,0	9,3	0,08	0,004	0,020	30,0	1,6	-	7,0	1,8	III	Умеренно загрязн.
Нефть дашлары	15,0-90,0	8,3	0,08	0,006	0,04	30,1	1,2	1,5	8,0	3,5	IV	Загрязненная
Среднее:		9,1	0,09	0,006	0,06	47,0	2,1	3,2	11,0	3,7	IV	Загрязненная

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Южный Каспий, западный шельф												
Басинский архипелаг:												
Песчаный	0,5-11,0	7,7	0,39	0,01	0,06	665,0	50,4	-	21,0	7,4	VI	Очень грязная
Наргин	0,5-9,5	8,1	0,21	0,014	0,047	38,6	2,2	3,8	9,1	6,1	VI	грязная
Булла	10,0-35,0	9,6	0,15	0,008	0,036	34,1	1,5	2,8	10,1	4,3	V	загрязненная
Банка Махрова, Бахар	10,0-25,0	9,0	0,06	0,007	0,023	38,0	2,9	0,79	8,9	3,6	IV	
Дувацкий	5,0-10,0	9,0	0,14	0,008	0,030	-	2,6	-	13,0	3,0	IV	
о.Лось	10,0-50,0	9,6	0,27	0,009	0,035	30,0	1,7	2,4	8,1	-	-	
о.Пеликанский	1,0-10,0	9,5	0,11	0,009	-	-	1,8	-	9,0	-	-	
о.Сырой	10,0-30,0	9,6	0,23	-	-	-	2,5	-	6,1	-	-	
Банка Андриевского	25,0-55,0	10,0	0,15	-	-	-	2,3	-	7,2	-	-	
Камень Игнатия	25,0-80,0	9,2	0,12	0,005	-	22,0	1,62	0,76	7,1	-	-	
о.Корнилова-Пашова	20,0-70,0	9,1	0,22	-	-	-	0,1	-	4,8	-	-	
о.Окляевский	10,0-15,0	9,7	0,17	-	-	-	1,9	-	6,7	-	-	
о.Курамень	28,0-65,0	9,7	0,12	0,004	0,025	22,4	2,3	2,2	9,6	3,1	IV	Загрязненная
Среднее:		9,2	0,18	0,008	0,037	31,0	5,7	2,1	9,3	4,5	V	Грязная
Южный Каспий, восточный шельф												
Банка Дивалова	50,0-75,0	9,4	0,10	-	-	-	1,2	-	8,7	-	-	
Банка Жданова	22,0-40,0	9,4	0,09	-	-	-	1,2	-	8,1	-	-	
Банка Промежуточная	25,0	9,0	0,10	0,001	0,05	24,0	1,26	-	16,0	2,37	IV	Загрязненная
Банка ЛАМ	30,0	9,0	0,16	0,001	0,04	-	1,7	-	16,3	2,6	IV	
Банка Калининна	55,0	10,0	0,10	-	-	-	1,3	-	9,0	-	-	
Банка Федьковского	45,0	9,2	0,08	-	-	-	1,9	-	6,4	-	-	
Банка Губкина	50,0	9,8	0,17	0,002	0,06	-	2,3	-	10,6	3,0	IV	
П-в Челекен	5,0-30,0	9,4	0,07	0,005	0,03	23,2	1,6	1,2	9,0	3,2	IV	
О.Огурчинский	5,0-30,0	9,2	0,08	0,003	0,01	50,4	1,3	1,0	10,3	2,7	IV	
Банка Ульского	4,0-14,0	7,1	0,11	0,001	0,05	35,5	1,1	-	15,5	2,4	IV	
Банка Грязный вулкан	15,0	7,0	0,22	0,005	0,03	-	1,2	-	12,0	3,9	IV	
Среднее:		8,9	0,11	0,002	0,04	33,3	1,4	1,1	11,0	2,6	IV	

Здесь расположена область интенсивной разработки нефтегазовых месторождений, где среднее содержание нефтяных примесей в воде составляло 0,17 мг/л, фенолов 0,01 мг/л, СПАВ – 0,05 мг/л. В соответствии с величинами ИЗВ (3,6) и классу качества (IV) воды Бакинского архипелага отвечали их загрязненному состоянию [59,60].

На восточном побережье Южного Каспия акватории островов Челекен, Огурчинский, банок Ливанова, Жданова и др. также были загрязнены нефтяными углеводородами (0,11 мг/л), фенолами (0,03 мг/л) и СПАВ (0,33 мг/л). По значениям ИЗВ (1,54) и классу качества (III) эти воды отнесены к умеренно загрязненным [60].

Следующая градация предлагаемой схемы (рис.7.1) включает заливы и бухты, отличающиеся от открытого моря составом и количеством загрязняющих веществ. Все основные заливы Каспия расположены на восточном побережье (табл.7.2). Два из них – Тюб-Караганский и Казахский относятся к Среднему Каспию и характеризуются значениями нефтяных углеводородов (0,07 мг/л), фенолов (0,004 мг/л), СПАВ (0,03 мг/л), ИЗВ (1,57) и классом качества III, соответствующим умеренно загрязненным водам [60,61].

Входящие в состав этих заливов бухты Баутино и Кендерли имели несколько больший уровень загрязнения теми же компонентами, что объясняется ограниченностью их водообмена с открытым морем [60,61].

Южная часть Каспия представлена Красноводским, Северо- и Южно-Челекенскими и Туркменским заливами (рис.7.1), где показатели нефтяных примесей составляли 0,18 мг/л, фенолов 0,003 мг/л, СПАВ 0,04 мг/л, относясь по ИЗВ (1,9) и классу качества (III) – умеренно загрязненным водам [60,61]. При этом бухты Красноводского залива испытывали интенсивную нагрузку со стороны местных промышленных предприятий, городского коммунального хозяйства. О состоянии их загрязнения свидетельствует содержание нефтяных углеводородов (0,66 мг/л), фенолов (0,002 мг/л), СПАВ (0,13 мг/л). Отсюда величина ИЗВ (4,3) и класс качества (V) грязных вод [59,60]. Особое положение в регионе занимает Бакинская бухта, к которой приурочены самые высокие показатели загрязняющих веществ. Среднее содержание нефтяных углеводородов здесь достигало 0,7 мг/л, фенолов 0,021 мг/л, СПАВ – 0,15 мг/л [61].

Таблица 7.2

Показатели качества вод заливов и бухт Каспийского моря (1978-1995 гг., средние значения, горизонты 0-дно)

Районы	Глубина, м	O ₂ , мг/л	HY, мг/л	Фен., мг/л	СПАВ, мг/л	NH ₄ , мкг/л	NO ₂ , мкг/л	NO ₃ , мкг/л	P _{мин.} , мкг/л	ИЗВ	Класс	Оценка Качества
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Заливы												
Мангышлакский		9,9	0,07	0,005	0,07	88,0	3,3	21,0	14,0	2,2	IV	Загрязненная
Тюбикаганский	5,0-26,0	9,6	0,06	0,004	0,07	88,0	2,5	17,0	12,4	1,9	III	Умерен. загрязнен.
Казахский	1,0-11,0	10,0	0,07	0,003	0,03	28,0	1,2	3,2	7,8	1,3	III	Умерен. загрязнен.
Карабогаз (у входа)	1,0-20,0	6,3	0,06	0,001	0,10	10,0	1,0	0,99	3,5	0,9	II	Чистая
Красноводский	1,0-12,0	10,0	0,13	0,007	0,03	11,5	2,0	-	8,3	2,6	IV	Загрязненная
Северо-Челекенский	2,0-6,5	6,3	0,32	0,001	0,028	38,3	3,0	-	16,6	1,5	III	Умерен. загрязнен.
Южно-Челекенский	3,0-11,0	6,8	0,16	0,001	0,044	92,0	7,3	-	24,3	2,0	III	"
Туркменский	5,0-10,0	9,7	0,13	0,005	0,04	-	2,1	0,8	18,5	2,1	IV	"
Северо-апперонский	9,0-13,0	8,8	0,15	0,006	0,026	1,24	3,4	-	-	3,1	IV	загрязненная
Пехлевийский	10,0-25,0	10,1	0,05	0,005	0,05	-	2,8	18,5	5,2	0,55	II	чистая
Среднее:		8,7	0,12	0,004	0,05	45,0	3,0	10,2	12,3	1,9	III	умерен. загрязнен.
Бухты												
Баутина	1,0-10,0	9,3	0,10	0,005	0,04	76,0	3,2	36,0	15,0	2,0	III	Умерен. загрязнен.
Кендерля	1,0-11,0	9,4	0,08	0,003	0,02	48,4	1,2	3,2	12,1	1,3	III	"
Кланлы	0,5-6,0	9,5	0,13	0,007	0,03	11,5	2,0	-	8,3	2,7	IV	загрязненная
Соймонова	1,0-4,0	5,1	0,28	0,001	0,10	474,0	13,3	-	30,0	2,1	IV	"
Уфринская	2,5-5,5	6,8	0,34	0,001	0,12	287,0	9,3	-	36,2	12,6	VII	чрезвыч. грязная
Муравьева	1,9-9,0	7,1	0,42	0,001	0,046	174,1	9,3	-	16,5	3,2	IV	загрязненная
Кызылсу	2,0-5,5	6,9	0,19	0,001	0,05	-	-	-	18,5	1,5	III	умерен. загрязнен.
Бакинская	0,5-11,0	6,8	0,44	0,021	0,15	72,0	5,4	1,1	41,0	8,0	VI	очень грязная
Ильича	0,5-6,0	6,0	5,0	0,004	0,19	384,0	9,1	-	172,0	26,7	VII	чрезвыч. грязная
Гоусанская	0,5-5,0	8,7	1,1	0,005	0,19	650,0	74,5	-	323,8	7,4	VI	очень грязная
Среднее:		7,5	0,81	0,005	0,09				5,7		V	грязная

Продолжение таблицы 7.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Порты - гавани												
Махачкала	5,0-10,0	8,5	0,27	0,002	0,05	135,6	4,0	133,3	333,3	2,1	IV	Загрязненная
Сухогрузная	6,0	8,8	0,39	0,004	0,04					3,2	IV	"
Нефтеналивная	5,0	8,8	0,70	0,006	0,06					5,3	V	грязная
Рыбный порт	5,0	8,7	0,29	0,003	0,03					2,8	IV	загрязненная
Красноводский	2,2-11,5	6,4	0,24	0,001	0,04	177,0	6,0	-	24,0	1,8	III	умерен. загрязнен.
судоходный канал												
Актау	5,0-10,0	10,1	0,23	0,009	0,03		1,9		15,0	3,6	IV	загрязненная
Бекдаш	5,0-10,0	10,0	0,25	0,022	0,06		1,2		26,0	7,0	VI	очень грязная
Среднее:		8,7	0,34	0,006	0,04	156,3	3,4	133,3	24,6	3,5	IV	загрязненная

С учетом значений ИЗВ (8,0) и класса качества (VI) акватория была оценена как очень грязная [59,60].

Юго-западное побережье Каспия замыкается Энзелийским заливом, основным загрязнителем которого является река Сефидруд. Эта акватория мало изучена, но судя по имеющимся сведениям (1975-1978 гг.), содержанию нефти (0,05 мг/л), фенолов (0,005 мг/л), СПАВ (0,05 мг/л), дополненным данными 1990-2000 гг., величине ИЗВ (0,55) и классу качества (II) может быть отнесена к чистым водам [114,116].

Следует подчеркнуть, что в схему включены лишь основные компоненты экологического районирования Каспия.

7.2. Классификация загрязненных морских акваторий

При изучении природных явлений и объектов, как известно, применяются различные схемы и классификации. Однако загрязнение морских акваторий, судя по литературным данным, еще не имеет аналогичных форм характеристики их состояния [30]. Отсутствие таковых затрудняет исследование отрицательных последствий попадания инородных компонентов в водную среду, а, следовательно, и борьбу с ними. Этот пробел восполнен в настоящей работе, где рассматривается перечень основных генетических признаков загрязнения морских акваторий, определяющий характер природоохранных мероприятий [40].

Так, если исходить из происхождения посторонних для морской воды примесей (табл.7.3), различаются следующие виды загрязнений: бактериальное, органическое, химическое, нефтяное, радиоактивное, термическое. Они соответственно представлены патогенной, сапрофитной микрофлорой, бытовыми отходами, останками растений и животных, фенолами, детергентами, сырой нефтью и техническими маслами, тяжелыми металлами, радиоактивными веществами, теплыми водами предприятий и др.

Их источниками служат коммунальные, заводские и нефтепромысловые канализации, морские буровые и эстакады, суда сухогрузного, наливного и пассажирского флота и т.д.

Следует отметить, что перечисленные разновидности загрязнения могут носить как однородный, так и смешанный характер. Нередко они попадают в море по общему коллектору, перемешиваясь между собой.

Схема классификации загрязненных морских акваторий

I виды		<u>Химическое</u> <u>Органическое</u> Бактериальное		ОДНОРОДНОЕ	
		<u>Термическое</u> Радиоактивное		СМЕШАННОЕ	
II виды		Поверхностное ^{x)}	Глубинное	НЕЗНАЧИТЕЛЬНОЕ ($\leq 10\%$) ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ (15-50%) ОБШИРНОЕ ($\geq 50\%$)	
		Концентрации ^{xx)}	Вредных Примесей	НИЗКАЯ (< 10 ПДК) ВЫСОКАЯ (10-100 ПДК) ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ (> 100 ПДК)	
IV Природные условия	Загрязнения морских акваторий	Гидрометеорологические	Зоны	МЕЛКОВОДНАЯ	
			Глубин	ГЛУБОКОВОДНАЯ	
			Гидро- режим	ЗАСТОЙНЫЙ АКТИВНЫЙ	
			Ветер	СЕВЕРНЫЕ	
			Течения	СЛАБЫЕ	ЮЖНЫЕ
			Волнения	СИЛЬНЫЕ	ЗАПАДНЫЕ ВОСТОЧНЫЕ
			Температура	ПОНИЖЕННАЯ ($< 10^0$) ПОВЫШЕННАЯ ($> 10^0$)	
			Прозрачность	НИЗКАЯ (< 1 м) ВЫСОКАЯ (> 5 м)	
		Гидрохимические	Соленость	ПОНИЖЕННАЯ ($< 10\%$) ПОВЫШЕННАЯ ($> 10\%$)	
			Содержание кислорода	ПОНИЖЕННАЯ (< 6 мг/л) ПОВЫШЕННАЯ (> 6 мг/л)	
			Насыщение воды кислородом	ПОЛНОЕ ($\geq 100\%$) НЕПОЛНОЕ ($< 100\%$)	
			Состав вредных примесей	НЕФТЯНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ, ПЕСТИЦИДЫ, ДЕТЕРГЕНТЫ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ,...	
			Состояние при- месей в воде	РАСТВОРЕННОЕ, ЭМУЛЬГИРОВАН- НОЕ, ПЛЕНОЧНОЕ, В ВИДЕ ПОЛЕЙ, СЛИКОВ	

IV Природные условия загрязнения морских акваторий	Геохимическая среда	ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ (pH<8) ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ (pH>8)	
	Седиментация	ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ	
	Формы рельефа дна	ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ	
	Грунты	ГЛИНИСТЫЕ ПЕСЧАНЫЕ АНТРОПОГЕННЫЕ	РЫХЛЫЕ ПЛОТНЫЕ
V Факторы очищения моря	Естественные	ВЕТЕР, ТЕЧЕНИЯ, ВОЛНЕНИЯ, ВОДООБМЕН...	
	Искусственные	МЕХАНИЧЕСКИЕ, ГИДРОТЕХ- НИЧЕСКИЕ, ХИМИЧЕСКИЕ...	

х) – в % от площади, либо объема воды

xx) – согласно оценке качества воды по методике

После установления вида целесообразно определить масштабы распространения загрязнения: незначительные, значительные и обширные, соответственно захватывающие узкую прибрежную полосу, большую часть либо всю площадь изучаемой акватории, а также сопредельные районы моря. Кроме того, загрязнение можно рассматривать как поверхностное и глубинное, затрагивающее нулевые горизонты или же всю толщу вод, включая донные отложения, которые сами становятся в этом случае источниками повторного загрязнения моря. Наряду с определением вида и масштаба развития последнего очевидна необходимость характеристики степени низкой, высокой и экстремальной концентрации компонентов, находящейся ниже, в границах, либо выше допустимого для водоема предела [85,112].

В то же время при расчленении загрязнения по этому признаку следует учесть токсичность отдельных веществ, чье содержание даже в малых дозах намного опаснее для природной среды по

сравнению с другими, более концентрированными, но менее вредными примесями.

Однако действенность любого из загрязнителей морской акватории в конечном счете определяется ее природными условиями. В связи с чем загрязнения по их приуроченности к гидрометеорологическим факторам можно рассматривать, как присущие мелководным и глубоководным зонам моря, участкам застойного и активного режима, ограниченного и свободного водообмена акватории с открытым морем. Кроме того они могут относиться к районам интенсивного, ослабленного перемешивания вод, высоких и низких скоростей ветров и течений. Две последние характеристики обусловлены постоянством и длительностью действия этих факторов на площади моря, их принадлежностью к северному, южному, западному, либо восточному направлениям.

Дополняют гидрометеорологические особенности загрязнения акваторий величины прозрачности вод, низкой или высокой, в зависимости от состояния вод.

Следующие классификационные признаки рассматриваемой схемы, гидрохимические, характеризуются пониженными, либо повышенными соленостью и содержанием кислорода, полным и неполным насыщением вод кислородом, составом и состоянием вредных примесей.

Значительная роль как в загрязнении, так и самоочищении моря принадлежит геолого-литологическим условиям – окислительной или восстановительной обстановке геохимической среды, положительной и отрицательной направленности седиментации, геоморфологической приуроченности к формам донного рельефа, грунтам различного состава и физических свойств.

В заключение схемы приведены факторы очищения моря, которые могут быть естественными, обусловленными изменениями гидрометеорологического режима, и искусственными, зависящими от применения механических, гидротехнических, химических, биологических средств защиты водной среды от загрязнения.

Характер разрабатываемых при этом природоохранных мероприятий основывается на совокупности всех остальных из рассмотренных классификационных признаков, определяющих состояние загрязненных морских акваторий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемое исследование – результат обобщения многолетних характеристик экологического состояния Каспийского моря. В их комплекс входили гидрохимические и гидробиологические определения показателей загрязнения вод, а также анализы гранулометрического состава и физических свойств грунтов. При этом были использованы статистические данные гидрометеорологических наблюдений с целью выявления взаимосвязи между ними.

Все вместе рассматривалось в интервале подъема уровня Каспия (1978-1995 гг.) по материалам ежегодных, сезонных измерений на горизонтах (0-800 м) 300 станций Госкомгидромета СССР и Каспморнии проекта на участках портов и дампингов.

В зависимости от изученности отдельных районов акватории автором дополнительно отбирались пробы воды и грунтов в 200 наблюдательных пунктах вдоль побережья и в открытом море для анализов в стационарных и натуральных условиях. Наиболее распространенными токсикантами Каспия являются нефтяные углеводороды и фенолы. В исследуемом отрезке времени СПАВ и остальные техногенные примеси не выходили за пределы допустимой концентрации (ПДК), а поэтому не представляли существенного интереса.

Как известно, основными источниками загрязнения акватории служат территории прибрежных государств. Судя по сбросу нефтепродуктов, они располагались в порядке убывания от России к Азербайджану, Казахстану, Туркмении и Ирану. Причем, главная роль в загрязнении Каспия принадлежит речному стоку, около 80% которого дает Волга. Как показали исследования, объем техногенных примесей, приносимых реками, обусловлен не столько их водностью, сколько концентрацией содержащихся в них вредных веществ. Нередко это имело импактный характер, связанный со сбросом больших масс отходов различных промышленных и коммунальных предприятий. Одним из источников загрязнения моря были также потери сырой нефти при добыче, образовавшие пятна разливов вокруг эстакад и буровых оснований. Перемещаясь по поверхности акватории, они постепенно исчезали, нанося ущерб окружающей среде.

Судя по наблюдениям, показатели нефтяных углеводородов,

фенолов, СПАВ были больше на западном, чем на восточном побережье и в центральной части Каспия.

В то же время они уменьшались как по глубине моря, так и по вертикали разреза донных отложений. Изменяясь вдоль берега по направлению с севера на юг, максимальные значения этих токси-кантов тяготели к промышленным объектам и городам. Далее на примере нефтепродуктов установлено снижение их содержания с увеличением скорости любых ветров, силы волнения и сопутствующих им течений. То же самое наблюдалось при распределении Волжских вод вдоль берегов Каспия. Следует заметить, что ветры и течения выполняют здесь двойную роль, способствуя как загрязнению, так и самоочищению акватории при водообмене между ее отдельными частями. Также характерна для водоема сезонная изменчивость гидрохимических показателей, уменьшающихся от зимы к лету.

Подъем уровня Каспия сопровождался размытием загрязненных масс грунта на локальных участках побережья, что, однако, не отразилось на общей для акватории тенденции снижения концентрации техногенных примесей. Загрязняющие вещества донных отложений Каспия отличаются стратиграфической и геолого-литологической приуроченностью к слабосцементированным илам и рыхлым пескам современного возраста. Выходы подстилающих их более древних (четвертичных и третичных) пород в ненарушенном залегании, как правило, лишены техногенных примесей. Содержание инородных компонентов в донных отложениях при прочих равных условиях зависит от их мехсостава и растет вместе с дисперсностью в песках и илах. Кроме того, концентрация нефтяных углеводородов снижается по мере увеличения плотности грунтов, в свою очередь, отражаясь на физических свойствах последних.

Скорость адсорбции загрязняющих веществ морскими осадками обусловлена дисперсностью – большей в тонко отмученных илах, чем в песках и глинах естественного сложения.

Десорбция и самоочищение нефтяных примесей из глинистых отложений, напротив, происходит медленнее по сравнению с рыхлыми песчаными образованиями. Различные деформации грунтов при гидротехническом строительстве, взмучивание при волнении вызывали повторное загрязнение мелководных районов акватории.

Как показали натурные наблюдения, в Бакинской бухте, на границе между донными отложениями и водой протекает постоянный обмен нефтепродуктами, составляющий в спокойную погоду 0,02% от их содержания в илах и 0,6% в песках, возрастая до 4% при сильном волнении.

Межгодовые изменения загрязненности вод и грунтов были обусловлены аварийными разливами нефти, подъемом уровня Каспия, общим спадом производства и соответственно – количества нефтяных углеводородов и других инородных компонентов; наблюдавшихся в последние десятилетия.

Согласно значениям ИЗВ, качество каспийских вод изменялось от чистых до грязных, оставаясь в среднем умеренно-загрязненным.

Процессы загрязнения негативно отразились на состоянии флоры и фауны Каспия, вызвав снижение фотосинтетической деятельности планктона, особенно в ряде эвтрофных прибрежных участков по сравнению с олиготрофными районами открытого моря. Им соответствовало повышенное количество нефтеокисляющих бактерий на промышленных акваториях и пониженное в относительно чистых водах.

Согласно микробиологическим показателям качество вод Каспия изменялось от сильно (полисапробные) до слабо (олигосапробные) загрязненного состояния. При этом вся акватория в целом относилась к умеренно-загрязненным (беттамезосапробные) водам. Содержание зообентоса, включая макробентос, также варьировало в зависимости от концентрации нефтяных примесей в придонных слоях воды и грунтах моря.

Особенно заметно эта тенденция проявилась в сокращении численности и плотности организмов в сильно загрязненных районах, вплоть до образования более выносливых видов. Как следствие процессов загрязнения, на акватории Каспия наблюдалось обеднение ряда нагульных пастбищ осетровых рыб, сопровождавшееся резким снижением их уловов.

Непредсказуемость поведения Каспия и отсутствие статистических данных после 1991 г. не позволили рассчитать ни баланс примесей нефтяных углеводородов, ни прогноз их будущих уровней.

Полученные результаты легли в основу предлагаемой схемы

экологического районирования водоема по техногенно-природной приуроченности загрязняющих веществ и классификации загрязненных морских акваторий.

Таким образом, проведенное исследование подтвердило неблагоприятное состояние экологии моря, которое может ухудшиться в связи с продолжающимся расширением поиска и добычи нефти и газа.

Забота о судьбе Каспия делает крайне необходимым восстановление системы мониторинга и охраны акватории, в том числе с помощью методов дистанционного зондирования. Представляется также рациональным объединение усилий всех Прикаспийских стран для спасения биоресурсов водоема с учетом вклада каждой из них в загрязнение моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдильдин С. А. Реки Южного Каспия. Прикаспийский регион, проблемы социально-экономического развития. Т.5, раздел II, стр. 26 – 35, М. 1989 г.
2. Агесс Пьер. Ключи к экологии. Л. Гидрометеиздат, 1982.
3. Агамалиев Ф. Г. Инфузории загрязненных районов Апшеронского полуострова и прилегающих к нему островов Каспийского моря. Батуми, ВНИРО, 1972 г.
4. Аксенов Н. Я. Транспорт и охрана окружающей среды. М. Транспорт, 1986 г.
5. Ализаде А. А., Алиханов Э. Н., Шойхет П. А. Исследование условий преобразования органического вещества в современных осадках Южного Каспия. М. Недра, 1967 г.
6. Алиев А. Д. Экспериментальное исследование влияния различных нефтей на фауну донных беспозвоночных Каспийского моря. Батуми, ВНИРО, 1972 г.
7. Атлас М. И. Процесс самоочищения в морских водах (исследования в Бакинской бухте) Баку. Управление канализации, 1947.
8. Афанасьева Н. А., Бакум Т. А. Изучение процессов обмена нефтяными углеводородами на границе раздела вода-донные отложения, стр. 63 – 68. Исследование гидрохимических процессов в море. Труды ГОИН, М. Гидрометеиздат, 1979 г.
9. Афанасьева Н. А., Кирьянов С. В. Состояние загрязненности вод Каспийского моря на современном этапе. Материалы Всесоюзного совещания по проблемам Каспийского моря, стр. 31. Гурьев, 1981 г.
10. Бабаев Г. Б. Состав и распределение фитопланктона в западной части Среднего и Южного Каспия. Автореферат кандидатской диссертации. Баку, 1968 г.
11. Багиров Р.М. Изучение обрастаний в районе морских нефтяных сооружений Каспийского моря. Изв. АН Азерб ССР, Серия биологических наук, № 1, Баку. 1967 г.
12. Бадалов Ф. Г. Изучение зоопланктона западного побережья Южного Каспия под влиянием нефтяного загрязнения. Батуми, ВНИРО, 1972 г.

13. Баку к 2000 году. Гигиенические аспекты окружающей среды. Баку, Азернешр., 1981 г.

14. Берегоукрепление и защита территории СРБ Туркменрыбпрома в г. Красноводске. Материалы для получения разрешения на производство дноуглубительных работ и сброс грунта в подводный отвал. Каспморниипроект. Баку, 1992 г.

15. Биология Среднего и Южного Каспия. М. Наука, 1968 г.

16. Бухарицин П. И. Гидрологические процессы в Северном Каспии в зимний период. Автореферат докторской диссертации. М., ИВПРАН, 1996 г.

17. Бухарицин П. И. Многолетняя характеристика загрязнения природных вод Нижней Волги. Материалы научно-практической конференции по рыбным запасам Волго-Каспийского региона и их охране. Астрахань, 1988 г., стр. 22 – 23.

18. Бухарицин П. И. Состояние загрязнения вод Северного Каспия. Материалы Всесоюзного совещания по проблеме Каспийского моря. Гурьев, 1991 г., стр. 59 – 63.

19. Бухарицин П. И. Прибрежные нефтепромыслы и нефтяное загрязнение Северного Каспия. Тезисы докладов первой международной конференции по геологическим ресурсам Каспийского моря. Астрахань, 1992 г., стр. 51 – 53.

20. Бюллетени о состоянии химического загрязнения Каспийского моря на территории деятельности Азербайджанской УГМС. Баку, 1978 – 1993 г.г.

21. Военная экология. Изд. Русь – СВ. М-2000.

22. Войсич С.Я., Альнейр Б.Я. Самоочищение донных вод в море (наблюдения в Бакинской бухте). Баку ЗАКВОДГЕО 1934.

23. Волошин В. П. Охрана морской среды. Л. Судостроение, 1987 г.

24. Гасанова А. М. Санитарно-гигиеническая характеристика загрязненности акватории Бакинского порта. Автореферат кандидатской диссертации. Институт усовершенствования врачей. Баку. 1969 г.

25. Гасанов В. М. Изучение влияния различных нефтей на высших ракообразных Каспийского моря. Батуми, ВНИРО. 1972 г.

26. Гасанов М. В. Роль микроорганизмов в процессе самоочищения донных отложений от органических загрязнений. Сб. Ма-

териалы XXII Гидрохимического совещания, вып. 2, Новочеркасск, 1968 г., стр. 22 – 25.

27. Гейдаров Ф. А. Содержание нефтяных углеводородов в донных отложениях и его взаимосвязь с источниками поступления. **Исследования гидрохимических процессов в море, Труды ГОИН, М., Гидрометеиздат, 1979 г., стр. 48-50.**

28. Гейдаров Ф. А. **Некоторые результаты моделирования процессов обмена нефтяными углеводородами на границе раздела морская вода – донные отложения. М., Труды ГОИН, 1979:**

29. Гейдаров Ф. А. Динамика загрязнения акватории Бакинского архипелага (современное и будущее состояние). **Автореферат кандидатской диссертации. М., 1981 г.**

30. Герлах С.А. **Загрязнение морей. Л., Гидрометеиздат, 1989.**

31. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Т. 2 **Каспийское море. Л., Гидрометеиздат, 1986 г.**

32. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. IV. **Каспийское море. Л., Гидрометеиздат, 1992 г.**

33. Государственный водный кадастр. **Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. 1978–1991. Москва – Баку.**

34. Грановский С. И. Действие некоторых нефтей азербайджанского месторождения на гидробионты. Батуми, ВНИРО, 1972 г.

35. Грановский С.И. Изменение донной фауны прибрежных зон островов Апшеронского и Бакинского архипелагов Каспийского моря под влиянием нефтяного загрязнения. **Автореферат кандидатской диссертации. АН Азерб. ССР. Институт зоологии, Баку, 1970 г.**

36. Гумбатов Г.Г. **Применение ПАВ для ликвидации аварийных разливов нефти на водной поверхности. Баку, Элм, 1998 г.**

37. Гурвич Л. М. Нефтяное загрязнение гидросферы. **Автореферат докторской диссертации. Институт океанологии, М., 1997.**

38. Гюль А. К. Изучение загрязненности и водообмена Бакинской бухты и разработка рекомендаций по ее очистке. **Научный отчет. ИГ АН Азерб. ССР, Баку. 1970 г., 363 стр.**

39. Гюль А.К. Изучение загрязненности и водообмена района Апшеронского архипелага с целью выработки рекомендаций по его очистке. **Научный отчет. ИГ АН Азерб. ССР, Баку, 1972, 108 с.**

40. Гюль А. К. **Классификационные признаки загрязнения морских акваторий.** ВИНИТИ, № 4983 – 1388. М. – Б., 1988, 6 с.

41. Гюль А. К. **Районирование загрязненных морских акваторий.** ВИНИТИ, № 4982 – 1388, М. – Б., 1988 г.

42. Гюль А. К. Исследования и оценка антропогенного загрязнения природной среды северной части Азербайджанского побережья Каспийского моря с использованием наземной и космической информации. **Научный отчет, раздел II, ЛАМ Госкомгидромет СССР, М., 1988 г., стр.29-111.**

43. Гюль А.К. и др. Поверхностные воды западного побережья Каспия. **Прикаспийский регион. Проблемы социально-экономического развития. Т.5. Водохозяйственные проблемы.** М., 1989 г., стр.67-79.

44. Гюль А. К. Экологическое районирование Каспия. **Вестник Каспия, М. 2001 г. № 5, стр.116-119.**

45. Гюль А. К., Исраилов А., Татлыева З. И. Динамика загрязнения Азербайджанской акватории Каспия. **Азкомгидромет. Научный отчет, Баку, 1998 г.**

46. Гюль А. К. Влияние ветра и волнения на распространение загрязняющих веществ в Каспийском море. **Вестник Каспия, М. 2001 г. № 6, стр.108-112.**

47. Гюль А. К. Гидрохимические показатели качества вод Каспийского моря. **Баку, Бильги, 2001 г. № 1, стр.76-81.**

48. Гюль А. К. Роль рек в загрязнении Каспийского моря. **Баку, Бильги, 2001 г. № 2, стр.71-76.**

49. Гюль А. К. Загрязнение грунтов Каспийского моря. **Баку, Бильги, 2001 г. № 3, стр.62-72.**

50. Гюль А. К. Временная динамика показателей загрязнения Каспия. **Баку, Бильги. 2001 г. № 4, стр.79-81.**

51. Гюль А. К., Татлыева З. И. Гидрометеорологические особенности загрязнения Каспийского моря. **Международная научно-практическая конференция, Баку. 2001 г.**

52. Гюль К. К. **Гидрология районов морских нефтяных месторождений западного побережья Каспийского моря. Т. I, Баку, АГУ, 1956 г.**

53. Гюль К. К. **Режим волнения, динамика берегов и дна у западного побережья Каспия. Т. П., Баку, АГУ, 1956 г.**

54. Гюль К. К. **Справочник для судоводителя Каспийского**

проблемы охраны от загрязнения морской среды. Тр. ГОИН, вып. 158, М., 1981 г.

113. **Отчет о производстве исследований загрязнения донных отложений Бакинской бухты.** Каспморниипроект, Баку, 1989 г.

114. **Отчеты о работах НИС Радон на полигоне Сefидруд, 1975 – 1978 г.г.** Баку, Азкомгидромет.

115. **Пахомова А. С., Затучная Б. М. Гидрохимия Каспийского моря.** Гидрометеиздат, Ленинград, 1966 г.

116. **Pollution Study of the Southern Caspian Sea (Iranian side). Regional CENTER for Pollution Control.** Tehran, 1990 - 2000.

117. **Прикаспийский регион. Проблемы социально-экономического развития.** Т. 5. Водохозяйственные проблемы. М., 1989 г.

118. **Пробаров С. Н. О составе прибрежных обрастаний (перифитон) Бакинской бухты в связи с влиянием промышленных и бытовых загрязнений.** Фонд ВНИРО, Баку, 1940 г.

119. **Производственные нормы на морские дноуглубительные работы.** М., Транспорт, 1964 г.

120. **Работнова И. Л. Роль физико-химических организмов в жизнедеятельности микроорганизмов.** Изд. АН СССР, М., 1957.

121. **Разумовский В. М. Эколого-экономическое районирование.** Л., Наука, 1989 г.

122. **Рыбохозяйственные исследования на Каспии.** Астрахань, 1998 г.

123. **Ремизова С. С. Подсчет стока иранских рек, впадающих в Каспийское море.** Вестник МГУ, 1964 г., сер. V, вып. I.

124. **Рекреационные ресурсы Каспийского моря.** Проблемы использования и охраны. М., Недра, 1989 г.

125. **Ресурсы поверхностных вод СССР.** Т. Закавказье и Дагестан. Гидрометеиздат. Л., 1978 – 1990 г. г.

126. **Руководство по методике анализа морских вод.** Гидрометеиздат, Л., 1977 г.

127. **Салманов М. А. Роль микрофлоры и фитопланктона в продуктивных процессах Каспийского моря.** М., Наука, 1987 г.

128. **Салманов М. А. Экология и биологическая продуктивность Каспийского моря.** Баку, Шеврон, 1999 г.

129. **Семенов А. Д. О количественной оценке нефтепродукта в поверхностный пленке.** Гидрохимические материалы. Л. Гидро-

метеоиздат, 1975 г.

130. Симонов А. И. Динамика качества вод Каспийского и Аральского морей. **Современные проблемы южных водоемов Советского Союза. Материалы совещания.** АН СССР, М., 1977.

131. Скороход А. И. Особенности солевого состава вод Каспийского моря. **Автореферат канд. диссертации,** М., 1996 г.

132. **Современные осадки Каспийского моря.** АН СССР, М., 1956 г.

133. Состояние здоровья водников и меры оздоровления условий среды на морских судах и в Бакинском порту. **Материалы научной конференции.** Азводздрав, Баку, 1963 г.

134. **Справочник по инженерной геологии.** М., Недра. 1968.

135. **Спутник полевого геолога-нефтяника.** Т. I – II. Ленинград, Гостоптехиздат, 1954 г.

136. Схема мероприятий по очистке дна Бакинской бухты от загрязнений. **Техотчет по инженерным изысканиям.** Т. III. Исследование загрязненности донных отложений Бакинской бухты нефтепродуктами. Каспморниипроект, № 1315, Баку, 1982 – 1983.

137. Таблица результатов анализов химического состава морской воды Бакинской бухты. **Отчет Каспморниипроект,** Баку, 1989 г.

138. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря. М., ГЕОС, 1998 г.

139. Характеристика санитарного состояния прибрежной зоны на участке Набрань-Мухтадир-Низовая. **Отчет, Т.IV, Каспморниипроект,** Баку, 1991 г.

140. Чаповский Е.Г. **Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов.** М., Наука, 1966 г.

141. Эпштейн Б. М. **Изучение влияния промышленного загрязнения на зоопланктон Каспийского моря.** Баку, АОЦНИИ-ОРХ, 1969 г.

142. Эфендиева И. М. Микроорганизмы Бакинской бухты и их роль в разрушении нефти и нефтепродуктов. Алма-Ата, АН Каз. ССР, Институт микробиологии и вирусологии. **Автореферат канд. диссертации,** 1979 г.

**А.Ш.МЕХТИЕВ,
А.К.ГЮЛЬ**

**ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ
КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

Баку - «Элм» - 2006

Редакционно-Издательский и Полиграфический Центр «Элм»

*Директор: Ш.Алышанлы
Гл.редактор: Т.Керимли
Директор типографии: А.Мамедов
Компьютерное оформление: А.Керимов
Технический редактор: Т.Агаев*

Формат 60x84 ¹/₁₆.
Объем 11,5 п.л.
Тираж 300. Заказ №17
Цена договорная.

Отпечатано в типографии РИПЦ «Элм»
(Баку, ул.Истиглалийат, 8).