

Глава VIII
ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
НА БИОРЕСУРСЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Добыча нефти на Каспии осуществляется уже более 100 лет. Однако в последнее время масштабы нефтяного загрязнения моря резко увеличились. Причиной стало начавшееся после 1997 г. повышение уровня водоема. Как нефтедобывающие, так и промысловики вынуждены теперь работать в зоне интенсивных сгонно-нагонных явлений. При этом существенно возросла опасность затопления при нагонах нефтепромыслов и участков разведочных работ. Так, весной 1987 г. вследствие нагонов в море попало 12 млн. м³ пластовых вод с концентрацией нефтепродуктов 16 мг/л, что в пересчете на нефть превышает 190 т. Особенно много случаев утечки нефти наблюдается на промыслах Каламкаса и Каражанбаса (Кукса, 1994). С 1985 по 1990 гг. среднегодовое загрязнение моря нефтепродуктами колебалось от 1 до 4 ПДК (0,007-0,21 мг/л): с 1985 по 1988 гг. – 1 ПДК, 1989 г. – 3 ПДК, 1990 г. – 4 ПДК. Чаще всего максимальные концентрации фиксировались в восточной части Северного Каспия и на взморье Волги (15-25 ПДК), минимальные – на Мангышлакском пороге. В целом в Каспийское море поступают тысячи тонн нефти и нефтепродуктов (табл. 61).

Таблица 61

Поступление нефтепродуктов в Каспийское море, тыс. т

Годы	С промышленными стоками	С речным стоком	При авариях
1986	55,3	9,4	0,34
1987	13,0	124,0	0,35
1988	11,0	158,0	0,03
1989	-	62,0	0,11
1990	4,13	142,0	0,04

Основная масса нефтепродуктов приносится с речным стоком. Второй по величине источник загрязнения – промышленный сток. Роль аварийных стоков незначительна. В то же время А.Г. Касымов (1994) отмечает, что в 90-х годах на Каспии ежегодно добывалось около 10 млн. т нефти, поэтому нефтяное загрязнение прибрежной зоны, главным образом в Южном Каспии, достигает критических величин. Им показано, что даже на глубине 700 м концентрация нефти составляла 6,3 мг/л.

Для нашей работы чрезвычайно важно представлять условия, определяющие скорость биодеградации нефти в каспийской воде. Этот процесс зависит от абиотических и биотических факторов (Артюхов, Носов, 1987). Рассмотрим их подробнее.

Температура – основной фактор, обуславливающий период распада нефти в морской воде. Б.М. Затучная (1975) указывает, что в Каспийском море понижение температуры на 10°C удлиняет период полураспада растворимых форм нефти в 2 раза. Ею установлено, что при температуре воды 0-9, 18 и 25-30°C период полураспада нефти равен соответственно 1000, 456 и 192 часам. Изменение температуры на 1°C изменяет период полураспада на 40 часов. Летом в Каспийском море при температуре воды 28°C период полураспада меньше, чем зимой (0°C), на 1120 часов.

Соленость. Определено, что с повышением солености на 1‰ период полураспада нефти удлиняется на 22 часа (Затучная, 1975). Наиболее активно биодеградация идет в зоне смешения пресных и соленых вод с общей соленостью 1-3‰.

Кислотность среды. Б.М. Затучной (1975) было обнаружено, что при увеличении pH на единицу период полураспада нефти уменьшается на 24 часа, а при pH, равном 4, распад прекращается полностью.

Кислород. Известно, что для полного окисления 1мг нефти требуется 3-4 мг кислорода, а для окисления 1мл нефти - 3.3 г O₂ (Zo Bell, 1969; Gattelier, 1973). При этом чем выше насыщение воды кислородом, тем активнее проходит биодеструкция нефти. Учитывая, что полное насыщение кислородом наблюдается в основном в приповерхностном микрослое, можно предполагать, что наибольшая скорость микробного окисления нефти и ее углеводородов будет на линии раздела море - воздух.

Азот и фосфор. Детально влияние этих биогенов на деструкцию нефти в море исследовано А.И. Изьюаровой (1952). Она показала, что для окисления 1г машинного масла необходимо 87 мг азота и 11.3 мг фосфора, 1г нефти - 80 мг азота и 8 мг фосфора. Биодеструкция нефти при добавлении аммиачных форм азота ускоряется в большей степени, чем при добавлении нитритной формы. Тридцатикратный недостаток фосфора (при наличии других биогенов) уменьшает скорость деструкции нефти только в 10 раз.

Изучением скорости биодеградации нефти в Каспийском море занимались многие авторы (Цыбань, 1975, 1977; Цыбань, Симонова, 1979 и др.). По их данным, скорость потребления нефти чистыми культурами микроорганизмов при температуре 22-24°C составляет 0.7-30 мг в сутки. Культуры микрофлоры нейстона потребляли в сутки 140-325 мг нефти. Кроме того, в приповерхностном слое воды углеводородокисляющие бактерии способны окислить 5×10^{15} - 15×10^{16} мг нефти на 1 клетку в час при температуре 20-25°C, а под 1 м² поверхности моря при оптимальном температурном и кислородном режиме скорость микробного окисления нефти равна 2.4 мг в сутки, или 240 мг за вегетационный период. Суммарное количество нефти, которое способен окислить бактерионейстон Каспийского моря за летний период, может достигать 8900-9000 т.

Роль бактерий и дрожжей в биодеградации нефти. В настоящее время описано 70 родов микроорганизмов, включающих 28 родов бактерий (свыше 100 видов), 30 видов грибов и 12 видов дрожжей, окисляющих один или несколько углеводородов. Установлено, что способность разрушать углеводороды – общее свойство многих микроорганизмов. При благоприятных условиях нефтеокисляющие бактерии разрушают практически все углеводороды – от метана до самых тяжелых остатков. Тяжелые фракции нефти трудно поддаются воздействию микроорганизмов из-за малой способности к дисперсированию и меньшей площади поверхности. Паффины легко подвергаются деградации, хотя ароматические углеводороды являются наиболее приемлемым источником углерода и энергии для бактерий. Углеводородокисляющие бактерии широко распространены в морской среде. Многие прибрежные участки моря испытывают хроническое загрязнение нефтью, благодаря чему углеводородокисляющие бактерии в таких водах наиболее многочисленны – в среднем 10^3 - 10^5 кл/мл. Их соотношение с общим микробным и сапропитным населением колеблется в пределах 0,1-10% и 35-80% соответственно (Цыбань, 1973). В открытых районах моря, удаленных от источников поступления нефти, углеводородокисляющие бактерии составляют 1/100-1/10000 от всего микробного ценоэза (Zo Bell, 1969), а в подверженных влиянию постоянно действующих источников нефти – находятся в пределах 10-10' кл/мл. При аварийных выбросах нефти количество нефтеокисляющих бактерий достигает максимума ~ 10^7 - 10^9 кл/мл – и может

превышать численность сапропитной микрофлоры (Цыбань, 1973). В донных осадках количество нефтеокисляющих бактерий колеблется от 10 до 10^6 кл/мл (Zo Bell, 1969).

Наиболее часто выделяемые из морских вод углеводородокисляющие бактерии относятся к родам *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flauobacterium*, *breuibacterium*, *Corinebacterium*, *Arthrobacter*, *Muscobacterium* (Сокольский, 1999). При недостатке азота, содержании растворенного кислорода менее 0,5 м/л и pH менее 6,0 преобладающими над бактериями формами становятся грибы и дрожжи (McKinney, 1963). Роль грибов и дрожжей в процессах биодеградации нефти менее изучена, однако некоторые авторы отмечают весьма высокую способность этих организмов к окислению углеводородов, в некоторых случаях даже превосходящую возможности бактерий (Colwell, Walker, 1977).

Таким образом, разложение нефти наименее активно будет осуществляться в прирусловой части авандельт Волги, Урала, Куры, Терека и других рек бассейна моря – на участках с пониженной соленостью. В связи с тем, что скорость деструкции нефти уменьшается с понижением температуры воды и насыщения ее кислородом, наибольшую опасность представляют выбросы нефти в зимний период, а также зоны гипоксии. Можно предполагать, что самоочищающая способность Каспийского моря рассчитана на суммарное поступление в его бассейн не более 8 тыс. т нефтепродуктов в год.

Особенности и пороги токсического воздействия нефтепродуктов на биоту Каспийского моря. Выше было показано, что нефть и нефтепродукты – одни из основных токсикантов, попадающих в настоящее время в Каспийское море и оказывающих негативное воздействие на гидробионтов. Можно сказать, что нефтяное загрязнение водной среды повсеместно, а действие других загрязнителей проявляется на фоне нефтяного. Возможность быстрого распространения нефти по акватории Каспия обуславливает вероятность кратковременного контакта с нею морских организмов, после чего они вновь попадают в чистую воду. Подобные случаи кратковременного действия нефти на гидробионтов и последующей их гибели уже в чистой морской среде весьма часты в природе (Миронов, 1973). Экспериментальные работы демонстрируют снижение фотосинтетической активности фитопланктона

уже при реально регистрируемом уровне нефтяного загрязнения. К замедлению скорости деления клеток и их гибели приводит даже краткое взаимодействие фитопланктона с нефтью и нефтепродуктами.

При перемещении нефти течениями вместе с загрязненными водами могут передвигаться и гидробионты (например, планктон), и тогда компоненты нефти будут оказывать длительное воздействие на организмы. В этих условиях наиболее вероятно продолжительное влияние малых концентраций токсиканта. Последствия нефтяной интоксикации при длительном систематическом действии малых доз могут оказаться через несколько поколений. Опытным путем получить такие данные трудно, особенно для организмов с длительным жизненным циклом, например рыб и тюленя, а делать выводы о нетоксичных концентрациях на основе результатов кратковременных экспериментов некорректно (Строганов, 1971). Несомненно, что долгосрочные прогнозы и определение постоянных нагрузок - предельно допустимых концентраций химических агентов (ПДК), как указывает Н. Строганов (1971), должны строиться только на длительных исследованиях воздействия загрязнения на организмы всех трофических звеньев экосистемы.

Материалы (Артиюкова, Носова, 1987) свидетельствуют о том, что малые уровни загрязнения морской воды губительны для гидробионтов в основном на ранних стадиях онтогенеза, а быстрого и массового вымирания взрослых организмов не вызывают. Однако постепенное воздействие на пополнение популяций может привести к нежелательным явлениям в самом ближайшем будущем.

Наименьшей токсикорезистентностью, как выяснилось (Патин, 1979), характеризуются мелкие виды и формы гидробионтов, средние размеры которых составляют менее 1 мм. В эту размерную группу входят массовые виды фитопланктона, микрозоопланкtonные фильтраторы, а также нектон, планктон и бентос на эмбриональных и постэмбриональных стадиях развития. Именно эти компоненты биоценозов, обладающие высокой аккумулирующей способностью по отношению к микропримесям среды, отличаются повышенной чувствительностью к действию токсикантов в море.

Пороговые для биоты Каспийского моря концентрации нефти и нефтепродуктов приведены в табл. 62.

Таблица 62
Пороговые для биоты Каспийского моря концентрации нефти
и нефтепродуктов

Организм	МДК, мг/л	LC ₅₀ , мг/л	LC ₅₀ , мг/л	Источник
<i>Alosa agone</i> Гюнзель		0,5		Петин, 1979
то же при разные концентрации	0,5			Дахадай, 1977
<i>Arabicus griseofasciatus</i>		10 ⁻¹	содержание масла	Гусев, 1975
<i>Rhombosolea californica</i>	0,1 [±] 7	10 ⁻¹		Бабат, Абдуллаев, 1975
<i>Eucinostomus</i>	0,5 [±] 1			Миронов, Ланская, 1969
Предположимое сообщество фитопланктона	0,5 [±] 1		LC ₅₀ =0,3-0,4 [†] BC ₅₀ =0,2-0,4 [†]	Петин, 1979
Личинки Саргасса	0,01 [±] 3	10 ⁻¹		
<i>Benthosema affine</i>	0,8 [±] 7		LC ₅₀ =10 ⁻¹	
<i>Ceratobryca aquaradialis</i>	0,1 [±] 7		LC ₅₀ =8-10 ⁻¹	Дахадай, 1977; Петин, 1978
<i>E. griseofasciatus</i>		10 ⁻¹	LC ₅₀ =0,001	Касымов, Гравовский, 1970
Личинки бычков	10 ⁻²			
<i>Alosa aestivalis</i>		0,1 [±] 4	LC ₅₀ =3 [†]	Мамеуза, Дроздин, 1982
<i>Mugilaster liza</i>	0,01 [±] 3	10 ⁻¹	LC ₅₀ =0,01 LC ₅₀ =6,1	Дахадай, 1977
<i>Dicentrarchus labrax</i>			LC ₅₀ =0,05-0,15 LC ₅₀ =0,01	Петин и др., 1978
<i>Nereis diversicolor</i>	0,1 [±] 3		LC ₅₀ =3 LC ₅₀ =0,5	Магомедов, Дахадай, 1982; Калинин, 1970
Oligochaeta			содержание масла	Азис, 1975
Осетровые	2-3 град.		LC ₅₀ =20	
желоды	50-60 [±] 6			
икра	0,02-0,05 [±] 7			
Бычки	30 [±] 1	50 [±] 1	LC ₅₀ =30 LC ₅₀ =3	
Моллюски бычка			LC ₅₀ =10 LC ₅₀ =3	

Примечание: Б - оценка по биологическому показателю токсичности (выживаемость, скорость роста численности и плодовитости); Ф - оценка по физиологическому или биохимическому показателю токсичности (изменение фотосинтеза, дыхания); Р. Э -- относится соответственно к действию растворенной или эмульгированной нефти.

Наиболее полные сведения по рассматриваемой проблеме содержатся в монографии А.Г. Касымова (1994). В целом можно сказать, что степень токсичности нефти для того или иного организма определяется ее концентрацией и продолжительностью воздействия. От вида нефти также зависит ее токсичность, поэтому ПДК или МДК (минимально допустимая концентрация) следует рассчитывать для каждой скважины или месторождения отдельно. Оказалось, что рыбы гораздо устойчивее к нефти, чем другие гидробионты. Самые резистентные к нефти виды - осетровые, вобла и бычки. В то же время межгрупповые различия токсикочувствительности у большинства групп организмов в зоне минимально действующих концентраций невелики. Диапазон этот составляет 10⁻²-10⁻¹ мг/л, за исключением макрофитов и бактериопланктона (10-5x10⁻² мг/л). Это указывает на возможность определения общей МДК для биоты Каспийского моря.