

Н. В. Карыгина, Э. С. Попова

НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ (ВОДА, ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ, ГИДРОБИОНТЫ) В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Изучено содержание углеводородов в Северном Каспии в 2011–2014 гг., характеризующееся высокой неоднородностью показателей в морских водах и их равномерностью в донных отложениях. Увеличение среднегодовых значений концентраций в водах происходило в 2011 г., в донных осадках – в 2012 г. Генезис углеводородов в западной мелководной части и приглубой зоне носил в основном автохтонный характер, на границе со Средним Каспием – техногенный. По коэффициенту донной аккумуляции ситуация с загрязнением водной среды оценена как сравнительно удовлетворительная. В некоторые сезоны наблюдений отмечено наличие локальных районов, где экологическая обстановка значительно ухудшалась. Накопление углеводородов в гидробионтах изучалось на примере определения содержания общего количества углеводородов и в их составе соединений ароматического ряда в организме обыкновенной кильки (*Clupeonella cultriventris caspia*), рыб бычковых пород (семейство *Gobiidae*) и тюленя *Phoca caspica*. На фоне преимущественно биогенных углеводородов в рыбах присутствовали и высокомолекулярные соединения нефтяной природы, не синтезируемые биотой. Коэффициент накопления токсикантов в те периоды наблюдений, когда нефтяному загрязнению были подвержены в основном водные массы, в организме обыкновенной кильки был выше, чем в организме бычковых рыб. В те периоды, когда усилилось загрязнение донных отложений (2012 г.), интенсифицировалось накопление углеводородов в бычках как представителях придонного биотопа. По месту обитания этих рыб и сезону наблюдений с максимальными коэффициентами накопления углеводородов можно выявить районы моря и временные отрезки с наибольшей подверженностью нефтяному загрязнению. Показатели содержания углеводородов в тканях тюленя были того же порядка, что и в исследуемых рыбах. Доля ароматических соединений в общем количестве углеводородов для всех гидробионтов стабильно превышала пороговую величину. В результате исследований подтверждена неразрывная связь загрязнения водной среды с загрязнением обитающих в ней гидробионтов различных трофических уровней.

Ключевые слова: углеводороды, морские воды, донные отложения, содержание, накопление, коэффициент донной аккумуляции, хроматограмма, гидробионты, ароматические соединения.

Введение

В Каспийском море, вследствие активного развития морского нефтегазового комплекса, увеличивается потенциальная опасность для его водной экосистемы, связанная как с повышением неотектонической и сейсмической активности дна, так и с возможными рисками попадания в морскую среду нефтепродуктов [1].

Как известно, при освоении нефтяных и газовых месторождений на шельфе морей, часто увеличивается содержание нефтепродуктов в морской среде, что приводит к ухудшению кормовой базы рыб, обеднению ее видового состава, личиночные формы многих рыб оказываются под угрозой [2]. В результате резко уменьшается численность рыб, в их организме отмечаются патологические изменения, их физиологическое состояние характеризуется функциональными отклонениями различной степени [3].

Эпизоотическое состояние некоторых видов рыб Каспийского моря в последние годы под влиянием нефтяного загрязнения оценивается как неблагоприятное. Так, ежегодно выявляют заболевания онкологической природы во внутренних органах анчоусовидной кильки, а также новообразования в паренхиматозных органах обыкновенной кильки, что, в сочетании с условно-патогенными микроцистами, свидетельствует о высоком онкогенном потенциале водоема [4].

Поскольку углеводороды способны распространяться и перераспределяться в компонентах экосистемы, изучение нефтяного загрязнения экосистемы Каспия на современном этапе складывается из оценки загрязнения морских вод, донных отложений и гидробионтов, непосредственно контактирующих с водной средой.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в российском секторе недропользования Северного Каспия на 37 станциях, отбор проб производился в ходе научных экспедиций в мае – октябре 2011–2014 гг. Всего было обработано 240 проб воды, 215 образцов донных отложений, 635 проб биоматериала.

Для измерения содержания углеводов необходимо использовать комплекс современных методов химического анализа, позволяющий определить их массовое содержание и интегральный состав. Для этой цели применялось сочетание флуоресцентного (морские воды, донные отложения), гравиметрического и спектрофотометрического (гидробионты), а также газохроматографического методов, согласно нормативным методикам [5–8].

Результаты исследований

Нефтяное загрязнение морских вод и донных отложений. Изучение нефтяного загрязнения морской среды северной части Каспия выявило крайне неоднородное распределение углеводов в морских водах при достаточно равномерном их распределении в донных отложениях. Подобная картина уже наблюдалась нами ранее – в 2009–2012 гг. [9].

В морских водах концентрация углеводов по-прежнему оставалась непостоянной и варьировала в весьма широких пределах – от нескольких десятков до нескольких тысяч мкг/л. Межгодовые (2011–2014 гг.) изменения средней концентрации были существенными (табл. 1), но наиболее часто встречавшийся интервал значений (НЧВ-интервал), составивший свыше 80 % случаев и стабильно располагавшийся в области превышения нормативного значения (50,0 мкг/л) [10], изменялся мало – 53,1–578,5 мкг/л.

Таблица 1

Характеристики содержания углеводов в водах и донных осадках Северного Каспия

Год	Воды поверхностного горизонта, мкг/л		Донные осадки, мкг/г		КДА, ед.
	S_{cc}	НЧВ-интервал	S_{cc}	НЧВ-интервал	
2011	756,4 ± 549,8	55,0–509,0	6,0 ± 12,2	4,5–12,3	2,6–303,2
2012	386,7 ± 322,1	53,1–578,5	19,9 ± 18,6	4,5–23,7	3,4–4189,3
2013	497,2 ± 215,8	88,4–566,7	8,9 ± 3,7	3,1–12,8	2,7–1253,7
2014	202,9 ± 179,1	90,0–504,0	7,4 ± 13,7	3,4–11,5	4,1–1477,6

Примечание. S_{cc} – средневзвешенная концентрация по сезону (периоду); КДА – коэффициент донной аккумуляции.

Необходимо отметить, что средний показатель от 2011 г. к 2014 г. снижался, в то время как НЧВ-интервал сужался вследствие повышения нижней границы.

Для донных осадков, при нивелировании гранулометрических различий, в 2011, 2013 и 2014 гг. средние показатели были однородными, НЧВ-интервал был стабильным и находился ниже предельного уровня, характерного для загрязненных грунтов (50,0 мг/кг). В 2012 г. было отмечено увеличение среднего содержания углеводов и расширение НЧВ-интервала.

В ходе оценки генезиса углеводов по основным нефтяным маркерам было установлено, что в районе западного мелководья, испытывающем влияние западной волжской струи, и в центральном приглубом районе, при отношении легких алканов к тяжелым (L/H), равном 0,6–4,7, характер токсикантов был преимущественно биогенным, как и в 2012–2013 гг. [11]. В пограничном со Средним Каспием районе в составе углеводов преобладали высококипящих соединений (L/H = 0,1–0,9) и значительное количество нафтоароматических веществ, что свидетельствовало об их техногенном происхождении. Индекс нечетности, в большей части районов близкий к единице, указывал на монотонность распределения алканов и их нефтяную природу. Характер происхождения углеводов в донных осадках был как терригенным, так и биогенным.

Для выявления интенсивности накопления токсикантов в донных осадках с учетом изменений их концентрации в морской среде были рассчитаны значения КДА. Диапазон значений был чрезвычайно широким (табл. 1). Необходимо подчеркнуть, что большинство значений было значительно ниже 10^3 , вследствие чего по критериям оценки загрязнения [12] можно отнести сложившуюся ситуацию в море по данному виду загрязнения к разряду относительно удовлетворительных. Однако осенью 2012 г., весной 2013 г. и летом 2014 г. величины КДА, рассчитанные для

районов на юго-западе акватории (от банки Часовой до о. Чечень) и в центре мелководного прудустья р. Волги (район свала Сухобелинского банка), были существенно выше допустимого уровня. В связи с этим экологическая ситуация в этих зонах, характеризовавшаяся интенсивным переходом углеводов из водной толщи в грунты, оценивалась как близкая к чрезвычайной.

Содержание углеводов в организме гидробионтов. Поскольку Северный Каспий является высокопродуктивной частью моря, характеризующейся богатой кормовой базой для гидробионтов, обширной территорией нагула рыб, участком размножения тюленей и т. д., на его экосистему загрязнители действуют примерно в 100 раз сильнее [13]. В этих условиях особую важность имеют исследования накопления в организме каспийских гидробионтов таких органических токсикантов, как нефтепродукты. Поток нефтяного загрязнения затрагивает, проходя через экосистему, различные сферы – от бактериальных ассоциаций и планктонных сообществ до моллюсков и рыб [14].

Обычно при мониторинге ихтиофауны проводят количественное определение содержания токсикантов в органах и тканях рыб, предусматривающее сравнение с критическим уровнем накопления (допустимым уровнем остаточной концентрации – ДОК), при превышении которого возможны функциональные нарушения. Норматив нефтепродуктов в гидробионтах в настоящее время отсутствует в связи с тем, что эти органические вещества часто входят в состав липидной фракции морских организмов и вовлекаются в процессы сорбции, растворения, седиментации, трансформируясь в метаболиты, часто более токсичные, чем исходные соединения. Вследствие этого в полной мере оценить загрязнение возможно по коэффициенту накопления в рыбах K_n и доле содержания ароматических соединений в общем количестве углеводов, считая пороговой величиной нефтяного загрязнения 1 % от суммарного количества [15].

В качестве объектов биомониторинга были выбраны обыкновенная килька (*Clupeonella cultriventris caspia*) – планктонофаг, рыбы семейства бычковых (*Gobiidae*) – представители придонного биотопа, а также единственное млекопитающее Каспия, являющееся вершиной трофической цепи – каспийский тюлень (*Phoca caspica*). Каспийские кильки и бычковые рыбы относятся к его основным пищевым объектам [16]. Обыкновенная килька и бычковые рыбы исследовались в целом, на организменном уровне (без деления на ткани и органы), у тюленя изучались подкожная жировая (углеводороды являются липофильными веществами) и печеночная ткани (объект постоянного прессинга токсикантов).

Содержание углеводов в организме обыкновенной кильки было больше, чем в бычковых рыбах, что, по-видимому, обусловлено богатым липидным составом ее тканей. Усредненный показатель углеводов в организме кильки изменялся от 42,0 до 107,9 мг/кг, в организме бычков – от 29,8 до 60,4 мг/кг (табл. 2).

Таблица 2

**Характеристики содержания углеводов
в организме обыкновенной кильки и рыб семейства бычковых**

Год	Килька обыкновенная		Бычковые рыбы	
	$C_{\text{сз}}$, мг/кг	K_n , ед.	$C_{\text{сз}}$, мг/кг	K_n , ед.
2011	87,7 ± 19,4	50,6–6644,0	35,1 ± 19,1	22,2–1514,5
2012	107,9 ± 79,9	74,7–1919,8	60,4 ± 65,6	68,7–4895,1
2013	48,1 ± 20,9	87,7–1276,6	29,8 ± 12,8	70,8–592,2
2014	42,0 ± 18,7	80,7–1164,5	34,7 ± 12,5	62,1–341,9

По нефтяным маркерам, рассчитанным по конфигурации хроматограмм проб этих рыб, был выявлен преимущественно автохтонный характер обнаруженных углеводов, т. к. отношение легких алканов к тяжелым (L/H) изменялось в пределах 1,7–2,8 и максимальные пики располагались в низкомолекулярной области. В организме кильки индекс нечетности был близким к единице, что указывало на нефтяную природу токсикантов. При этом и в организме кильки, и в организме бычковых рыб регистрировали высококипящие соединения C_{33} – C_{35} . Эти же алканы часто присутствовали в донных отложениях Северного Каспия.

Коэффициент накопления углеводов организмом рыб K_n изменялся от нескольких десятков до нескольких тысяч. При этом в 2011, 2013 и 2014 гг. в организме кильки он был значительно выше, чем в организме бычковых рыб (табл. 2). В 2012 г., когда углеводороды интенсив-

но переходили из водной толщи в донные осадки и КДА достигал максимального уровня, усиление накопления этих токсикантов происходило в организме бычков. Учитывая малоподвижный образ жизни этих рыб, короткий жизненный цикл, продолжительный нерест и прочие биологические особенности, их можно считать индикаторами загрязнения [17], и обнаружение максимальной аккумуляции токсикантов в организме экземпляров, выловленных в 2012 г., позволяет оценить экологическую ситуацию на исследуемой акватории моря как неблагоприятную. Кроме того, в те сезоны и в тех районах, где увеличивался КДА, K_n в организме бычковых рыб, обитающих на их акватории, был максимальным.

Каспийский тюлень в определенном смысле тоже является видом-индикатором состояния экосистемы Каспия. Исследуемые рыбы, как кормовые объекты, являются для него источником не только питательных, но и токсичных веществ, поступающих в его организм. Таким образом, тюлень явно и своевременно реагирует на изменения качества морской среды и играет важную роль в экосистеме моря [18].

Содержание углеводов в тканях тюленя было того же порядка, что и в организме кильки и бычков, причем средние значения в печеночной ткани (36,4–90,3 мг/кг) были незначительно выше, чем в подкожном жире – 36,8–77,8 (табл. 3).

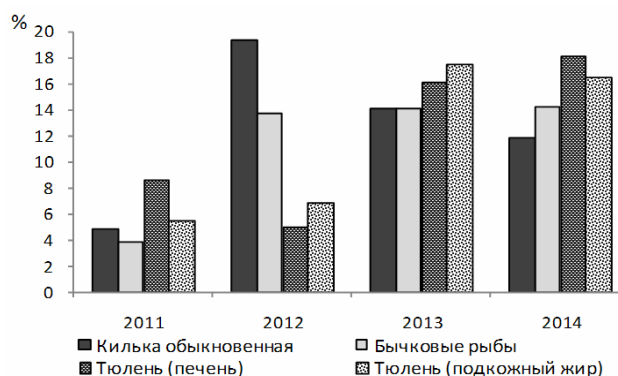
Таблица 3

Характеристики содержания углеводов в тканях каспийского тюленя

Год	Печеночная ткань		Подкожная жировая ткань	
	$C_{св}$, мг/кг	K_n , ед.	$C_{св}$, мг/кг	K_n , ед.
2011	90,3 ± 36,5	33,9–206,5	73,5 ± 34,5	47,8–141,2
2012	78,9 ± 61,1	121,9–1069,9	77,8 ± 33,1	149,1–622,9
2013	36,4 ± 10,1	78,0–144,1	36,8 ± 5,8	90,0–132,1
2014	51,4 ± 17,1	127,6–341,7	46,5 ± 13,9	136,7–307,5

Коэффициенты накопления углеводов изменялись в основном от нескольких десятков до нескольких сотен. Исключением являлся 2012 г., когда диапазон K_n сместился в более высокую область значений, особенно в печени (выше 10^3). Данная величина была характерна для печени 20-летнего самца массой 66 кг. В остальные годы наблюдения высший предел изменчивости K_n был характерен в основном для ювенильных самцов 2–3 года жизни массой 28–30 кг. В подкожном жире наибольшие накопления отмечались у самок (беременных и яловых) в возрасте 8–18 лет, имеющих слой жировой ткани толщиной 6–8 см.

Накопление ароматических соединений в организме гидробионтов. Содержание ароматических соединений (в общем составе углеводов) в межгодовом аспекте в организме кильки изменялось от 4,2 до 20,8 мг/кг, в организме бычковых рыб – от 1,3 до 8,3 мг/кг, в печени тюленя – от 2,7 до 9,7 мг/кг, в его подкожном жире – от 4,0 до 7,0 мг/кг. Доля ароматических соединений в общем количестве углеводов, как критерий загрязнения гидробионтов, стабильно превышала пороговый уровень. Максимальной величины (19,3 %) она достигала в организме кильки обыкновенной в 2012 г. (рис.).



Доля ароматических соединений в составе углеводов в организме и тканях каспийских гидробионтов

Бычковые рыбы отличались стабильно высокой долей ароматических соединений (13,7–14,1 %) в 2012–2014 гг. В тканях тюленя отмечено существенное увеличение ароматической составляющей в 2013–2014 гг., когда показатели в печени (16,2–18,2 %) и подкожном жире (17,6–16,5 %) были близкими по величине.

Заключение

Таким образом, в те годы наблюдений, когда углеводороды обнаруживались в чрезвычайно высоких концентрациях в водной толще, происходило увеличение их количества в организме рыб-планктонофагов (обыкновенная килька). Усиление загрязнения донных отложений, наблюдавшееся через год после отмеченной высокой степени загрязненности морских вод, привело к увеличению количества токсикантов в рыбах придонного биотопа (сем. *Gobiidae*). Рост аккумуляции углеводородов в организме бычков и ароматических углеводородов в организме кильки вызвал увеличение количества токсикантов в тканях тюленя вследствие передачи углеводородов по пищевой цепи. В последующие годы, несмотря на некоторое снижение показателей углеводородов в водной среде и организме рыб, высокий уровень накопления ароматических соединений в тканях морских животных сохранялся. Следовательно, поток нефтяного загрязнения в экосистеме Каспийского моря трансформировался в результате накопления, выведения и биологического переноса. При этом очевидна тесная связь между загрязнением водных биологических объектов и нефтяным загрязнением среды их обитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катунин Д. Н. Ожидаемые последствия добычи углеводородов в Северном Каспии для гидробионтов / Д. Н. Катунин, С. И. Седов, Э. Р. Казанкова, П. В. Люшвин, Е. Г. Лардыгина // Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений: материалы IV науч.-практ. междунар. конф. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2011. С. 113–120.
2. Черкашин С. А. Отдельные аспекты влияния углеводородов нефти на рыб и ракообразных / С. А. Черкашин // Вестн. Дальневост. отд-ния РАН. 2005. № 3. С. 83–91.
3. Гераскин П. П. Нефтяное загрязнение Каспийского моря как один из факторов негативного влияния на физиологическое состояние осетровых рыб / П. П. Гераскин, Г. Ф. Металлов, В. П. Аксенов, М. Л. Галактионова // Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2005. С. 54–60.
4. Карыгина Н. В. Нефтяное загрязнение и эпизоотическое состояние Среднего Каспия / Н. В. Карыгина, Е. В. Воронина // Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2013. С. 97–100.
5. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природной, питьевой и сточной воды флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02»: ПНД Ф 14.1:2.4.128-98. М., 2012. 18 с.
6. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02»: ПНД Ф 16.1:2.21-98. М., 2012. 14 с.
7. Методика 213/97. Определение содержания суммы углеводородов и ароматических углеводородов в жировой мышечной ткани, яичном желтке и молоке. М.: ГосНИИсинтезбелок, 1997. 4 с.
8. ГОСТ Р 52406-2005. Вода. Определение нефтепродуктов методом газовой хроматографии. Национальный стандарт Российской Федерации. М.: Изд-во стандартов, 2005. 27 с.
9. Карыгина Н. В. Нефтяное загрязнение морской среды Северного Каспия на современном этапе развития нефтегазового комплекса / Н. В. Карыгина // Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2013. С. 94–97.
10. Нормативы качества воды и водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. М.: ВНИРО, 2011. 257 с.
11. Карыгина Н. В. О содержании и генезисе углеводородов в Каспийском море / Н. В. Карыгина // Геология, география и глобальная энергия. 2014. № 4 (55). С. 43–51.
12. Шитиков В. К. Количественная гидроэкология; методы, критерии, решения: в 2 кн. / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. М.: Наука, 2005. Кн. 1. С. 163–164.
13. Диаров М. Д. Влияние деятельности нефтегазового комплекса на природную среду Северного Каспия / М. Д. Диаров // Вестн. Каспия. 2000. № 1. С. 114–121.

14. *Миронов О. Г.* Потоки нефтяных углеводородов через морские организмы / О. Г. Миронов // Морской экологический журнал. 2006. Т. 5, № 2. С. 5–14.
15. *Миронов О. Г.* Фоновые уровни ароматических углеводородов в черноморских гидробионтах / О. Г. Миронов, Т. Л. Щекатурина // Гидробиологический журнал. 1990. Т. 26, № 5. С. 52–55.
16. *Экологические* мониторинговые исследования на лицензионном участке «Северный» ООО «Лукойл-Нижневожскнефть» (1997–2006 гг.). Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2007. С. 379–385.
17. *Сокольский А. Ф.* Анализ биоразнообразия бычковых рыб как индикаторов антропогенного воздействия / А. Ф. Сокольский, Т. Г. Степанова // Биологические ресурсы окраинных и внутренних морей России и их рациональное использование: материалы Междунар. конф. (Ростов-на-Дону, 2–6 октября 2000 г.). Ростов н/Д, 2000. Т. 1, № 2–3. Ч. 2. С. 127–128.
18. *Кузнецов В. В.* Каспийский тюлень как биоиндикатор состояния запасов рыб в Каспийском море / В. В. Кузнецов // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов: материалы докл. 1 Всерос. конф. с междунар. участием. М.: Акварос, 2011. Т. 1. С. 436–443.

Статья поступила в редакцию 6.11.2015

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Карыгина Наталья Владимировна – Россия, 414056, Астрахань; Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства; старший научный сотрудник лаборатории водных проблем и токсикологии; kaspjy-info@mail.ru.

Попова Эльвира Сруровна – Россия, 414056, Астрахань; Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства; научный сотрудник лаборатории водных проблем и токсикологии; kaspjy-info@mail.ru.



N. V. Karygina, E. S. Popova

OIL POLLUTION OF THE ENVIRONMENT OF THE NORTHERN CASPIAN SEA (WATER, BOTTOM SEDIMENTS, HYDROBIONTS) IN THE MODERN PERIOD

Abstract. The paper considers the content of hydrocarbons in the Northern Caspian Sea in 2011–2014, which is characterized with high heterogeneity of indicators in marine waters and its uniformity in bottom sediments. The increase in the concentrations by the average values in waters was observed in 2011, in bottom sediments – in 2012. The genesis of hydrocarbons in the Western shallow and rather deep parts had an autochthonic character, in general, but at the border with the Middle Caspian Sea it has anthropogenic character. By the coefficient of the bottom accumulation the situation with the pollution of the aqueous medium was assessed as relatively satisfactory. In some seasons of the observations there were found the local areas, where ecological situation was rather bad. The accumulation of the hydrocarbons in hydrobionts had been studied by the example of determining the content of the total quantity of hydrocarbons and aromatic compounds in their composition in the body of an ordinary sprat (*Clupeonella cultriventris caspia*), goby fish species (*Gobiidae*) and seals (*Phoca caspica*). On the background of mainly biogenic hydrocarbons fishes had high molecular compounds with oil nature, not synthesized by the biota. The coefficient of the accumulation in the periods of observations, when water masses had been exposed to oil pollution, was higher in the organism of an ordinary sprat than in organism of goby fish. During the periods, when the pollution of bottom sediments increased (in 2012), the accumulation of hydrocarbons was intensified in goby fish as representatives of the benthic habitat. Judging by the habitat of these fishes and the season of observations with maximum coefficients of accumulation of hydrocarbons, it is possible to reveal the areas of the sea and time periods with the most susceptibility to the oil pollution. The indicators of the content of the hydrocarbons in the tissues of seal were the same as

in studied fishes. The portion of aromatic compounds in a total quantity of hydrocarbons for all hydrobionts steadily exceeded the threshold value. The results of the conducted studies confirmed the existence of an indissoluble connection between the pollution of the water environment and the pollution of the hydrobionts of different trophic levels.

Key words: hydrocarbons, marine waters, bottom sediments, content, accumulation, coefficient of the bottom accumulation, chromatogram, hydrobionts, aromatic compounds.

REFERENCES

1. Katunin D. N., Sedov S. I., Kazankova E. R., Liushvin P. V., Lardygina E. G. Ozhidaemye posledstviia dobychi uglevodorodov v Severnom Kaspii dlia gidrobiontov [Expected consequences of hydrocarbon extraction in the Northern Caspian for hydrobionts]. *Problemy sokhraneniia ekosistemy Kaspiia v usloviakh osvoeniia neftegazovykh mestorozhdenii. Materialy IV nauchno-prakticheskoi mezhdunarodnoi konferentsii*. Astrakhan, Izd-vo KaspNIRKh, 2011. P. 113–120.
2. Cherkashin S. A. Otdel'nye aspekty vliianiia uglevodorodov nefiti na ryb i rakoobraznykh [Separate aspects of influence of oil hydrocarbons on fish and crayfish]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniia Rossiiskoi akademii nauk*, 2005, no. 3, pp. 83–91.
3. Geraskin P. P., Metallov G. F., Aksenov V. P., Galaktionova M. L. Neftianoe zagriaznenie Kaspiiskogo moria kak odin iz faktorov negativnogo vliianiia na fiziologicheskoe sostoianie osetrovnykh ryb [Oil pollution of the Caspian Sea as one of the factors of negative influence on the physiological state of sturgeon]. *Problemy sokhraneniia ekosistemy Kaspiia v usloviakh osvoeniia neftegazovykh mestorozhdenii. Materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Astrakhan, Izd-vo KaspNIRKh, 2005. P. 54–60.
4. Karygina N. V., Voronina E. V. Neftianoe zagriaznenie i epizooticheskoe sostoianie Srednego Kaspiia [Oil pollution and epizootic state in the Middle Caspian]. *Problemy sokhraneniia ekosistemy Kaspiia v usloviakh osvoeniia neftegazovykh mestorozhdenii. Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Astrakhan, Izd-vo KaspNIRKh, 2013. P. 97–100.
5. *Kolichestvennyi khimicheskii analiz vod. Metodika vypolneniia izmerenii massovoi kontsentratsii nefteproduktov v probakh prirodnoi, pit'evoi i stochnoi vody fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti «Fluorat-02»: PND F 14.1:2:4.128-98* [Quantitative chemical analysis of waters. Methods of measuring the mass concentration of oil products in samples of natural, drinking and sewage waters using fluorimetric method on the analyzer of liquid "Fluorat-02": PND F 14.1:2:4.128-98]. Moscow, 2012. 18 p.
6. *Metodika vypolneniia izmerenii massovoi kontsentratsii nefteproduktov v probakh pochv i gruntov fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti «Fluorat-02»: PND F 16.1:2.21-98*. Moscow, 2012. 14 p.
7. *Metodika 213/97. Opredelenie soderzhaniia summy uglevodorodov i aromaticheskikh uglevodorodov v zhirovoi myshechnoi tkani, iaichnom zheltke i moloke* [Determination of the content of hydrocarbons and aroma hydrocarbons in fatty muscular tissue, egg yolk and milk]. Moscow, GosNIIsintezbelok, 1997. 4 p.
8. *GOST R 52406-2005. Voda. Opredelenie nefteproduktov metodom gazovoi khromatografii* [Water. Determination of oil products using gas chromatography]. Natsional'nyi standart Rossiiskoi Federatsii. Moscow, Izd-vo standartov, 2005. 27 p.
9. Karygina N. V. Neftianoe zagriaznenie morskoi sredy Severnogo Kaspiia na sovremennom etape razvitiia neftegazovogo kompleksa [Oil pollution of marine environment in the Northern Caspian at the present stage of development of oil and gas complex]. *Problemy sokhraneniia ekosistemy Kaspiia v usloviakh osvoeniia neftegazovykh mestorozhdenii. Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Astrakhan, Izd-vo KaspNIRKh, 2013. P. 94–97.
10. *Normativy kachestva vody i vodnykh ob"ektov rybokhoziaistvennogo znachenii, v tom chisle normativy predel'no dopustimykh kontsentratsii vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob"ektov rybokhoziaistvennogo znachenii* [Standards of quality of water and water bodies for fishing, including the standards of specific allowable concentrations of harmful substances in waters of water bodies for fishing]. Moscow, VNIRO, 2011. 257 p.
11. Karygina N. V. O soderzhanii i genezise uglevodorodov v Kaspiiskom more [On the content and genesis of hydrocarbons in the Caspian Sea]. *Geologiya, geografiia i global'naia energiya*, 2014, no. 4 (55), pp. 43–51.
12. Shitikov V. K., Rozenberg G. S., Zinchenko T. D. *Kolichestvennaia gidroekologiya; metody, kriterii, resheniia* [Qualitative hydroecology; methods, criteria, solutions]. Moscow, Nauka Publ., 2005. Kniga 1. P. 163–164.
13. Diarov M. D. Vliianie deiatel'nosti neftegazovogo kompleksa na prirodnuu sredu Severnogo Kaspiia [Influence of the activity of oil and gas complex on natural environment of the Northern Caspian]. *Vestnik Kaspiia*, 2000, no. 1, pp. 114–121.
14. Mironov O. G. Potoki neftiannykh uglevodorodov cherez morskiiye organizmy [Flows of oil hydrocarbons through sea organisms]. *Morskoi ekologicheskii zhurnal*, 2006, vol. 5, no. 2, pp. 5–14.
15. Mironov O. G., Shchekaturina T. L. Fonovye urovni aromaticheskikh uglevodorodov v chernomorskikh gidrobiontakh [Background levels of aroma hydrocarbons in the Black Sea hydrobionts]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 1990, vol. 26, no. 5, pp. 52–55.

16. *Ekologicheskie monitoringovye issledovaniia na litsenionnom uchastke «Severnyi» OOO «Lukoil-Nizhnevolzhskneft'» (1997–2006 gg.)* [Ecological monitoring studies on the licensed area "Severny" in Ltd "Lukoil-Nizhnevolzhskneft'"]. Astrakhan, Izd-vo KaspNIRKh, 2007. P. 379–385.

17. Sokol'skii A. F., Stepanova T. G. Analiz bioraznoobraziia bychkovykh ryb kak indikatorov antropogenogo vozdeistviia [Analysis of biodiversity of goby fish as indicators of anthropogenic impact]. *Biologicheskie resursy okrainnykh i vnutrennikh morei Rossii i ikh ratsional'noe ispol'zovanie. Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii (Rostov-na-Donu, 2000)*. Rostov-on-Don, 2000, vol. 1, no. 2–3, part. 2, pp. 127–128.

18. Kuznetsov V. V. Kaspiiskii tiulen' kak bioindikator sostoianiia zapasov ryb v Kaspiiskom more [Caspian seal as a bioindicator of state of fish stocks in the Caspian Sea]. *Sovremennoe sostoianie bioresursov vnutrennikh vodoemov. Materialy dokladov I Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Moscow, Akvaros Publ., 2011. Vol. 1, pp. 436–443.

The article submitted to the editors 6.11.2015

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Karygina Nataliya Vladimirovna – Russia, 414056, Astrakhan; Caspian Scientific Research Institute of Fishery; Senior Researcher of Laboratory of Water Problems and Toxicology; kaspivy-info@mail.ru.

Popova Elvira Srurovna – Russia, 414056, Astrakhan; Caspian Scientific Research Institute of Fishery; Researcher of Laboratory of Water Problems and Toxicology; kaspivy-info@mail.ru.

