

УДК 575.224.23:616-001.3

ЗАГРЯЗНЕНИЕ НЕФТЬЮ И СОПУТСТВУЮЩИМИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ, РАДИОНУКЛИДАМИ И НАКОПЛЕНИЕ В ОРГАНИЗМЕ ГИДРОБИОНТОВ КАЗАХСТАНСКОЙ ЗОНЫ КАСПИЯ

Бигалиев Айтхажа Бигалиевич¹,
aitkhazha@gmail.com

Кожаметова Айзада Нурахметовна¹,
ayzada.1983@mail.ru

¹ Казахский национальный университета имени аль-Фараби,
Казахстан, 050040, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71,

Актуальность. Состояние экологической системы Каспийского моря и прибрежной зоны характеризуется как неблагоприятное. В ближайшей перспективе возможно резкое увеличение экологической нагрузки не только на казахстанской части Прикаспийского региона, но и по всей акватории средней и северной части моря. Причиной является интенсивное освоение нефтегазовых месторождений на континентальном шельфе Каспия (Кашаган). В составе добываемой нефти содержатся полиароматические углеводороды, представляющие широкий класс загрязнителей – устойчивых в окружающей среде органических соединений. Общеизвестно, что токсичные и канцерогенные эффекты полиароматических углеводородов обусловлены образованием их метаболитов. Пирен, относящийся к полиароматическим углеводородам, содержится во всех исследуемых пробах нефти. Установлено, что одним из основных метаболитов пирена является чрезвычайно токсичный бенз(а)пирен, обладающий сильнейшей канцерогенной активностью, способствующей возникновению опухолей в живых организмах.

Целью настоящего исследования является определение в организме тест-объектов пирена и его метаболита (бенз(а)пирена), а также сопутствующих нефтяному загрязнению тяжелых металлов и радионуклидов как объективного метода для оценки канцерогенного риска.

Объекты. В качестве тест-объектов (биоиндикаторов) из природных популяций отобраны гидробионты (рыбы, моллюски и полихета (*Nereis diversicolor*) и наземные обитатели прибрежной зоны Каспия – дождевые черви (*Eisenia fetida*).

Методы: атомно-адсорбционная спектрометрия и радиологические методы исследования.

Результаты. Проведен анализ способности гидробионтов и наземных представителей аккумулировать нефтепродукты, сопутствующие тяжелые металлы и радионуклиды. Изучены основные особенности накопления загрязнителей в организме тест-объектов, представляющих разные экосистемы исследуемой зоны; определена суммарная радиоактивность образцов. Проведено сравнение содержания нефтепродуктов, радионуклидов в органах и тканях гидробионтов.

Ключевые слова:

Каспийское море, тест-объекты, биологические эффекты, радиация, загрязнители.

Введение

Сохранение экологической устойчивости Каспийского моря как уникального природного объекта приобретает на сегодня небывалую актуальность, поскольку биологические и углеводородные ресурсы данного закрытого водоема не имеют аналогов. Вопрос о международно-правовом статусе Каспия и о разделении нефтяных ресурсов между прикаспийскими странами решился в 2018 г. Тем не менее море остается общим экологически важным объектом региона. Загрязнение в одной из частей Каспия выльется в общую неразделимую экологическую проблему и в итоге может отразиться на личных перспективных планах развития каждой страны. Основным источником загрязнения моря являются нефтяные отходы. Это в первую очередь отражается на жизнедеятельности фитобентоса и фитопланктона, который обеспечивает теплогазовый обмен в морской воде. При этом распространение нефтяной пленки даже на незначительных площадях ведёт к гибели редких видов рыб и других водных организмов. Полиароматические углеводороды (ПАУ) как основной компонент нефтяного загрязнения представляют опасность в первую очередь как канцерогены, так как пирен, входящий в состав любой нефти, при поступлении в организмы в результате клеточного

метаболизма превращается в бенз(а)пирен, который является пусковым механизмом злокачественного перерождения клеток [1, 2]. В морской среде казахстанской зоны Каспия помимо углеводородов содержатся тяжелые, редкие и переходные металлы, радионуклиды как естественные (в рассеянной форме в осадочных породах), так и техногенные (привнесённые с речным стоком в виде компонентов промышленных отходов), являющиеся опасными загрязнителями. Металлы как мутагенные и канцерогенные факторы оружающей среды воздействуют на биоту и приводят к тяжелым биологическим, в том числе к отдаленным (генетическим), последствиям, несмотря на то, что как микроэлементы металлы имеют большое значение для жизнедеятельности рыб и других гидробионтов [3, 4]. По данным лабораторных исследований установлено, что наибольшие концентрации тяжелых и переходных металлов в воде Каспия приходятся на медь, алюминий, цинк и барий. Содержания меди и цинка в воде достигают 20 мкг/л (при ПДК 10 мкг/л), бария – 50 мкг/л (при ПДК 0,7 мкг/л). Экологические проблемы Каспия возникли в результате длительного экстенсивного развития экономики региона, а также актуальных социально-экономических проблем (кризисы, конфликты транснациональных корпораций и т. д.) [5–9].

Для оценки экологического состояния природной среды, подвергшейся техногенному загрязнению наряду с химическими и физическими, все чаще применяют биологические методы. При этом в качестве биотестов используются живые организмы. По ответной реакции организма, проявляющейся на молекулярном, клеточном, тканевом, организменном уровне, можно судить о потенциальной биологической опасности исследуемых факторов окружающей среды. Наиболее эффективными тест-объектами для получения достоверных результатов являются доминантные виды местной фауны, представляющие разные систематические группы и трофические уровни экосистемы. В наших исследованиях использованы широко распространенные в Каспийском море и р. Урал гидробионты и наземные обитатели. Их преимущество в том, что они широко распространены и отвечают всем требованиям биоиндикаторов среды обитания. Содержание сопутствующих с нефтью тяжелых металлов в организмах тест-объектов определяли методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии (ААС). Впервые использована разработанная нами методика приготовления образцов полихет для хроматографического анализа. После обработки образцов червей в полученный осадок добавляется необходимое количество пирена, растворенного в минимальном объеме ацетона и морской воды. Седимент перемешивается с пиреном на автоматической мешалке непрерывно в течение 5 часов. Затем после осаждения вода удаляется, и приготовленный образец выставляется в термостат при температуре 5 °С на одну неделю до использования в эксперименте. В данном случае объекты, такие как морские черви, выдерживаются пять дней. Далее образцы с червями отстаиваются в морской воде (минимум 4 часа до экстракции) для очистки их кишечника.

Пробы кишечной ткани взвешивают и переносят в тест-тубы. Для того чтобы частицы кишечной ткани осаждались, пробы в присутствии метанола гомогенизируются, обрабатываются ультразвуком (10 мин) и центрифугируются (3000 об/мин, 5 °С, 10 мин). Затем супернатант фильтруется и переносится в сосуды ВЭЖХ (Высоко Эффективная Жидкостная Хроматография) с флуоресцентными и УФ детекторами для

определения метаболитов пирена. Суммарную радиоактивность биообъектов определяли на дозиметре МКСАТ-6130 (2010 г.). На биосубстратах измеряли радиоактивность элементов: K^{40} , Th^{232} , Ra^{226} , Cs^{137} , и их количественное содержание с использованием спектрофотометра (комплексе «Прогресс Б-Г», 2015). Измерения активности проводили в пятикратной повторности (одно проба течение 30 минут).

Химические загрязнители

Нативная нефть. Для оценки накопления нефти в организме в качестве тест-объекта использовали морских червей (*Nereis diversicolor*). Результаты проведенных лабораторных токсико-генетических исследований природных тест-объектов позволяют корректировать используемые в природоохранных документах ПДК. Полученные результаты по содержанию бенз(а)пирена показаны в табл. 1.

Таблица 1. Содержание бенз(а)пирена в организме тест-объектов из прибрежной зоны Каспия

Table 1. Benzo(a)pyrene content in test-objects body from the coastal zone of the Caspian sea

Виды тест-объектов Species of test-objects	Содержание бенз(а)пирена, мкг/кг Benz(a)pyrene content, mcg/kg (ПДК, LtdC – 0,001)
<i>Sander volgensis</i>	0,232±0,02
<i>Sander lucioperca</i>	0,049±0,003
<i>Abramis brama</i>	0,026±0,002
<i>Unio pictorum</i>	0,013±0,002
<i>Dreissena polymorpha</i>	0,375±0,03
<i>Nereis diversicolor</i>	0,381±0,04
<i>Eisenia fetida</i>	0,566±0,04

Наземный представитель кольчатых *Eisenia fetida* (дождевой червь) был взят в качестве позитивного контроля из тех же биотопов прибрежной зоны Каспия. Во всех исследуемых организмах, как морских, так и наземных, содержание бенз(а)пирена больше установленного ПДК (0,001мкг/кг) и составляет от 0,013 до 0,566 мкг/кг.

Тяжелые металлы (ТМ). Проведено также исследование накопления ТМ в организмах взятых объектов. Полученные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание ТМ в органах и тканях в тест-объектах, мг/кг

Table 2. Content of heavy metals in organs and tissues in test-objects, mg/kg

Название вида/View name	Fe	Zn	Ni	Cd	Cu	Pb
<i>Sander volgensis</i>	30,183±1,2 ПДК 30 Ltd C 30	16,895±0,58 ПДК 40 Ltd C 40	0,573±0,02 ПДК 20 Ltd C 20	0,129±0,005 ПДК 0,2 Ltd C 0,2	1,399±0,05 ПДК 10,0 Ltd C 10,0	3,606±0,14 ПДК 1,0 Ltd C 1,0
<i>Sander lucioperca</i>	122,342±5,2 ПДК 30 Ltd C 30	4,918±0,21 ПДК 40 Ltd C 40	0,435±0,015 ПДК 20 Ltd C 20	0,087±0,002 ПДК 0,2 Ltd C 0,2	0,199±0,01 ПДК 10,0 Ltd C 10,0	1,875±0,065 ПДК 1,0 Ltd C 1,0
<i>Abramis brama</i>	114,688±4,9 ПДК 30 Ltd C 30	7,355±0,30 ПДК 40 Ltd C 40	1,973±0,06 ПДК 20 Ltd C 20	0 ПДК 0,2 Ltd C 0,2	1,506±0,063 ПДК 10,0 Ltd C 10,0	4,419±0,19 ПДК 1,0 Ltd C 1,0
<i>Unio pictorum</i>	192,622±7,3 ПДК не установлено Ltd C no estimated	15,554±0,53 ПДК 200 Ltd C 200	2,856±0,1 ПДК 200 Ltd C 200	0,115±0,005 ПДК 2,0 Ltd C 2,0	2,104±0,1 ПДК 30,0 Ltd C 30,0	0,832±0,035 ПДК 10,0 Ltd C 10,0
<i>Dreissena polymorpha</i>	312,36±15,1 ПДК не установлено Ltd C not estimated	39,996±1,7 ПДК 200 Ltd C 200	6,962±0,33 ПДК 200 Ltd C 200	0,064±0,003 ПДК 2,0 Ltd C 2,0	1,578±0,065 ПДК 30,0 Ltd C 30,0	1,248±0,055 ПДК 10,0 Ltd C 10,0
<i>Nereis diversicolor</i>	135,356±5,4 ПДК не установлено Ltd C not estimated	11,11±0,43 ПДК 200 Ltd C 200	2,892±0,11 ПДК 200 Ltd C 200	0,128±0,005 ПДК 2,0 Ltd C 2,0	3,945±0,17 ПДК 30,0 Ltd C 30,0	0,416±0,016 ПДК 10,0 Ltd C 10,0

Среди рассмотренных ТМ наибольшей аккумулятивной способностью обладают железо (в среднем 151,258 мг/кг для всех тест-объектов) и цинк (16,0 мг/кг). Следует отметить, что по степени токсичности железо не представляет столь высокой опасности как для гидробионтов, так и для человека, в сравнении с кадмием, медью или свинцом. Общеизвестно, что в организме животных железо входит в состав множества ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях, главным образом в процессе дыхания. Тем не менее повышенное содержание железа оказывает общетоксическое действие, разрушая антиоксидантную систему организма. Источником железа и других тяжелых металлов яв-

ляются пластовые воды, поступающие в Каспий в процессе добычи, транспортировки и переработки нефти. Высокое содержание железа отмечается в бентосных организмах и в организме рыб, что объясняется быстрым переходом растворенных ионных форм Fe^{2+} в Fe^{3+} , выпадающих в осадок в виде различных оксидов и гидроксидов, а также в виде органоминеральных комплексов.

Радиационное загрязнение. Превышение фонового уровня β -излучения у представителей кольчатых червей *Nereis diversicolor* и *Eisenia fetida* (табл. 3) выявлено в результате определения общего уровня суммарной радиоактивности.

Таблица 3. Суммарный уровень β -излучения тест-объектов

Table 3. Summary level of β -irradiation in test-objects

Название пробы Sample title	β -излучение, 1/мин*см ² β -radiation, 1/min*cm ²	Название пробы Sample title	β -излучение, 1/мин*см ² β -radiation, 1/min*cm ²	Название пробы Sample title	β -излучение, 1/мин*см ² β -radiation, 1/min*cm ²
Ткань жабер леща Tissue of bream gills	0,83±0,003	Ткань жабер судака Tissue of zander gills	1,05±0,006	Ткань мышц nereis Tissues of <i>Nereis diversicolor</i>	6,24±0,021
Ткань мышц леща Tissue of bream muscles	0,88±0,003	Ткань мышц судака Tissue of zander muscles	1,41±0,007	Ткань мышц дождевого червя Tissues of <i>Eisenia fetida</i>	8,81±0,021
Ткань жабер берша Tissue of bersh gills	1,42±0,007	Ткань мышц перловицы Tissue of pearl bar muscles	0,86±0,004	–	–
Ткань мышц берша Tissue of bersh muscle	1,42±0,007	Ткань мышц дрейсен Tissue of dreisena muscle	0,86±0,003	–	–

В жаберных мышцах лещей и судаков наблюдается более высокий уровень активности радионуклидов, чем в мышцах их тела, в то время как в тканях рыбы берш обнаружены одинаковые показатели радиоактивности. Полученные результаты по активности радионуклидов в органах разных видов

гидробионтов коррелируют с данными по содержанию γ -излучающих радионуклидов в объектах и свидетельствуют о различной тканевой радиочувствительности тест-объектов. По этим показателям результаты всех измерений выше или близки к ПДК, за исключением Cs^{137} (табл. 4).

Таблица 4. Активность γ -излучающих радионуклидов в тест-объектах

Table 4. Activity of γ -irradiated radionuclides in test-objects

Название пробы Sample title	Активность радионуклидов, Бк/кг/Activity of radionuclides, Bq/kg			
	Cs^{137}	Ra^{226}	Th^{232}	K^{40}
Лещ (<i>Abramis brama</i>) Bream	64,5±0,5	155±0,4	119±0,5	1296±12,3
Судак (<i>Sander lucioperca</i>) Zander	63±0,4	123±0,4	70±0,4	1124±12,4
Берш (<i>Sander volgensis</i>) Bersh	65±0,4	164±0,5	124±0,4	1300±11,9
Перловица (<i>Unio pictorum</i>) Pearl bar	109±0,5	31±0,3	43±0,4	625±9,9
Дрейсена (<i>Dreissena polymorpha</i>) Dreisen	76±0,3	32±0,5	45±0,4	624±9,8
Нереис (<i>Nereis diversicolor</i>) Nereis	111±0,5	100±0,3	100±0,3	850±9,8
Дождевые черви (<i>Eisenia fetida</i>) Earthworms	125±0,4	185±0,6	169±0,5	1332±12,5
Допустимая доза Ltd activity dose	370	32	45	700

Из данных табл. 4 видно, что активность Cs^{137} в тест-объектах существенно ниже допустимых уровней, K^{40} меньше в моллюсках, чем в остальных организмах, Ra^{226} и Th^{232} в пределах нормы в тканях перловицы и дрейсен. Из всех исследуемых видов рыб в организме судака (*Sander volgensis*) отмечается

наименьший уровень активности радионуклидов, несмотря на то, что он активный хищник. Обнаруженные низкие концентрации радиоактивности элементов в органах и тканях исследованных тест-объектов, по-видимому, связаны с особенностями метаболизма и выведения радионуклидов из организма. Таким об-

разом, полученные результаты позволяют судить о специфике видовой радиочувствительности использованных тест-объектов.

Обсуждение результатов

Преимущество методов с использованием природных популяций (*in situ*) для оценки экологического состояния экосистемы в отличие от лабораторных испытаний в том, что они ориентированы на изучение сообществ организмов в естественных условиях. Это дает возможность проводить оценку по целому комплексу биотических показателей. Как следует из наших исследований, среди беспозвоночных активность радионуклидов (по цезию) значительно выше у видов более тесно контактирующих с почво-грунтом. К ним относятся представители бентоса – морской червь (*Nereis diversicolor*) и наземный – дождевой червь *Eisenia fetida*, жизнедеятельность которых связана с накоплением радионуклидов в донных отложениях (бентосе) и в почве прибрежной зоны, откуда они попадают в тест-объекты через трофические цепи питания. Другой путь – миграция радионуклидов из горных и осадочных пород. Из данных литературы [10–13] следует, что элементы Ra^{226} , Th^{232} сопутствует загрязнению окружающей среды в зоне добывающей промышленности. Поэтому многие исследователи рекомендуют интегральный подход для оценки загрязнения природной среды. Данные наших исследований (табл. 3, 4) свидетельствуют о неблагоприятной радиационной обстановке в акватории казахстанской зоны Каспия. Реальную опасность представляют для человека поступление радионуклидов в продукты питания населения области по трофическим цепям: почва–растения–животные. Однако лабораторные методы биотестирования имеют свои недостатки, а именно, результаты эксперимента не могут быть экстраполированы на весь биоценоз для оценки его состояния. В свою очередь результаты молекулярно-генетического и цитогенетического анализа (хромосомный и микроядерный) с использованием доминантных видов из природных популяций служат основанием для рекомендации в качестве доказательного метода оценки реальной опасности влияния загрязнителей на окружающую среду и биоту [14–16]. Это позволяет проводить интегральную оценку эффекта антропогенных факторов и ранжирование отдельных районов по степени экологического неблагополучия. Исследование последствий загрязнения добывающей промышленности для природных популяций является необходимым условием для оценки отдаленных (генетических) эффектов нефтепродуктов, ионизирующих излучений и тяжелых металлов на природные сообщества. Следует отметить, что в цитогенетических исследованиях по тестированию на мутагенность химических, физических и биологических агентов используют различные тест-системы, среди которых высокую чувствительность показывает микроядерный тест. По данным литературы использование микроядерного теста у рыб из водоемов зоны исследования установлена индукция опухолей у рыб

в результате перерождения нормальных клеток в злокачественные. Сравнение полученных результатов находит свое подтверждение в работах отечественных исследователей. Так, имеются данные об использовании окуня и плотвы в качестве биоиндикаторов открытых водоемов, расположенных вблизи уранодобывающих регионов Северного Казахстана [17–26]. Гидробионты Каспийского моря (моллюски) реагируют на наличие тяжелых металлов синтезом особых белков – металлотионинов. Данная группа белков связывается с тяжелыми металлами и способствует их нейтрализации. Опираясь на эти сведения, можно полагать, что изменение уровня белков – металлотионинов в тканях *Dreissena polymorpha* – это механизм защиты организма от токсического действия Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} и Cd^{2+} [27, 28]. Дождевые черви также могут быть рекомендованы в качестве биоиндикатора для оценки эффекта радиационного загрязнения. Кроме того, поведение радионуклидов в звене «почва–дождевые черви» позволяет проследить их дальнейшую миграцию в трофических цепях зооценозов. Однако черви не всегда могут быть биоиндикатором радиоактивного загрязнения, так как их численность сильно варьирует в зависимости от типа почв.

Таким образом, определение аккумуляции загрязнителей в организме тест-объектов и их метаболитов как специфических ксенобиотиков в зоне исследования является актуальной проблемой. По данным многих исследований общепринято считать, что ПАУ и другие поллютанты обладают токсическими и канцерогенными эффектами, например, основное соединение ПАУ – пирен, служит главным критерием оценки экологического риска полиароматических углеводородов для биоты и человека [29, 30].

Выводы

1. Показано накопление метаболита пирена в организме *Nereis diversicolor* (полихета – морской червь), мышечной ткани исследованных гидробионтов (рыб, полихет и моллюсков). Причем наибольшее содержание бенз(а)пирена отмечается в тканях рыбы *S. volgensis* (берш) – в мышцах и печени, в мягких тканях вида *Dreissena polymorpha* (моллюск). Тем самым наличие бенз(а)пирена в тканях исследованных гидробионтов свидетельствует о способности его накопления в организме тест-объектов.
2. Выявлено высокое содержание сопутствующих нефти тяжелых металлов (железо, свинец) в тест-объектах и радионуклидов (радий, торий и калий-40). Сопутствующие нефти тяжелые металлы, вероятно, оказывают модифицирующее влияние на трансформацию пирена как канцерогенного фактора в органах и тканях организмов.
3. Полученные данные свидетельствуют о наличии специфической видовой и тканевой чувствительности изученных видов тест-объектов к действию нефти, сопутствующих тяжелых металлов и радионуклидов, их потенциальной канцерогенной и мутагенной опасности для биоты и человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ecological assessment of oil-gas producing area in Kazakhstan zone of Caspian sea and using bioremediation technology for cleaning of high level oil polluted sites / A.A. Bigaliev, N.E. Ishanova, A.B. Bigaliev, Z.M. Bijasheva // International journal «Colloid and Surface». – 2008. – Special issue. – P. 57–63.
2. Экологические проблемы Каспия как энергетического и жизненного источника: рациональный менеджмент и сохранение устойчивости экосистем региона / А.К. Шаметов, А.Н. Кожамметова, А.Б. Бигалиев, Р.К. Бигалиева, А.А. Кулумбетов, Е.Т. Жанбуршин // Проблемы и перспективы индустриально-инновационного развития в евразийском экономическом союзе (ЕАЭС): Материалы международной научно-практической конференции. – Караганды, 2014. – С. 32–36.
3. Qaribov A.A., Suleymanov B.A., Mikayilova A.C. Determination of natural radionuclides in drinking and agricultural water // Chemistry Problems. – 2012. – № 3. – P. 96–99.
4. Bigaliev A.B., Bigaliev A.A. Radiation genetic and ecology problem's in Kazakhstan at the environment polluted condition // Medical journal. – 2007. – № 7. – P. 11–16.
5. Карыгина Н.В., Попова О.В. Средние характерные концентрации токсикантов в донных отложениях дельты волги и Северного Каспия // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2017. – № 4. – С. 29–36.
6. Abbasi A., Mirekhtari F. Risk assessment of Radium-226 in drinking water samples // International Journal of Radiation Research. – 2019. – № 17 (1). – P. 163–169.
7. Estimation of natural radioactive and heavy metals concentration in underground water / F.A. Alseroury, T. Almeelbi, A. Khan, M.A. Barakata, J.H. Al-Zahrani, W. Alali // Journal of Radiation Research and Applied Sciences. – 2018. – № 11. – P. 373–378.
8. Activity concentrations of ²²⁶Ra, ²²⁸Ra, ²²²Rn and their health impact in the groundwater of Jordan / A.H. Alomari, M.A. Saleh, S. Hashim, A. Alsayaheen, I. Abdeldin // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2019. – № 322. – P. 305–318.
9. El-Taher A., Alshahri F., Elsamani R. Environmental impacts of heavy metals, rare earth elements and natural radionuclides in marine sediment from Ras Tanura, Saudi Arabia along the Arabian Gulf // Applied Radiation and Isotopes. – 2018. – № 132. – P. 95–104.
10. ГОСТ РФ 58556-2019 Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций. – М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.
11. Краснов Е.В., Романчук А.Ю. Новые возможности биоиндикации и мониторинга морских экосистем // Биология моря. – 2017. – Т. 43. – № 2. – С. 148–149.
12. Biological and genetical consequences of radiation effects / A.K. Shametov, R.K. Bigaliev, E.T. Zhamburshin, B.E. Shymshikov, A.C. Kulumbetov, Z.K. Idrisova, A.B. Bigaliev // International Journal of Biology and Chemistry. – 2014. – V. 7. – № 2. – P. 46–48.
13. Исследование генетических эффектов радиационно-загрязненных территорий на биоту / А. Бигалиев, Б. Бекманов, Б. Шимшиков, А. Кожамметова, Л. Адилова // Вестник КазНУ, Серия экологическая. – 2019. – № 3 (60). – С. 63–73.
14. Практические рекомендации по обеспечению качества и надежности цитогенетических исследований / Т.В. Кузнецова, Н.В. Шилова, М.Г. Творогова, Т.В. Харченко, И.Н. Лебедев, В.Г. Антоненко // Медицинская генетика. – 2019. – Т. 18. – № 5 (203). – С. 3–27.
15. Schmid W. The micronucleus test // Mutation Research. – 1975. – V. 31. – № 1. – P. 9–15.
16. Fenech M. The cytokinesis block micronucleus technique: A detailed description of the method and its application to genotoxicity studies in human populations // Mutation Research. – 1993. – № 285. – P. 35–44.
17. Радиационная обстановка рабочих мест и территории нефтегазодобывающего предприятия / М.М. Бахтин, П.К. Казымбет, Е.Т. Кашкинбаев, М.К., Шарипов А. Ибраева // Семипалатинский испытательный полигон: наследие и перспективы развития научно-технического потенциала: Материалы VIII Международной конференции. – Курчатов: Национальный ядерный центр Республики Казахстан, 2018. – С. 41–42.
18. Al-Sabti K., Metcalfe C. Fish micronuclei for assessing genotoxicity in water // Mutation research. – 1995. – V. 343. – № 2. – P. 121–135.
19. Minissi S., Cicotti E., Rizzoni M. Micronucleus test in erythrocytes of *Barbus plebejus* (Teleost pisces) from two natural environment: a bioassay for the in situ detection of mutagens in freshwater // Mutation research, Environment mutagenesis and Related Subjects. – 1996. – V. 367. – № 3. – P. 245–251.
20. Заика К.А., Барапова М.Н., Мирошниченко А.А. Рыбы как биоиндикаторы для оценки качества водной среды // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: Материалы 7-й международной научно-технической конференции. – Омск: ОмГТУ, 2017. – С. 63–64.
21. Pempkowiak J., Szefer P. The concentration and sources of heavy metals in some sea species // Materials of the International Conference «Ecobaltica-91». – Kaliningrad, 1991. – P. 121–122.
22. Molecular cytogenetics guides massively parallel sequencing of a radiation-induced chromosome translocation in human cells / M.N. Cornforth, P. Anur, N. Wang, E. Robinson, F.A. Ray, J.S. Bedford, B.D. Loucas, E.S. Williams, M. Peto, P. Spellman, R. Kolipara, R. Kittler, J.W. Gray, S.M. Bailey // Radiation Research. – 2018. – V. 190. – № 1. – P. 88–97.
23. Бахтин М.М., Казымбет П.П. Оценка онтогенетической изменчивости популяции хирономид открытых водоемов вблизи уранодобывающих предприятий Акмолинской области // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2006. – № 2. – С. 45–50.
24. Heavy metal contamination of river Yamuna, Haryana, India: assessment by metal enrichment factor of the sediments / A. Kaushik, A. Kansal, S. Kumari, C.P. Kaushik // Journal of Hazardous Materials. – 2009. – V. 164. – № 1. – P. 265–270.
25. Кожамметова А.Н., Бигалиев А.Б., Шаметов А.К. Биондикационное исследование аккумуляции нефтепроизводных, тяжелых металлов в организме гидробионтов казахстанской зоны Каспия // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 (часть 1). – С. 58–62.
26. Данилин И.А., Павловская В.В., Залуцкая Е.А. Анализ содержания металлотионеинов у двусторчатых моллюсков разных видов, обитающих в водоемах с различной степенью антропогенной нагрузки // Вестник РУДН. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2006. – № 1 (13). – С. 16–19.
27. Залуцкая Е.А., Павловская В.В., Данилин И.А. Содержание тяжелых металлов в ткани *Dreissena polymorpha* // Technology Science Works in the Western Lithuania: Материалы докладов V Международной конференции. – Литва, Клайпеда, 2006. – С. 226–227.
28. Махутова О.Н., Пряничникова Е.Г., Лебедева И.М. Сравнение спектров питания дрейссены *Dreissena polymorpha* и *Dreissena bugensis* по биохимическим маркерам // Сибирский экологический журнал. – 2012. – № 4. – С. 619–631.
29. Манык Ф.М., Бечин А.А. Полициклические ароматические углеводороды в химическом канцерогенезе // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. – 2017. – Т. 2. – № 1 (37). – С. 109–111.
30. Шайдуллина Ж.М. Накопление углеводов в органах и тканях уральского леща // Вестник науки КазАТУ им. С. Сейфуллина. – 2011. – № 2 (69). – С. 64–68.

Поступила 03.09.2020 г.

Информация об авторах

Бигалиев А.Б., доктор биологических наук, профессор кафедры молекулярной биологии и генетики Казахского национального университета им. аль-Фараби.

Кожамметова А.Н., магистр биологии, старший преподаватель кафедры биофизики и биомедицины Казахского национального университета имени аль-Фараби.

UDC 575.224.23:616-001.3

OIL POLLUTION AND ASSOCIATED HEAVY METALS, RADIONUCLIDES IN THE BODY OF HYDROBIONTS OF THE KAZAKHSTAN ZONE OF THE CASPIAN SEA

Aitkhazha B. Bigaliev¹,
aitkhazha@gmail.com

Aizada N. Kozhakhmetova¹,
ayzada.1983@mail.ru

¹ Al-Farabi Kazakh National University,
71, al-Farabi avenue, Almaty, 050040, Kazakhstan.

The relevance of the research is caused by the extremely unfavorable state of ecological system of the Caspian sea and the coastal zone. In the nearest future, intensive development of oil and gas fields on the continental shelf of the Caspian sea (Kashagan) may dramatically increase the environmental burden not only on the Kazakh part of the Caspian region, but also on the entire water area of the middle and northern part of the Caspian sea. Oil as a pollutant contains polyaromatic hydrocarbons, which represent a wide class of environmentally stable organic compounds. It is generally accepted that the toxic and carcinogenic effects of polyaromatic hydrocarbons are caused by their metabolites. Pyrene is the main component of oil and the studied oil samples always contain it.

The main aim of this study is to determine polyaromatic hydrocarbons in oil and metabolite (benz(a)pyrene), as well as associated heavy metals and radionuclides in the body of test objects as a sufficiently objective method for assessing environmental risk.

Objects. The aquatic (piscines, mollusks, polyhetas) and terrestrial inhabitants (earthworm) of the coastal zone of the Caspian sea were selected from natural populations as test-objects (bio-indicators).

Methods: atomic adsorption spectrometry and radiological methods of research.

Results. The authors have analyzed the ability of hydrobionts and ground representatives capable of accumulating petroleum products, included heavy metals and radionuclides and studied the main features of accumulation of pollutants in the body of test-objects representing different ecology systems of the studied zone, determined the level of total radioactivity. The paper compares the studied species of hydrobionts, the content of petroleum products, heavy metals and radionuclides in organs and tissues.

Key words:

Caspian sea, test-objects, biological effect, radiation, pollutants.

REFERENCES

- Bigaliev A.A., Ishanova N.E., Bigaliev A.B., Bijasheva Z.M. Ecological assessment of oil-gas producing area in Kazakhstan zone of Caspian sea and using bioremediation technology for cleaning of high level oil polluted sites. *International journal «Colloid and Surface»*, 2008, Special issue, pp. 57–63.
- Shametov A.K., Kozhahmetova A.N., Bigaliev A.B., Bigaliev R.K., Kulumbetov A.A., Zhanburshin E.T. Ekologicheskie problemy Kaspiya kak energeticheskogo i zhiznennogo istochnika: ratsionalny menedzhement i sokhraneniye ustoychivosti ekosistem regiona [Ecological problems of the Caspian as an energy and life source: rational management and preservation of the sustainability of the region's ecosystems]. *Problemy i perspektivy industrialno-innovatsionnogo razvitiya v evraziyskom ekonomicheskom soyuze (EAES). Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Problems and prospects of industrial and innovative development in the Eurasian Economic Union (EAEU). Materials of the international scientific and practical conference]. Karagandy, 2014. pp. 32–36.
- Qaribov A.A., Suleymanov B.A., Mikayilova A.C. Determination of natural radionuclides in drinking and agricultural water. *Chemistry Problems*, 2012, no. 3, pp. 96–99.
- Bigaliev A.B., Bigaliev A.A. Radiation genetic and ecology problem's in Kazakhstan at the environment polluted condition. *Medical journal*, 2007, no. 7, pp. 11–16.
- Karygina N.V., Popova O.V. Srednie kharakternye kontsentratsii toksikantov v donnykh otlozheniyakh delty Volgi i Severnogo Kaspiya [Average characteristic concentrations of toxicants in the bottom sediments of the Volga delta and the North Caspian]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khozyaystvo*, 2017, no. 4, pp. 29–36.
- Abbasi A., Mirekhtari F. Risk assessment of Radium-226 in drinking water samples. *International Journal of Radiation Research*, 2019, no. 17 (1), pp. 163–169.
- Alseroury F.A., Almeelbi T., Khan A., Barakata M.A., Al-Zahrani J.H., Alali W. Estimation of natural radioactive and heavy metals concentration in underground water. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 2018, no. 11, pp. 373–378.
- Alomari A.H., Saleh M.A., Hashim S., Alsayaheen A., Abdeldin I. Activity concentrations of ²²⁶Ra, ²²⁸Ra, ²²²Rn and their health impact in the groundwater of Jordan. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2019, no. 322, pp. 305–318.
- El-Taher A., Alshahri F., Elsaman R. Environmental impacts of heavy metals, rare earth elements and natural radionuclides in marine sediment from Ras Tanura, Saudi Arabia along the Arabian Gulf. *Applied radiology and isotopes*, 2018, no. 132, pp. 95–104.
- GOST RF 58556-2019 Otsenka kachestva vody vodnykh obektov s ekologicheskikh pozitsiy [State Standard 58556-2019. Assessment of water quality of water bodies from an environmental perspective]. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 16 p.
- Krasnov E.V., Romanchuk A.Yu. Novye vozmozhnosti bioindikatsii i monitoringa morskikh ekosistem [New opportunities for bioindication and monitoring of marine ecosystems]. *Biologiya moray*, 2017, vol. 43, no. 2, pp. 148–149.
- Shametov A.K., Bigaliev R.K., Zhanburshin E.T., Shymshikov B.E., Kulumbetov A.C., Idrisova Z.K., Bigaliev A.B. Biological and genetical consequences of radiation effects. *International Journal of Biology and Chemistry*, 2014, vol. 7, no. 2, pp. 46–48.
- Bigaliev A., Bekmanov B., Shimshikov B., Kozhahmetova A., Adilova L. Study of the genetic effects of radiation-contaminated areas on biota. *KazNU Bulletin, Environmental Series*, 2019, no. 3 (60), pp. 63–73. In Rus.
- Kuznecova T.V., Shilova N.V., Tvorogova M.G., Kharchenko T.V., Lebedev I.N., Antonenko V.G. Practical recommendations for ensuring the quality and reliability of cytogenetic studies. *Medical genetics*, 2019, vol. 18, no. 5 (203), pp. 3–27. In Rus.
- Schmid W. The micronucleus test. *Mutation Research*, 1975, vol. 31, no. 1, pp. 9–15.
- Fenech M. The cytokinesis block micronucleus technique: a detailed description of the method and its application to genotoxicity studies in human populations. *Mutation Research*, 1993, no. 285, pp. 35–44.

17. Bakhtin M.M., Kazymbet P.K., Kashkinbaev E.T., Sharipov M.K., Ibraeva A. Radiatsionnaya obstanovka rabochikh mest i territorii neftegazodobyvayushchego predpriyatiya [Radiation situation of workplaces and territory of an oil and gas producing enterprise]. *Semipalatinskii ispytatelnyy poligon: nasledie i perspektivy razvitiya nauchno-tekhnicheskogo potentsiala. Materialy VIII Mezhdunarodnoy konferentsii* [Semipalatinsk test site: heritage and prospects for the development of scientific and technological potential. Materials of the VIII International Conference]. Kurchatov, National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, 2018. pp. 41–42.
18. Al-Sabti K., Metcalfe C. Fish micronuclei for assessing genotoxicity in water. *Mutation research*, 1995, vol. 343, no. 2, pp. 121–135.
19. Minissi S., Cicotti E., Rizzoni M. Micronucleus test in erythrocytes of Barbus plebejus (Teleost pisces) from two natural environment: A bioassay for the in situ detection of mutagens in freshwater. *Mutation research, Environment mutagenesis and Related Subjects*, 1996, vol. 367, no. 3, pp. 245–251.
20. Zaika K.A., Vagapova M.N., Miroshnichenko A.A. Ryby kak bioindikatory dlya otsenki kachestva vodnoy sredy [Fish as bio-indicators for assessing the quality of the aquatic environment]. *Tekhnika i tekhnologiya neftekhimicheskogo i neftegazovogo proizvodstva. Materialy 7 mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Technique and technology of petrochemical and oil and gas production. Materials of the 7th international scientific and technical conference]. Omsk, OmGTU Publ., 2017. pp. 63–64.
21. Pempkowiak J., Szefer P. The concentration and sources of heavy metals in some sea species. *Materials of the International Conference «Ecobaltica-91»*. Kaliningrad, 1991. pp. 121–122.
22. Cornforth M.N., Anur P., Wang N., Robinson E., Ray F.A., Bedford J.S., Loucas B.D., Williams E.S., Peto M., Spellman P., Kollipara R., Kittler R., Gray J.W., Bailey S.M. Molecular cytogenetics guides massively parallel sequencing of a radiation-induced chromosome translocation in human cells. *Radiation Research*, 2018, vol. 190, no. 1, pp. 88–97.
23. Bakhtin M.M., Kazymbet P.P. Otsenka ontogeneticheskoy izmenchivosti populatsii khironomid otkrytykh vodoemov vblizi uranodobyvayushchikh predpriyatiy Akmolinskoy oblasti [Assessment of ontogenetic variability of the chironomid population of open water bodies near uranium mining enterprises of Akmolinsk region]. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost*, 2006, no. 2, pp. 45–50.
24. Kaushik A., Kansal A., Kumari S., Kaushik C.P. Heavy metal contamination of river Yamuna, Haryana, India: assessment by metal enrichment factor of the sediments. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, vol. 164, no. 1, pp. 265–270.
25. Kozhahmetova A.N., Bigaliev A.B., Shametov A.K. Biondication study of the accumulation of oil derivatives, heavy metals in the body of aquatic organisms in the Kazakhstan zone of the Caspian. *Basic research*, 2015, no. 2 (part 1), pp. 58–62. In Rus.
26. Danilin I.A., Pavlovskaya V.V., Zaluckaya E.A. Analysis of the content of metallothioneins in bivalve molluscs of different species living in water bodies with different degrees of anthropogenic load. *Bulletin of the Russian University Friendship of Peoples, series Ecology and life safety*, 2006, no. 1 (13), pp. 16–19. In Rus.
27. Zaluckaya E.A., Pavlovskaya V.V., Danilin I.A. Soderzhanie tyazhelykh metallov v tkani Dreissena polymorpha [Heavy metal content in Dreissena polymorpha fabric]. *Materialy dokladov V Mezhdunarodnoy konferentsii* [Proceedings of the V International Conference. Technology Science Works in the Western Lithuania]. Litva, Klaypeda Publ., 2006. pp. 226–227.
28. Makhutova O.N., Pryanichnikova E.G., Lebedeva I.M. Comparison of the nutritional spectra of Dreissena polymorpha and Dreissena bugensis by biochemical markers. *Siberian Journal of Ecology*, 2012, no. 4, pp. 619–631. In Rus.
29. Manyk F.M., Bechin A.A. Politsiklicheskie aromatische uglevodorody v khimicheskoy kantserogeneze [Polycyclic aromatic hydrocarbons in chemical carcinogenesis]. *Byulleten Severnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2017, vol. 2, no. 1 (37), pp. 109–111.
30. Shaydullina Zh.M. Nakopleniye uglevodorodov v organakh i tkanyakh uralskogo leshcha [Accumulation of hydrocarbons in the organs and tissues of the Ural bream]. *Vestnik nauki KazATU im. S. Seyfullina*, 2011, no. 2 (69), pp. 64–68.

Received: 3 September 2020.

Information about the authors

Aitkhazha B. Bigaliev, Dr. Sc., professor, al-Farabi Kazakh National University.

Aizada N. Kozhakhmetova, master of biology, al-Farabi Kazakh National University.