

УДК 575.224:574.2 (574)

¹А.Н. Кожакметова*, ¹Б.Е. Шимшиков, ²А.К. Шаметов,
¹А.Д. Сербаева, ¹А.Б. Бигалиев

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²Казахский государственный женский педагогический университет, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: ayzada.1983@mail.ru

Исследование уровня антропогенной нагрузки (нефтепроизводные, тяжелые металлы) на биоту казахстанской части зоны Каспия

Определение аккумуляции компонентов нефтяного загрязнения и их метаболитов, как специфических ксенобиотиков образующиеся в зоне добычи, переработки и транспортировки нефти является чрезвычайно актуальной экологической проблемой как в целом, так и для казахстанского шельфа Каспийского моря. Негативное влияние факторов среды, в том числе загрязнителей на организмы в первую очередь, это влияние на их наследственный аппарат, проявляющиеся в виде хромосомных аномалий, которые легко улавливаются методами цитогенетического анализа. По наличию хромосомных мутаций в клетках можно судить о наличии в среде мутагенных факторов.

Ключевые слова: мутация, хромосома, нефть, нефтепроизводные, тяжелые металлы, гены, геном, ДНК, белок, полиморфизм.

А.Н. Кожакметова, Б.Е. Шимшиков, А.К. Шаметов, А.Д. Сербаева, А.Б. Бигалиев
**Каспий зонасының қазақстандық бөлігінің биотасына антропогендік әсердің
(мұнай өнімдері, ауыр металдар) деңгейін зерттеу**

Мұнайды өндіру, өңдеу және тасымалдау аумағында түзілетін ксенобиотиктер ретіндегі мұнай және олардың метаболиттерімен ластанған компоненттердің аккумуляциясын анықтау өзекті экологиялық мәселе болып табылады. Орта факторлары мен ластушылардың организмге кері әсерін алдымен тұқым қуалау аппараттарының өзгерістерінен көруге болады. Бұл өзгерістер цитогенетикалық талдау әдісімен анықталатын хромосомалық бұзылыстар түрінде байқалады. Клеткада хромосомалық мутацияның болуы ортада мутагендік факторлардың бар екенін көрсетеді.

Түйін сөздер: мутация, хромосома, мұнай, мұнай өнімдері, ауыр металдар, гендер, геном, ДНК, ақуыз, полиморфизм.

A.N. Kozhakhmetova, B.E. Shimshikov, A.K. Shametov, A.D. Serbaeva, A.B. Bigaliev
**Research of level of anthropogenous loading (oil products, heavy metals)
on a biota of the Caspian Sea of kazakhstan part**

Definition of accumulation of components of oil pollution and their metabolites as specific xenobiotics being formed. In a zone of production, processings and transportations of oil is extremely actual environmental problem as a whole, and for the Kazakhstan shelf of the Caspian Sea. Negative influence of factors of the environment, including pollutants on organisms first of all, this is influence on their hereditary device. By cytogenetic analysis methods in the form of chromosomal anomalies being shown which are easily caught. On existence of chromosomal mutations in cages it is possible to judge existence in the environment of mutagen factors.

Key words: mutation, chromosome, oil, oil products, heavy metals, genes, genome, DNA, proteins, polymorphism.

Материалы и методы

В условиях комплексного загрязнения среды наиболее эффективным методом биологического мониторинга являются исследования с ис-

пользованием тест-объектов, в том числе и гидробионтов. Отсюда, в качестве тест-объектов в соответствии с литературными данными были выбраны следующие виды: 2 вида рыб: *Abramis*

brama (лещ), *Sander volgensis* (судак), 1 вид полихет: *Nereis diversicolor*. Отлов рыб производился с помощью удочек и сачков, особей фиксировали в 100% спирте, а другую часть 10% формалине. Так как *Nereis diversicolor* не имеет окраски, что создает трудности при сборе особей из грунта, производится предварительная окраска красным красителем, не влияющим на измеряемые параметры (содержание тяжелых металлов и бензапирена).

Трудность исследований в зоне интенсивного загрязнения определяется многообразием поллютантов поступающих в окружающую среду. Поэтому при проведении мониторинговых исследований необходимо выявление наиболее опасных поллютантов, такими в Северном Каспии являются ПАУ, радиоактивные элементы и тяжелые металлы. При анализе источников данных поллютантов, выявлено что ПАУ, в основном, поступают от предприятий нефтедобычи, находящихся непосредственно на акватории моря, в то время как радионуклиды и тяжелые металлы поступают в качестве сопутствующих загрязнителей с поверхностными (техническая вода нефтепромыслов) и частично с пластовыми водами [1-3].

Первоначально были определены зоны исследования – богатые биотой водной и прибрежной зоны моря. В частности, для определения поллютантов (нефтепроизводные, тяжелые металлы, радионуклиды) были установлены пункты отбора проб и образцов: I, II – территория нефтепромысла, III – на расстоянии 500м от нефтепромысла, IV – на расстоянии 1000 м от нефтепромысла. Количественное содержание тяжелых металлов определяли методами атомно-абсорбционной спектрометрии, а нефти и нефтепроизводные методам газо-жидкостной хроматографии, радионуклиды в радиологической лаборатории РСЭС [4-6].

Результаты и их обсуждение

Содержание тяжелых металлов в животных тест-объектах. Результаты анализа содержания тяжелых металлов в тест-объектах представлены в таблице 1.

Как видно из данных таблицы наибольшую способность к аккумуляции проявляют железо (в среднем 141,842 мг/кг для всех тест-объектов) и цинк (24,311мг/кг).

Следует отметить, что по степени токсичности железо не представляет столь высокой опас-

ности 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, избыточная доза железа оказывает токсическое действие и угнетает антиоксидантную систему организма, а во всех исследуемых тест-объектах отмечается достаточно высокая его концентрация в органах и тканях организма. Более высокие концентрации данного металла в организмах собранных с донных участков, объясняются быстрым переходом растворенных ионных форм Fe(II), и Fe(III) в осадок в виде различных комплексов с органическими веществами.

Установлено накопление бенз(а)пирена в мышечной ткани исследованных гидробионтов (рыб и полихет) (рисунок 1). Причем, наиболее выраженные аккумулятивные свойства по накоплению бенз(а)пирена проявились в тканях рыбы *Sander volgensis* (судак) и *Nereis diversicolor* (полихета – морской червь). Наличие пиренсодержащих компонентов (бенз[а]пирен) в тканях исследованных гидробионтов дает основание предположить возможность включения ПАУ в процессы обмена, в частности, участие пирена в протекании клеточного метаболизма. Можно полагать, что определение пиренсодержащих компонентов (бенз[а]пирен) в тканях морских организмов даст нам основание предположить включение ПАУ процессы метаболизма пирена в организме червей. Более того, разработка предложенного метода даст возможность использовать пирен производные в качестве биомаркера для определения подверженности морских беспозвоночных воздействию ПАУ, т.е. на основании полученных результатов можно будет судить о реальной канцерогенной и мутагенной опасности загрязнения природной среды нефтью и нефтепродуктами

Содержание нефтепродуктов и тяжелых металлов в растительных тест-объектах. Нефтяное загрязнение относится к факторам повышенной экологической опасности и экологического риска. Из-за нефтяных загрязнений в нефтегазодобывающих районах, вокруг нефтегазоперерабатывающих предприятий складывается неблагоприятная экологическая обстановка. Наносится существенный вред здоровью

Таблица 1 - Содержание тяжелых металлов в тест-объектах

Объект исследования	Cu, мг/кг	Cd, мг/кг	Pb, мг/кг	Zn, мг/кг	Fe, мг/кг	Ni, мг/кг
Мышцы леща <i>Abramis brama</i>	3,00 ± 0,09	0	18,61 ± 0,55	3,93 ± 0,11	34,44 ± 1,03	1,4 ± 0,04
Жабры леща <i>Abramis brama</i>	0,50 ± 0,01	0	58,47 ± 0,62	10,99 ± 0,32	174,15 ± 5,22	1,14 ± 0,03
Мышцы судака <i>Sander volgensis</i>	0	0,051 ± 0,001	0	3,27 ± 0,1	52,06 ± 1,5	0,17 ± 0,001
Жабры судака <i>Sander volgensis</i>	0,39 ± 0,001	0,12 ± 0,001	3,74 ± 0,001	6,55 ± 1,1	192,6 ± 5,3	0,69 ± 0,001
Полихеты <i>Nereis diversicolor</i>	3,94 ± 0,11	0,12 ± 0,01	0,41 ± 0,01	11,11 ± 0,33	135,35 ± 4,06	2,89 ± 0,08

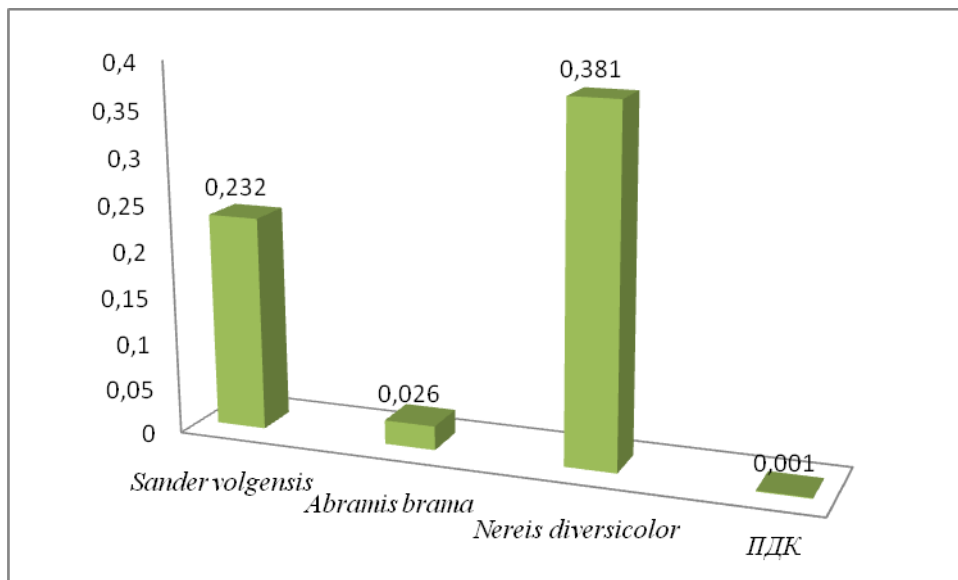
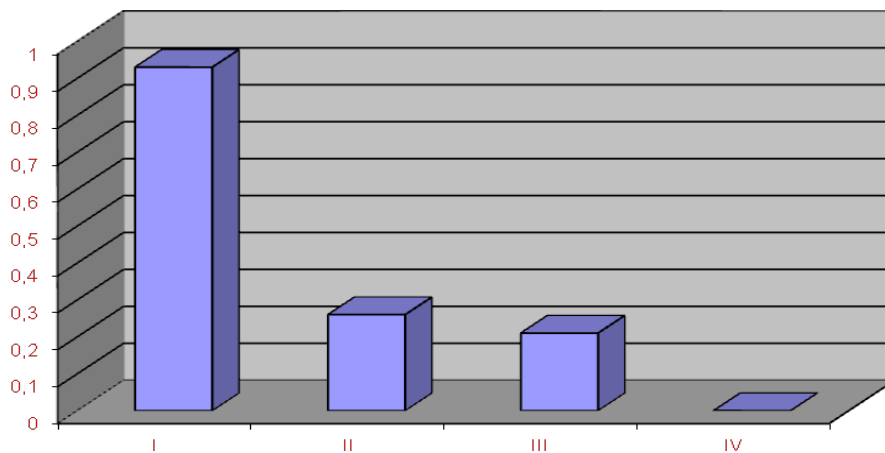
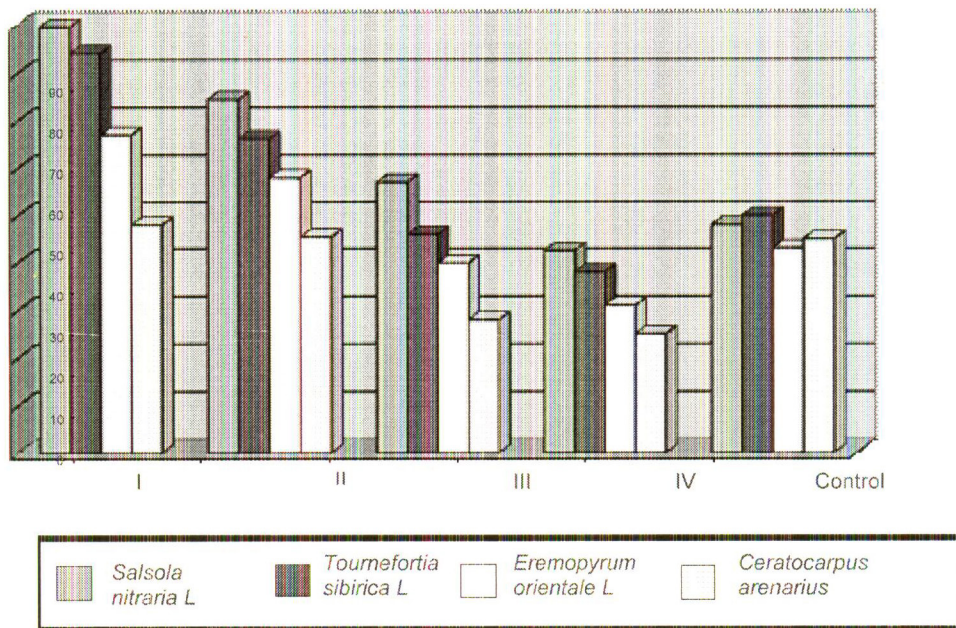


Рисунок 1 - Содержание бенз(а)пирена в тест-объектах.

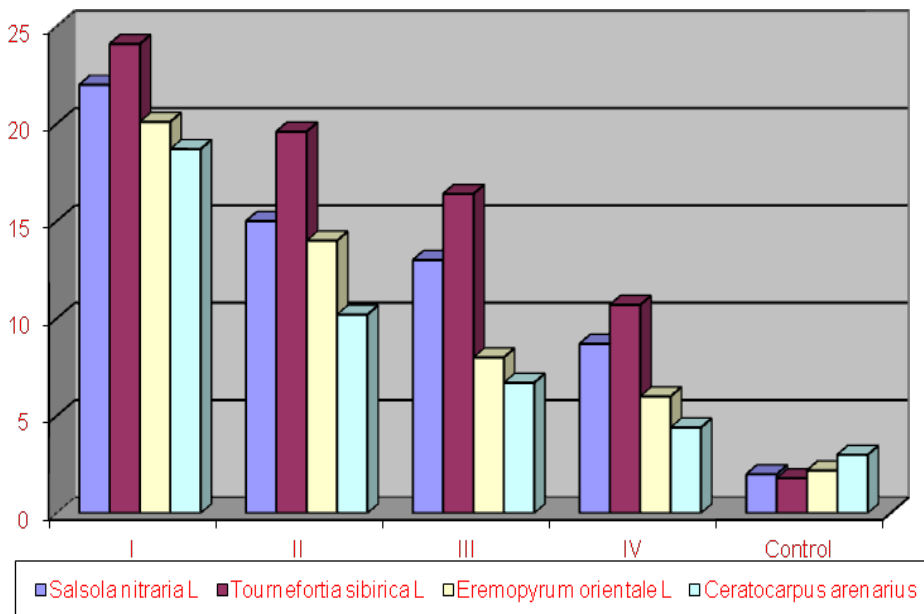


Пункты сбора: I – Кульсары; II – Тенгизшевройл; III – Вахты; IV – Бесикти
Рисунок 2 - Содержание нефтепродуктов в почвах прилегающих территорий



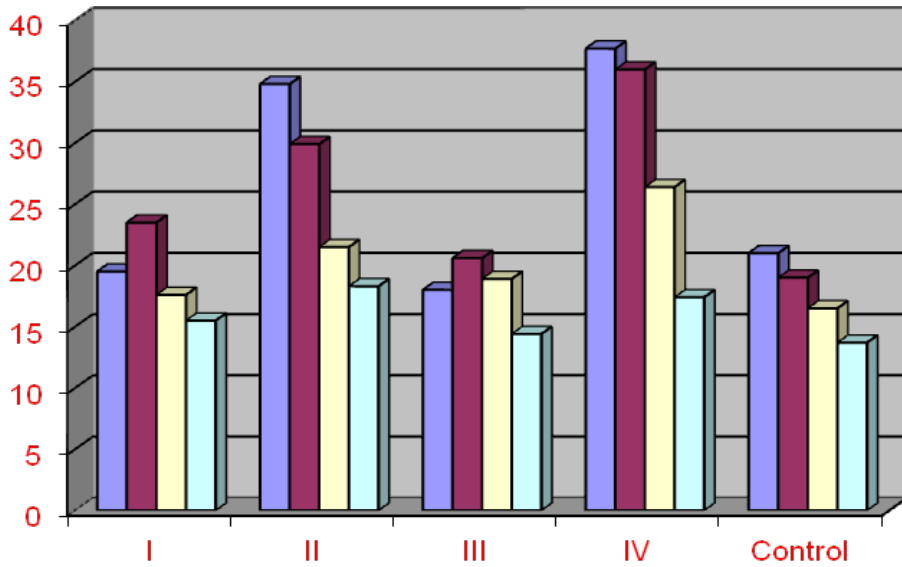
Пункты сбора: I – Кульсары; II – Тенгизшевройл; III – Вахты; IV – Бесикти

Рисунок 3 - Содержание цинка в растениях прилегающих территорий



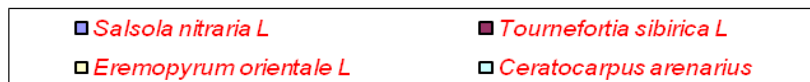
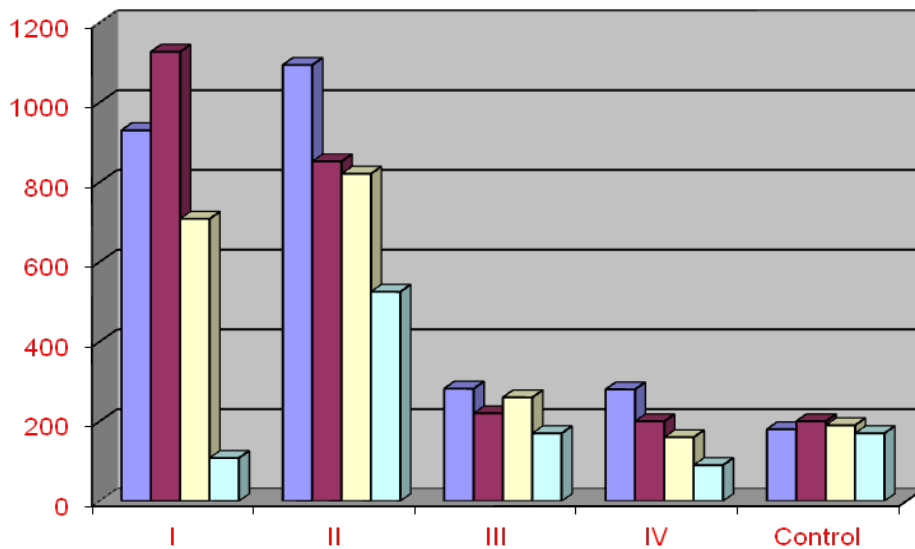
Пункты сбора: I – Кульсары; II – Тенгизшевройл; III – Вахты; IV – Бесикти

Рисунок 4 - Содержание свинца в растениях прилегающих территорий



Пункты сбора: I – Кульсары; II – Тенгизшевройл; III – Вахты; IV – Бесикти

Рисунок 5 - Содержание меди в растениях прилегающих территорий



Пункты сбора: I – Кульсары; II – Тенгизшевройл; III – Вахты; IV – Бесикти

Рисунок 6 - Содержание железа в растениях прилегающих территорий

работающих в этих районах, интенсивно загрязняются воздушный бассейн, вода, гибнут животные, птицы и рыбы [8]. Результаты определения содержания нефти в почвах исследуемой территории представлены на рис.2. Наиболее высокая концентрация нефти и нефтепродуктов установлена в почвах непосредственно на территории нефтепромыслов и составила (0,93 – 0,03) мг/кг. В старых залежах загрязненных почв формируются плотные битумные корки, которые не проницаемы для корней растений и микроорганизмов. Это приводит к нарушению почвенно-растительного покрова и возникают процессы дефляции почвы.

В составе нефти изучаемого региона содержится широкий спектр тяжелых металлов. Их доля в выбросах в окружающую среду значительна и представляют опасность в токсико-генетическом отношении для биоты и человека. Это свинец (Pb), цинк (Zn), медь (Cu) и железо (Fe). У всех этих металлов достаточно близкие гидрохимические свойства, что способствует проявлению химических закономерностей в их поведении на экосистемном уровне. Уровень их накопления в различных растениях различное. Согласно данным литературы [7] для растений более доступными тяжелыми металлами являются те, которые поступают в почву из атмосферы, так как они являются более растворимыми, чем соединения ТМ в почвах ландшафта.

Для определения содержания тяжелых металлов в нефтезагрязненных растениях изучаемого региона были отобраны следующие виды – солянка натронная (*Salsola nitraria*), мортук восточный (*Eremopyrum orientale L*), рогач песчаный (*Ceratocarpus arenarius*) и турнефорция сибирская, (*Tournefortia sibirica*) которые являются типичным кормом для многих грызунов. Результаты накопления названных тяжелых металлов в растениях из различных пунктов нефтепромыслов представлены на рисунках 3-6.

Как следует из приведенных данных отмечается избирательное накопление тяжелых металлов у солянковых, в частности максимальное цинка и свинца. Сравнительный анализ данных литературы и собственных результатов предыдущих исследований по загрязнению исследуемой зоны показал, что наибольшую способность

к аккумуляции проявляют железо (в среднем 141,842 мг/кг для всех тест-объектов) и цинк (24,311мг/кг).

Результаты проведенных цитогенетических исследований показали, что на генетический аппарат растений региона характерен комплекс действия загрязняющих веществ различной природы, что создаёт определённые трудности для количественных оценок их суммарного воздействия. Воздействуя в сумме, они могут усилить выход генетических эффектов или наоборот ослабить его. В результате цитогенетического изучения семян растений выявлено, что для региона характерен повышенный уровень мутабельности. В спектре перестроек хромосом преобладали изолюкусные разрывы и абберации хроматидного типа, что говорит о преобладающем воздействии мутагенов химической природы. Однако увеличение выхода изолюкусных разрывов вероятно связано не только воздействием мутагенов химической природы, но и воздействием радиационного фактора. В отобранных образцах растений были обнаружены некоторые морфологические изменения. Например, изменения формы и размеров листовой пластинки, стеблей и корней; они были меньше в размерах по сравнению с контролем.

В результате проведенных биоиндикационных исследований с использованием комплекса экологических и физико-химических (атомно-адсорбционной спектроскопии и газо-жидкостной хроматографии) методов установлены закономерности и динамика накопления тяжелых металлов и производного нефти бенз-а-пирена в органах и тканях индикаторных тест-объектов). Наличие пиренсодержащих компонентов (бенз[а]пирен) в тканях морских организмов дает основание предположить о включении ПАУ в процессы метаболизма пирена в органах рыб.

Таким образом, выявленная видовая и тканевая специфичность включения пирена в процессы клеточного метаболизма свидетельствует о его потенциальной способности индуцировать злокачественные опухоли различных органов. Более того, отобранные из природных популяций тест-объекты могут быть успешно использованы для скрининга нефти и его производных как канцерогенного фактора, загрязнителя окружающей среды. Можно полагать, что тяжелые

металлы участвуют в активации металлотионинов, а также приводят к изменению потребности в них организма в процессе нормального его функционирования. По-видимому, сопут-

ствующие нефти тяжелые металлы оказывают модифицирующее влияние на трансформацию пирена как канцерогенного фактора в органах и тканях организмов.

Литература

- 1 Berthou F & Friocourt MP Gas Chromatographic Separation of Diastereomeric Isoprenoids as Molecular Markers of Oil Pollution // *Journal of Chromatography*, – 1981. – P. 393 – 402.
- 2 Панов Г.Е., Петряшин Л.Ф. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности.- М.: Недра, 2006. – 244 с.
- 3 Бигалиев А.А., Дарибаев Ж., Бекишбеков Э.З., Атаханова К.Я., Ишанова Н.Е. Бияшева З.М., Бигалиев А.Б., Исенов Х.А. Эколого-генетическая оценка влияния поллютантов на природные популяции растений, животных и человека // *Материалы V съезда Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвященного 200-летию Чарльза Дарвина*. – 2009. – 320 с.
- 4 Бигалиев А.Б., Шимшиков Б.Е. и др. Нефтехимическое загрязнение почв территории трассы нефтепроводов в Атырауской области // *Почвоведение и агрохимия*. – М.: – 2009. – № 4.- С. 85-89.
- 5 Васильев В.П., Васильева Е.Д. Кариологическое доказательство видовой самостоятельности *Neogobius kessleri* (Gunther) и *Neogobius gorlap Iljin* (Pisces, Gobiidae) // *Докл. АН (Россия)*.- 1992. – N4. – С. 898-900.
- 6 Щеглов А.Э. Поступление углеводородов из групп емкостей с нефтепродуктами.- М.:, 2005. – 147с.
- 7 Лавриенко И.А., Лавриенко О.В. Аккумуляция растениями тяжелых металлов в условиях нефтезагрязнения // *Сибирский экологический журнал*. – 1998. – № 3. – С.200-309.
- 8 Artoni R.F, Vicari Mr, Bertollo LAC *Citogenetica de peixes neotropicais: metodos, resultados e perspectivas* // *Publicatio UEPG*. – 2000. – P. 43 – 60.

Reference

- 1 Berthou F & Friocourt MP Gas Chromatographic Separation of Diastereomeric Isoprenoids as Molecular Markers of Oil Pollution // *Journal of Chromatography*, – 1981. – P. 393 – 402.
- 2 Panov G.E., Petryashin L.F. *Ohrana ocruzhayushei sredy na predpriyatiyah neftyanoi i gazovoi promyshlennosti*.- М.: Nedra, 2006. – 244s.
- 3 Bigaliev A.A., Daribaev Zh., Bekishbekov E.Zh., Atahanova K.Ya., Ishanova N.E., Biyasheva Z.M., Bigaliev A.B., Isenov H.A. *Ecologo-geneticheskaya osenka vliyaniya pollyutantov na prirodnye populyasii rasteni, zhivotnyh i cheloveca* // *Materialy V-sezda Vavil'skogo obshestva genetikov i selecsionerov, posvyashennogo 200-letiyu Charlza Darvina*. – 2009. – 320s.
- 4 Bigaliev A.B., Shimshikov B.E. I dr. *Neftehimicheskoe zagryaznenie pochv territorii trassy nefteprovodov v Atyrauskoj oblasti* // *Pochvovedenie i agrohimiya*. – М.: – 2009. – № 4.- S. 85-89.
- 5 Vasilyev V.P., Vasilyeva E.D. *Kariologicheskoe dokazatelstvo vidovoi samostoyatel'nosti Neogobius kessleri (Gunther) i Neogobius gorlap Iljin (Pisces, Gobiidae)* // *Dokl. AN (Rossiya)*.- 1992. – N4. – S. 898-900.
- 6 Sheglov A.E. *Postuplenie uglevodorodov iz grupp emkostej s nefteproductami*.- М.:, 2005. – 147s.
- 7 Lavrienko I.A., Lavrienko O.V. *Akkumulysiya rasteniyami tyazhellyh metalov v usloviyah neftezagryazneniya* // *Sibirski ekologicheski zhurnal*. – 1998. – № 3. – S.200-309.
- 8 Artoni R.F, Vicari Mr, Bertollo LAC *Citogenetica de peixes neotropicais: metodos, resultados e perspectivas* // *Publicatio UEPG*. – 2000. – P. 43 – 60.