

## Раздел 2

# ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА БИОТУ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

УДК 576.3+576.4

З.М. Бияшева, Ж.Д. Кенжин, А.Б. Керимкулова, А.Б. Бигалиев

### Принципы применения методов биоиндикации при определении уровня нарушенности экосистем

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

### Часть 2. Использование видов гидробионтов судака и берша в качестве индикаторов нефтяного загрязнения Северного Каспия

**Аннотация.** В данной работе описаны биоиндикаторы для северной части Каспия – *Sander lucioperca* L. (судак) и *Sander volgensis* G. (берш). Исследована биоаккумуляция восьми тяжелых металлов и канцерогена (бенз(а)пирена) в органах гидробионтов. Использовались методы атомно-адсорбционной спектрофотометрии и газожидкостной хроматографии. Показано, что виды *Sander lucioperca* L. и *Sander volgensis* G. могут использоваться в качестве видов-индикаторов по загрязнению окружающей среды нефтепродуктами и тяжелыми металлами.

*Ключевые слова:* биоиндикатор, *Sander lucioperca*, *Sander volgensis*, тяжелые металлы, нефтепродукты.

Северная часть Каспийского моря и впадающие в море крупные реки Урал и Волга испытывают значительный антропогенный прессинг из-за расширяющейся нефтедобычи и транспортировки нефти. На модели Северного Каспия апробируются компьютерные программы расчетов рисков нефтезагрязнения. По мнению разработчиков программ, наилучшей проверкой их достоверности является анализ загрязнения биоты изучаемого региона. Так, нами были выбраны одни из широко распространенных в описываемом районе видов гидробионтов – судак и берш.

Одним из наиболее распространенных и опасных для биоты сопутствующих нефтедобычи загрязнителей являются тяжелые металлы, из которых кадмий, свинец, медь и цинк отнесены к ряду приоритетных. Тяжелые металлы при этом загрязняют как водную среду, так и почву прибрежной зоны. Попадая вместе с нефтепроизводными в водную среду, а затем и в почву, тяжелые металлы накапливаются обитателями данных сред и вызывают ряд негативных последствий [1].

Цель исследования – анализ способности двух видов гидробионтов *Sander lucioperca* L. и *Sander volgensis* G. аккумулировать нефтепродукты и тяжелые металлы.

### Материалы и методы исследований

В опытах использовали объекты природной среды – рыб *Sander lucioperca* L. и *Sander volgensis* G. Готовили навески в 1 г из органов и тканей, которые далее помещали в специально предназначенные замкнутые сосуды (бомбы) для последующего перевода твердых проб в раствор. Для разложения органики каждую пробу заливали 2 мл концентрированной хлорной кислоты, 3 мл концентрированной азотной кислоты и помещали в сушильный шкаф на 4-6 часов при температуре 110°C. Определение тяжелых металлов в биологических материалах осуществляли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре ААС 1N. Расчеты содержания анализируемых металлов измеряли по общепринятой методике [2]. После проведения математических подсче-

тов определялась концентрация тяжелых металлов.

Для определения бенз(а)пирена брались пробы жабр, почек, гонад и мышц. Подготовка образцов велась по общепринятой методике [3]. Использовали гексановый метод экстракции веществ, последующие измерения осуществляли на газо-жидкостном хроматографе «ЛХМ-80».

#### Результаты исследований и обсуждение

Обыкновенный судак (лат. *Sander lucioperca*, *Stizostedion lucioperca*) – вид рыб рода судаки и берш из того же рода [4]. Судак распространён довольно широко в пресных водоемах Восточной Европы и Азии. По образу жизни судак – типичный хищник. Питается рыбой, а мелкие особи также поедают водных беспозвоночных. Весьма чувствителен к концентрации кислорода в воде и наличию взвесей, поэтому не встречается в

заболоченных водоемах. Обычно предпочитает песчаное или галечниковое дно, особенно если там есть крупные объекты (коряги, камни и т. д.), которые можно использовать как укрытие, так как судак в основном засадный хищник. Нерестится же обычно впервые на 3-4-м году жизни. Мясо судака считается диетическим продуктом – жирность его минимальна. Пищевая ценность судака очень велика – содержание белков в нём превышает 18%. В мясе судака присутствуют все 20 аминокислот, 8 из которых – незаменимые (то есть не синтезируются организмом человека), а кроме того, содержится масса минеральных веществ, необходимых человеку (фосфор, калий, йод, молибден, марганец и другие).

По внешнему виду судак имеет некоторое сходство со щукой благодаря удлинённой заостренной голове. Окрас у судака не одинаков: на спине – серо-зеленоватая, брюшко – белое, бока – серые, на плавниках темные небольшие пятна (рисунок 1)



Рисунок 1. *Sander lucioperca* L. – Судак, *Sander volgensis* G – Берш

Тело удлиненное, сжатое с боков, плотное. Ротовое отверстие большое, верхняя челюсть заходит за вертикаль заднего края глаза. Зубы расположены узкими рядами на челюстях и небных костях. Зубы неравной длины, выделяются удлиненные клыки. На костях жаберной крышки есть шипы. Чешуя ктеноидная, некрупная. Спина и верх головы зеленовато-серые, брюхо белое. На боках 8-12 буро-черных поперечных полос. На спинных и хвостовом плавнике есть ряды мелких темных пятнышек. Грудные, брюшные и анальный плавники желтоватые, спинные – серовато-желтые. Два спинных плавника разделены промежутком.

Весьма близким к судаку является берш (*Sander volgensis* G) (рисунок 1), отличающийся лишь тем, что щеки его покрыты чешуей, зубы равномерны, темные пятна на боках представляют правильные полосы поперек тела, спиной плавник не имеет деления. По образу жизни это жилая в реках рыба, идет отчасти с бершовником, отчасти (более мелкий) с окунем.

Естественный ареал этой пресноводной рыбы находится в пределах ареала судака, но гораздо уже и ограничен бассейнами среднего и нижнего течения рек, впадающих в северные части Черного, Азовского и Каспийского морей. Изредка встречается в опресненных предустьевых зонах Каспия. В Казахстане берш обычен в р. Урал и ее старичных озерах от дельты до Оренбурга.

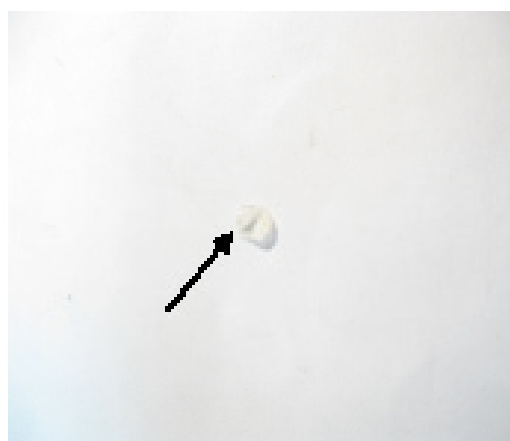
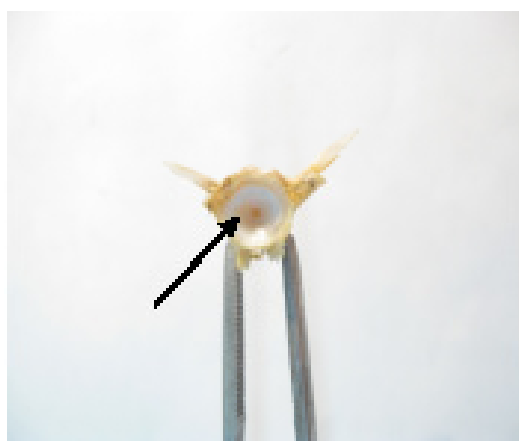
В Казахстане берш изучен очень слабо. Мор-

фометрического описания уральской популяции в литературе нет. Такие сведения есть лишь по 21 экз. берша из оз. Балхаш.

Размер берша меньше судака. Созревает в р. Волга и Урал на 3–4-м году жизни, редко в 5 лет. Нерестится в этих реках во второй половине апреля-мая при температуре воды 14-15°C. Как видим, берш нерестится одновременно с судаком. Известный максимальный возраст берша из р. Урал равен 8+. В оз. Балхаш отмечены 10-11-летние особи, но наиболее многочисленны 4–6-летние рыбы. В Урало-Каспийском бассейне запасы и уловы берша невелики. Существенного промыслового значения здесь он не имеет [5].

Возраст определяли визуально по количеству годовых колец в позвонках и чешуе (рисунок 2). Как видно из таблицы 1, особи анализируемой популяции, как самки, так и самцы, достигли репродуктивного возраста, который у данного вида начинается на четвертый год жизни. В выборку из популяции попали пять самок и восемь самцов, которые были отловлены одновременно в районе п. Балыкши близ г. Атырау в августе 2011 года. Отловленных особей фиксировали в 10% формалине, и дальнейшие процедуры анализов проводили в Казахском национальном университете г. Алматы.

Для определения кормообеспеченности в исследуемом районе рассчитали коэффициенты упитанности особей леща белоглазки по методике Фультон и Кларк [6].



**Рисунок 2.** Позвонки и чешуя рыбы вида *Sander lucioperca* L. и *Sander volgensis* G. для определения возраста (→ годовые кольца)

Как видно из таблицы 1, коэффициент упитанности шести самцов судаков и трех самцов берша анализируемых особей статистически достоверно отличается от табличных, что свидетельствует об их избыточном весе. Показателем упитанности и кормообеспеченности являются

не только коэффициенты по Фультону и Кларк, но и разница между ними. В нашем случае увеличение последней по сравнению с табличными данными – следствие усиления интенсивности питания и накопления полостного жира, что мы обнаружили при вскрытии рыб (рисунок 3).



Рисунок 3. Внешний вид накопления полостного жира в организме-индикаторе *Sander volgensis* G.

Таблица 1

Показатели упитанности и возраста вида рыб: *Sander lucioperca* L. и *Sander volgensis* G.

Средняя упитанность по Fulton	Средняя упитанность по Clark	K упитанности, табличный		Средний возраст особей популяций
		♀	♂	
♂	♂	♀	♂	♂
1.51	1.16	1.26	1.35	4.3
1.76	1.41	1.44	1.50	4,5

Возможно, причиной этого является повышенное органическое загрязнение, в котором доминантная роль принадлежит нефтепроизводным среды обитания, для проверки выдвинутого положения определили содержание одного из нефтепроизводных, а именно бенз(а)пирена в органах и тканях *Sander lucioperca* L. и *Sander volgensis* G.

Выбор исследования бенз(а)пирена обусловлен тем, что он является одним из главных показателей нефтезагрязнения и канцерогеном, то есть фактором экологического стресса.

Содержание канцерогена бенз(а)пирена определяли в мышцах, гонадах, почках и жабрах методом газожидкостной хроматографии (таблица 2) (рисунок 4).

При сравнении концентрации бенз(а)пирена в органах вида-индикатора *Sander lucioperca* L. – судак с ПДК, вычисляли кратность превышения последнего. Для этого мы использовали ПДК для мясо- и рыбопродуктов, равное 0,001 мг/кг [3]. Анализ полученных данных показал, что наибольшие кумулятивные свойства по бенз(а)пирену демонстрируют гонады (кратность превышения ПДК равна 6,8). За ними следуют мышцы, в которых кратность превышения соответствует 2,6.

В органах второго вида-индикатора – берша (*Sander volgensis* G.) обнаружено высокое накопление бенз(а)пирена в гонадах (кратность превышения ПДК =2,4), как и у судака. Отмечено незначительное превышения ПДК по бенз(а)пирену в почках берша.

Таблица 2

**Содержание бенз(а)пирена (гексановый метод) в органах рыб  
*Sander volgensis* G. и *Sander lucioperca* L. в мг/кг**

Органы	Содержание бенз(а)пирена	Кратность превышения ПДК
<b><i>Sander volgensis</i> G.</b>		
Мышцы	0.0004±0,00001 мг/кг	0,4
Жабры	0.0002±0,00001 мг/кг	0,2
Гонады	0.0024±0,00007 мг/кг	2,4
Почки	0.0013±0,00004 мг/кг	1,3
<b><i>Sander lucioperca</i> L.</b>		
Мышцы	0,0026±0,00007	2.6
Жабры	0,001±0,00003	1
Гонады	0,0068±0,0002	6.8
ПДК в пищевых продуктах	0,001 мг/кг	

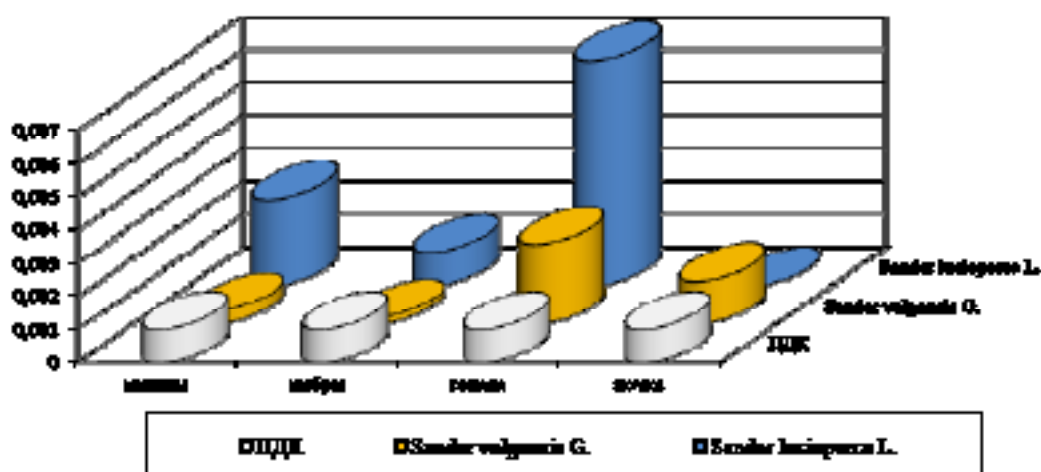


Рисунок 4. Содержание бенз(а)пирена в органах рыб *Sander lucioperca* L. и *Sander volgensis* G. (мг/кг)

В тех же органах, где обнаружены накопления полиароматического углеводорода бенз(а)пирена, анализировалось содержание восьми тяжелых металлов (рисунки 5-8). Три из восьми металлов – Cu, Cd и Co – не накапливаются в количествах, превышающих нормы во всех исследуемых органах обоих видов рыб. Остальные пять изучаемых тяжелых металлов – Ni, Pb, Fe, Zn и Mn – аккумулируются в органах дифференцированно.

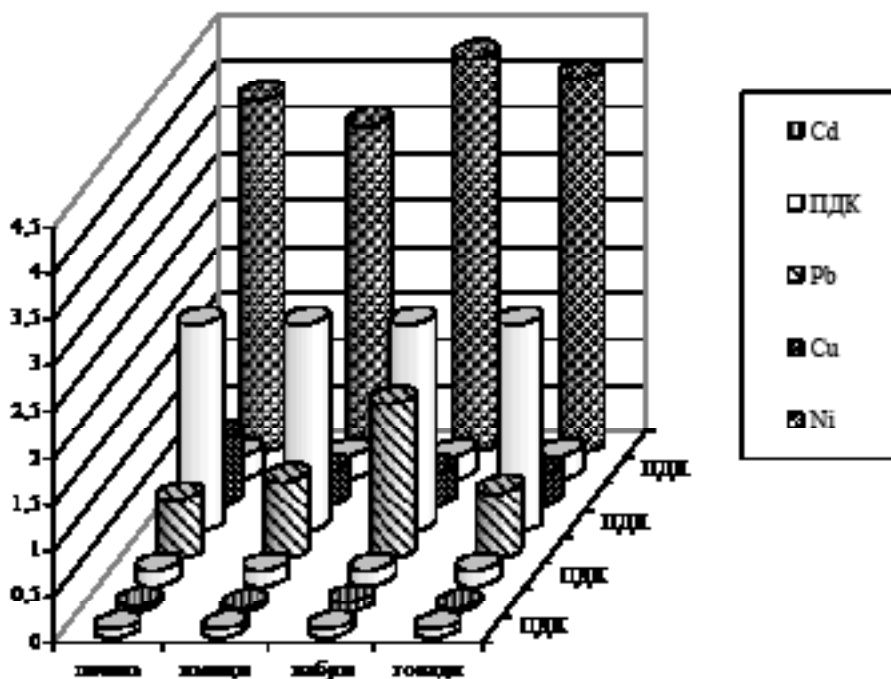


Рисунок 5. Содержание ТМ (Ni, Pb, Cu, Cd) в органах *Sander volgensis* G. (мг/кг)

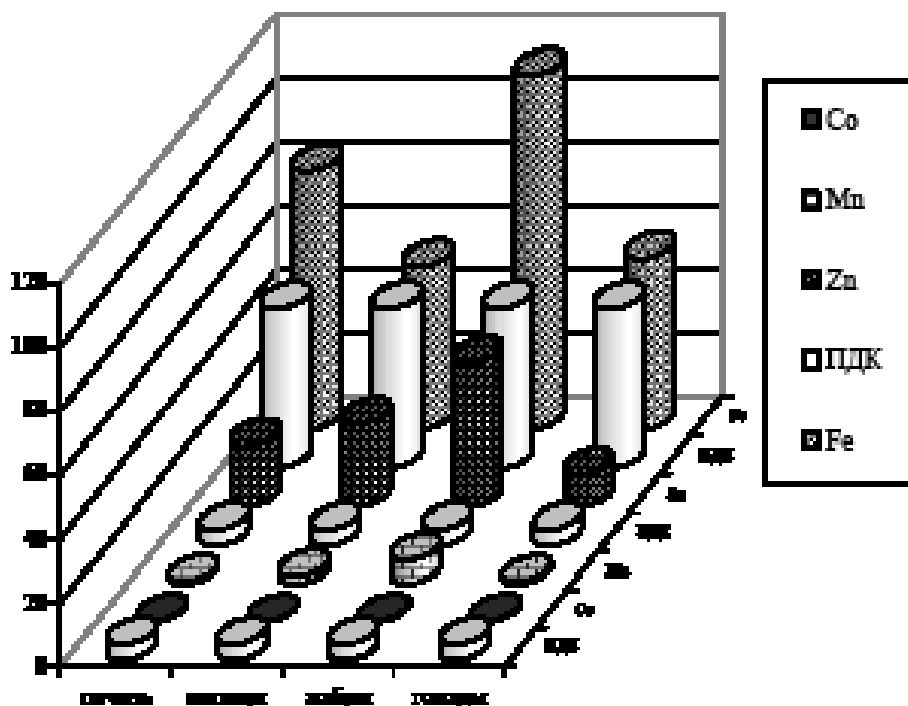


Рисунок 6. Содержание ТМ (Fe, Zn, Mn, Co) в органах *Sander volgensis* G. (мг/кг)

Первый вид-индикатор – берш аккумулирует в наибольших количествах Mn жабрах и мышцах (кратность превышения до 38 и 13 раз, соответственно). Во всех исследуемых органах, это жабры, мышцы, печень и гонады, Ni накапливается в количествах, превышающих норму приблизительно в 12-14 раз. Картины аккумуляции свинца (Pb) и цинка (Zn) в органах берша аналогичны: максимально они накапливаются в жабрах (превышение в 9 раз), а в остальных органах превышение ПДК составляет от 2 до 5 раз. Незначительное превышение норм по содержанию железа (Fe) обнаружено только в печени и в жабрах.

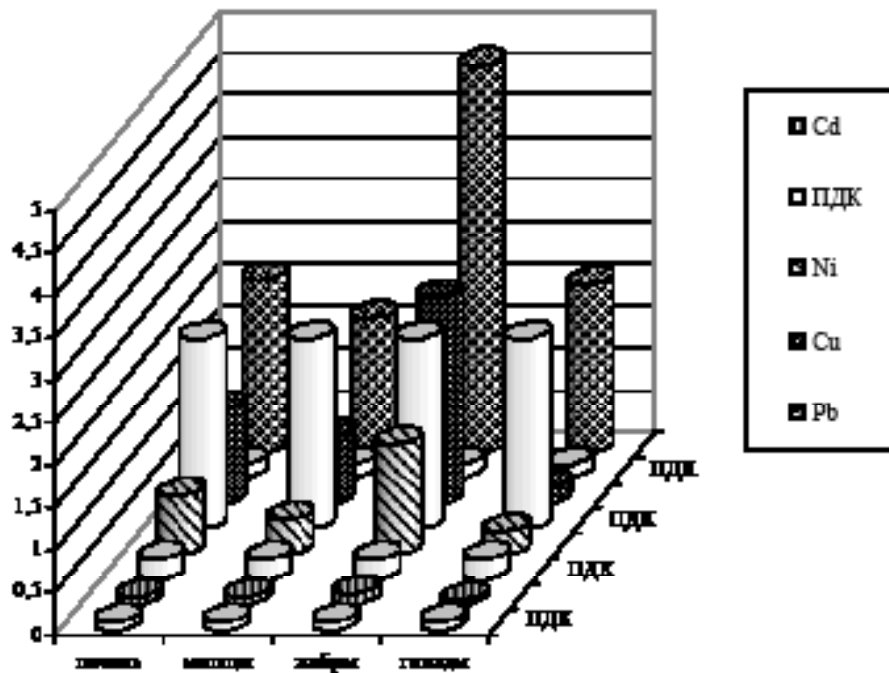


Рисунок 7. Содержание ТМ (Ni, Pb, Cu, Cd) в органах *Sander lucioperca* L. (мг/кг)

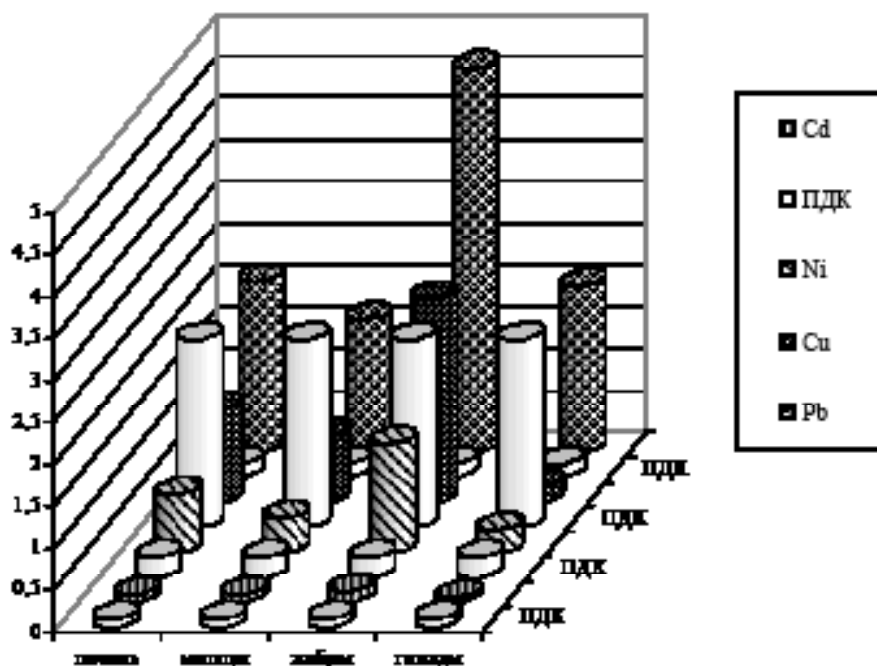


Рисунок 8. Содержание ТМ (Fe, Zn, Mn, Co) в органах *Sander lucioperca* L. (мг/кг)

Второй вид, используемый в качестве индикатора – судак (*Sander lucioperca* L.) – показал высокий уровень аккумуляции марганца (Mn) в жабрах и мышцах (кратность превышение ПДК приблизительно 60 раз), тогда как в печени содержание этого элемента превышает норму лишь в 5 раз. Помимо марганца, именно в жабрах наблюдается максимальное накопление свинца (Pb) – приблизительно в 28 раз выше допустимого значения. В мышцах, печени и гонадах судака свинец накапливается в схожих объемах (в 10-12 раз превышение ПДК).

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что вышеописанные виды рыб могут использоваться в качестве индикаторов по загрязнению окружающей среды нефтепродуктами и тяжелыми металлами. В ходе экспериментальных работ был обнаружен высокий уровень кумуляции нефтепроизводного канцерогена – бенз(а)пирена в гонадах, мышцах и в почках.

Так как деятельность нефтегазового сектора сопровождается параллельным загрязнением различными видами тяжелых металлов, мы изучали содержание последних в тех же органах рыб, что и бенз(а)пирена. Так, было обнаружено накопление пяти из восьми анализируемых тяжелых металлов в организме гидробионтов *Sander volgensis* G. и *Sander lucioperca* L. в количествах, превышающих нормы. Оба вида индикатора – берш и судак – больше всего накапливали марганец, свинец и никель, причем в жабрах и мышцах картина по этим металлом была идентичной, а вот в печени и гонадах наблюдались различия, в первую очередь, по свинцу и никелю. В печени и гонадах судака свинец и никель накапливались

в количествах, 3-4 раза превышающих таковые у берша. И все-таки максимальные накопительные свойства продемонстрировали жабры обоих видов, подтверждая свою функцию фильтров в организме изучаемых видов рыб. Судак по большинству исследуемых тяжелых металлов проявил более высокие кумулятивные способности, возможно связанные с его более разнообразным рационом питания и широким ареалом.

## Литература

1 Кенжегалиев А.К. О проблемах загрязнения Прикаспийской зоны нефтегазовым комплексом // Матер. междунар. конф. «Перспективы устойчивого развития экосистем Прикаспийского региона». – Алматы, 2004. – С. 14.

2 Грановский Э.И., Неменко Б.А. Современные методы определения тяжелых металлов и их применение для биологического мониторинга. - Алма-Ата, 1990. – С. 40-73.

3 А.Б.Бигалиев, З.М.Бияшева, К.С. Кошкимаев, Т.П.Костюк, В.П.Шмаков, Б.С.Жантаев. Оценка экологической опасности влияния загрязнителей водной среды на биоту северной части Каспия // Докл. IV междунар. науч.-практ. конф. «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде». - Семипалатинск, 2006. – Т. 1. - С. 8-9.

4 Рыбы Казахстана: в 5 томах. - Алма-Ата, 1985. – Т. 3- 4.

5 Уголев А.М., Кузьмина В.В. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб.- С-Пб: Гидрометеиздат, 1993. - 238 с.

6 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

**Бияшева З.М., Кенжин Ж.Д., Керимкулова А.Б., Бигалиев А.Б.**

**Экожүйенің бұзылу деңгейін анықтаудағы биоиндикациялық әдістерді қолдану принциптері 2 Бөлім. Солтүстік Каспидің мұнаймен ластанудағы индикаторы ретінде таутан және көксерке гидробионт түрлерін қолдану**

Бұл жұмыста Каспийдың солтүстік бөлігіне тән биоиндикаторлар – *Sander lucioperca* L.(тісті) және *Sander volgensis* G.(берш) сипатталған. Сегіз ауыр металдың және канцерогеннің (бенз(а)пирен) гидробионттардың ішкі мүшелерінде жинақталуы зерттелді. Атомды-адсорбциондық спектрофотометрия және газды-сұйықтық хроматография әдістері пайдаланылды. *Sander lucioperca* L. және *Sander volgensis* G. гидробионт түрлері қоршаған ортаның мұнай өнімдері және ауыр металдармен ластануында түр-индикаторлар ретінде қолдану мүмкін екендігі көрсетілді.

**Biyasheva Z.M., Kenzhin Zh.D., Kerimkulova A.B., Bigaliev A.B.**

**Principles of using methods of bioindication in determination of ecosystems disturbance level. Part 2. Use of hydrocoles pike perch and Volga zander as indicators of oil pollution of North Caspy**

This paper describes a bioindicators for a northern part of the Caspian Sea – *Sander lucioperca* L. and *Sander volgensis* G. Bioaccumulation of eight heavy metals and carcinogen (benz(a)pyrene) in bodies of hydrobionts is investigated. Were used the methods of nuclear-adsorption spectrophotometry and a gas-liquid chromatography. It is shown that, types of *Sander lucioperca* L. and *Sander volgensis* G. can be used as type's indicators on environmental pollution by oil products and heavy metals.