

**Шалахметова Т.М.<sup>1</sup>, Сутуева Л.Р.<sup>2</sup>, Мамилев Н.Ш.<sup>3</sup>,  
Шимшиков Б.Е.<sup>4</sup>, Құлымбет Қ.Қ.<sup>5</sup>, Тастан Д.А.<sup>6</sup>, Райке Т.М.<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>д.б.н., профессор, e-mail: tamara.shalakhmetova@kaznu.kz

<sup>2</sup>докторант PhD, e-mail: s\_leila\_aktau@mail.ru

<sup>3</sup>к.б.н., ассоциированный профессор, e-mail: nadir.mamilov@kaznu.kz

<sup>4</sup>к.б.н., доцент, e-mail: batyrgelgy.shimshikov@kaznu.kz

<sup>5</sup>магистрант, e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

<sup>6</sup>студентка, e-mail: dinara.970801@gmail.com

<sup>7</sup>студентка, e-mail: r.t.m.97@mail.ru

НИИ проблем биологии и биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

**БИОТЕСТИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД  
И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗ РЕКИ ИЛЕ  
И ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОЗЕРА БАЛКАШ**

В ходе экспедиционных выездов в Южное Прибалхашье в июне 2018 года собраны и исследованы образцы поверхностных вод и донных отложений на различных участках р.Иле и оз.Балкаш (юго-западной части). В результате проведения гидрохимического анализа поверхностных вод установлено, что воды р. Иле (с.Баканас), р. Топар и оз. Балкаш (с. Куйган) наиболее загрязнены тяжелыми металлами: Pb, Cd, Zn и Fe, их уровень превышал ПДК от 1,6 до 5,5 раза. На этих же участках исследованного водного бассейна было обнаружено превышение ПДК для Pb, Cr, Co, Ni, Cd, Zn и Fe в донных отложениях. При этом уровень обнаруженных в седиментах ТМ в значительной степени превышал их содержание в поверхностных водах, особенно по содержанию Fe (ПДК выше от 2,9 до 6,9 раза). Биотестирование поверхностных вод и седиментов на эмбрионах зебрафиш (*Danio rerio*) и шпорцевой лягушки (*Xenopus laevis*) выявило их значительный эмбриотоксический эффект, выражающийся в их 20-40% смертности. Высказывается предположение о том, что снижение численности рыб и амфибий в исследуемых водоемах связано с их гибелью на ранних стадиях развития. Результаты проведенного исследования важны для разработки природоохранных мероприятий в Южном Прибалхашье.

**Ключевые слова:** река Иле, озеро Балкаш, поверхностные воды, седименты, тяжелые металлы, биотестирование, *Danio rerio*, *Xenopus laevis*, эмбриотоксичность.

Shalakhmetova T.M.<sup>1</sup>, Sutuyeva L.R.<sup>2</sup>, Mamilov N.Sh.<sup>3</sup>,  
Shimshikov B.E.<sup>4</sup>, Kulymbet K.K.<sup>5</sup>, Tastan D.A.<sup>6</sup>, Raike T.M.<sup>7</sup>

<sup>1</sup>D.Bi.Sci., professor, e-mail: tamara.shalakhmetova@kaznu.kz

<sup>2</sup>PhD-doctorate, e-mail: s\_leila\_aktau@mail.ru

<sup>3</sup>PhD (candidate of Biological Sciences), assistant professor, e-mail: mamilov@gmail.com

<sup>4</sup>PhD (candidate of Biological Sciences), assistant professor, e-mail: batyrgelgy.shimshikov@kaznu.kz

<sup>5</sup>Master student, e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

<sup>6</sup>Student, e-mail: dinara.970801@gmail.com

<sup>7</sup>Student, e-mail: r.t.m.97@mail.ru

SRI of Biology and Biotechnology Problems, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

**Biotesting of surface water and bottom sediments from the Ile River  
and the southwestern part of the Balkash Lake**

During the expedition trips to the Southern Balkhash in June 2018, samples of surface waters and bottom sediments from various sites of the Ile River and Lake Balkash (the southwestern part) were collected and investigated. As a result of the hydrochemical analysis of surface waters, it was determined

that the waters of the Ile (Bakanas) and Topar rivers and Balkash lake (Kuygan) were the most polluted with heavy metals: Pb, Cd, Zn and Fe, their level exceeded the maximum permissible concentration (MPC) by 1.6-fold to 5.5-fold. At the same sites of the studied water basin, the MPC for Pb, Cr, Co, Ni, Cd, Zn and Fe in bottom sediments was found to be exceedeng. At the same time, the level of heavy metals found in sediments largely exceeded their content in surface waters, especially in terms of Fe content (MPC is higher by 2.9-fold to 6.9-fold). Biotesting of surface waters and sediments on zebrafish (*Danio rerio*) and African clawed frog (*Xenopus laevis*) embryos revealed their significant embryotoxic effect, expressed in their 20-40% mortality. In this regard, possible reduction in the number of fish and amphibians in the studied areas was suggested. The results of the study are important for the development of environmental protection measures in the Southern Balkhash region. It is suggested that the decline in the number of fish and amphibians in the studied water bodies is associated with their death in early stages of development.

**Key words:** Ile river, Balkash lake, surface waters, sediments, heavy metals, biotesting, *Danio rerio*, *Xenopus laevis*, embryotoxicity.

Шалахметова Т.М.<sup>1</sup>, Сутуева А.Р.<sup>2</sup>, Мамиллов Н.Ш.<sup>3</sup>,  
Шимшиков Б.Е.<sup>4</sup>, Құлымбет Қ.Қ.<sup>5</sup>, Тастан Д.А.<sup>6</sup>, Райке Т.М.<sup>7</sup>

<sup>1</sup>профессор, б.ғ.д., e-mail:tamara.shalakhmetova@kaznu.kz

<sup>2</sup>PhD докторанты, e-mail:s\_leila\_aktau@mail.ru

<sup>3</sup>қауымд. профессоры, б.ғ.к., e-mail:nadir.mamilov@kaznu.kz

<sup>4</sup>доцент, б.ғ.к., e-mail: batyrgelgy.shimshikov@kaznu.kz

<sup>5</sup>магистрант, e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

<sup>6</sup>студент, e-mail: dinara.970801@gmail.com <sup>7</sup>студент, e-mail: r.t.m.97@mail.ru

әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-дың Биология және биотехнология мәселелері ФЗИ, Қазақстан, Алматы қ.

### Іле өзенінен және Балқаш көлінің оңтүстік-батыс бөлігінен жер асты суларының және шөгінділерінің биотестациясы

2018 жылдың маусым айында Оңтүстік Балқашқа барған экспедиция барысында Іле өзені мен Балқаш көлінің (оңтүстік-батыс бөлігіндегі) әртүрлі аймақтарынан жер үсті суларының және шөгінділердің үлгілері жиналып зерттелді. Жер үсті суларының гидрохимиялық анализінің нәтижесінде Іле өзені (Бақанас), Топар өзені және Балқаш көлі (Күйған ауылы) сулары ауыр металдармен Pb, Cd, Zn және Fe ең көп ластанған, олардың ШҚД 1,6-дан 5,5 есеге дейін жеткен. Осы зерттелген су қоймасының аймақтарынан төменгі шөгінділерінде ШҚД Pb, Cr, Co, Ni, Cd, Zn және Fe үшін жоғары көрсеткіш байқалды. Сонда да, шөгінділерден табылған АМ деңгейі, әсіресе Fe концентрациясы бойынша (МШК 2,9-дан 6,9 есеге дейін) олардың мөлшері жер үсті суларынан айтарлықтай асып түсті. (*Danio rerio*) және (*Xenopus laevis*) эмбриондарына жер үсті сулары мен шөгінділердің әсер етуі арқылы жасалған биосараптамасының нәтижесі, олардың едәуір эмбриотоксіндігінен 20-40% өлімімен аяқталды. Осыған байланысты зерттелетін аймақтарда балық пен амфибияның санының азаюы мүмкін деген болжам айтылады. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері Оңтүстік Балқаш аймағын қорғау мақсатындағы іс-шаралар әзірлеу үшін маңызды.

**Түйін сөздер:** Іле өзені, Балқаш көлі, жер үсті сулары, шөгінділер, ауыр металдар, биосараптама, *Danio rerio*, *Xenopus laevis*, эмбриотоксінді.

## Введение

В последние годы один из крупных водоемов Казахстана – озеро Балкаш испытывает большие экологические проблемы: обмеление и высокую загрязненность поллютантами различного происхождения [1]. Озеро Балкаш, обладая нерестилищами и большими площадями для массового нагула рыбы, является одним из водоемов, составляющих основу рыбохозяйственной отрасли Казахстана [2]. Кроме того, за счет ресурсов озера производится питьевое, бытовое и промышленное водоснабжение, что обуславливает необходимость контроля экологического состояния

водоема. Основным источником гидроресурсов озера Балкаш, как известно, является трансграничная река Иле, которая ранее давала до 80% притока воды (70% ее протекает по территории Китая, 30% – по территории Казахстана) [3]. Экологические проблемы возникли в результате интенсификации земледелия и промышленности как в КНР, так и в Казахстане. Неконтролируемые заборы воды и сброс в реку сточных вод промышленных предприятий, сельскохозяйственных производств привели к снижению уровня озера и загрязнению воды и донных отложений озера тяжелыми металлами, пестицидами, радионуклидами, нефтепродуктами [4-5].

Обмеление и загрязнение акватории озера является одной из важнейших причин сокращения рыбных запасов, птиц и млекопитающих, а также ухудшения здоровья жителей региона [6]. Через загрязнённую воду по пищевой цепи поллютанты попадают в организм гидробионтов, а затем в организм позвоночных животных, что снижает биоразнообразие обитателей озера. Исследования, проводимые в дельте реки Иле и озере Балкаш, показали значительную степень накопления тяжелых металлов и других поллютантов в тканях промысловых рыб и амфибий [7-9]. Кроме того, наиболее важная и уязвимая стадия жизненного цикла рыб и амфибий – эмбриогенез – проходит в воде. Нарушения эмбриогенеза приводят к появлению пороков и уродств, снижающих жизнеспособность и выживаемость вида, в результате чего истощаются и гибнут целые популяции. В связи с этим, при изучении состояния водоемов необходимо проводить их биотестирование, исследуя уровень смертности эмбрионов. Таким образом, состояние биоразнообразия рыб и амфибий отражает экологическое состояние водоема. Многие отечественные исследователи отмечают сокращение численности аборигенных и ценных видов рыб, а также других гидробионтов в озере Балкаш [10-11].

Поэтому целью настоящего исследования явилось биотестирование поверхностных вод и донных отложений из реки Иле и юго-западной части озера Балкаш, собранных во время экспедиционных работ в июне 2018 года.

## Материалы и методы

### *Объекты и материалы исследований*

Объектами исследований явились эмбрионы полосатого данио или зебрафиш (*Danio rerio*) и шпорцевой лягушки (*Xenopus laevis*), поверхностные воды и седименты р.Иле и оз.Балкаш (юго-западная часть).

### *Методика получения икры зебрафиш (*Danio rerio*)*

Получение икры и биотестирование воды и седиментов из оз. Балкаш проводили согласно рекомендациям OECD (Организация экономического сотрудничества и развития) и ECVAM (Европейский центр по проверке альтернативных методов исследования) [12]. Для получения эмбрионов зебрафиш взрослых особей содержали в 50 л аквариумах при постоянном потоке, температуре  $23\pm 1$  °C и 12 ч световом цикле, кормили живым и сухим кормом один

раз в день. В день, предшествующий дню начала экспериментов, нерестовые аквариумы объемом 15 л наполняли чистой, нагретой до  $26 \pm 1$  °C водой и пересаживали в них производителей (соотношение самцов и самок 2:4) в вечернее время, так как основным стимулом к началу метания икры является ранний солнечный свет. На дно нерестовых аквариумов предварительно устанавливали пластиковую сетку с размером ячеек 1,25 мм, чтобы предотвратить поедание икры взрослыми особями. На следующее утро, после нереста, взрослых особей отсаживали в основные (50 л) аквариумы, икринки собирали и переносили в стерильные чашки Петри с чистой водой ( $26\pm 1$  °C) для дальнейших исследований. Отбор оплодотворенных икринок производили с помощью стереомикроскопа DM 143 (Motic, Китай).

### *Методика биотестирования на эмбрионах зебрафиш (*Danio rerio*)*

Эксперименты по биотестированию начинали с ранней стадии эпидемии (приблизительно 6 часов после оплодотворения) [13]. На этом этапе легко различить нормально развивающихся эмбрионов от ложно-развитых и коагулировавших эмбрионов и избежать ложных положительных результатов [14].

При биотестировании воды и седиментов, отобранных во время экспедиционных выездов в дельту р. Иле и оз. Балкаш, инкубационной средой служили образцы поверхностных вод и седиментов из мест сбора проб: р. Иле (с. Баканас), р. Иле (мост им. Д.А. Кунаева), оз. Балкаш (с. Караой), р. Топар, оз. Балкаш (с. Куйган). Всего было 10 экспериментальных групп по 3 чашки Петри с 20 икринками в каждой. Для биотестирования донных отложений в чашки Петри с чистой водой помещали по 10 г седиментов. Эмбрионы помещали в инкубатор АРТ.line™ B28 (Binder, Германия) при температуре  $27\pm 1$  °C.

Икринки исследовали под стереомикроскопом через 10, 24, 48 и 72 часа после оплодотворения для определения уровня смертности. Уровень смертности определяли подсчетом погибших и выживших к 96 ч эксперимента эмбрионов и выражали в процентах.

### *Методика получения икры шпорцевой лягушки (*Xenopus laevis*)*

Для получения икры шпорцевой лягушки взрослых особей содержали отдельно в 50 л аквариумах при температуре  $22\pm 1$  °C и 12 ч световом цикле, кормили ежедневно живым кормом (мотылем) [15].

Для стимуляции нереста шпорцевых лягушек и получения достаточного для исследования количества головастиков нами была использована следующая схема: 1) раздельное содержание самцов и самок в течение двух недель; 2) сокращение числа кормлений в этот период; 3) поддержание температуры воды на уровне 18–19°C; 4) затем возобновление обычного режима кормления (мотыль) и 5) смены воды с постепенным повышением ее температуры до 25°C. Повышение температуры при этом производилось на 1–2°C в сутки. После получения икры взрослых особей отсаживали в основные аквариумы, чтобы предотвратить поедание икры взрослыми особями, икринки собирали и переносили в стерильные чашки Петри с чистой водой (25±1°C) для дальнейших исследований. Отбор оплодотворенных икринок производили с помощью стереомикроскопа DM 143 (Motic, Китай).

*Методика биотестирования на эмбрионах шпорцевой лягушки (Xenopus laevis)*

Биотестирование воды и седиментов из оз. Балкаш проводили согласно международному стандарту [15].

При биотестировании воды и седиментов, отобранных во время экспедиционных выездов в дельту р. Иле и оз. Балкаш, инкубационной средой служили образцы поверхностных вод и седиментов из мест сбора проб: р.Иле (с. Баканас), р. Иле (мост им. Д.А. Кунаева), оз. Балкаш (с. Караой), р. Топар, оз. Балкаш (с. Куйган). Всего было 8 экспериментальных групп по 3 чашки Петри с 20 икринками в каждой. Для биотестирования донных отложений в чашки Петри с чистой водой помещали по 10 г седиментов. Эмбрионы помещали в инкубатор ART.line™ B28 (Binder, Германия) при температуре 24±1°C.

Икринки исследовали под стереомикроскопом через 24, 48, 72 и 96 часов после оплодотворения для определения уровня смертности и нарушений развития. Погибших эмбрионов подсчитывали и удаляли. Уровень смертности определяли подсчетом погибших и выживших к 96 ч эксперимента эмбрионов и выражали в процентах.

*Методики сбора воды и седиментов*

В контрольных точках исследуемых участков реки Иле и юго-западной части озера Балкаш производили сбор, консервацию и хранение проб поверхностных вод согласно Международным стандартам и утвержденным ГОСТам [16-17]. Отбор пробы воды осуществляли на глубине 0,5-1,0 м. Пробоотборниками

являлись химически стойкие чистые 1-5-литровые пластиковые емкости. Хранение и доставку до лаборатории проб воды осуществляли при низких температурах 0°C в сумках-холодильниках. Перед хранением и консервацией воду процеживали от водорослей через мелкопористое сито. Перед отбором проб воды и седиментов производили определение ряда параметров воды с помощью следующих приборов: температуру, общую минерализацию (растворенные в воде соли) и электропроводность измеряли с помощью портативного анализатора TDS&EC-метра (Barry Century, Китай), значение pH-портативного анализатора pH-метра PH-009(I) (Barry Century, Китай), окислительно-восстановительный потенциал – портативного анализатора ORP-метра ORP169E (Barry Century, Китай), содержание растворенного кислорода – портативного анализатора DO-метра DO-pen type (Alvin Instrument, Китай).

В тех же точках исследования также в соответствии с Международными стандартами и утвержденными ГОСТами [18-20] осуществляли отбор донных отложений (седиментов) на глубине от 1 до 2 метров с помощью дночерпателей, краг и стратиметров (трубок различных диаметров). В зависимости от анализируемых загрязняющих веществ и свойств донных отложений перед хранением в пробы добавляли различные консервирующие вещества (кислоты). Пробы донных отложений хранили в охлажденном (от 0 до минус 3°C) состоянии.

Методики химического анализа воды и седиментов, органов рыб и амфибий на содержание тяжелых металлов

Важнейшим показателем качества среды обитания гидробионтов является степень чистоты поверхностных вод и донных отложений по содержанию тяжелых металлов [21]. В связи с этим во всех собранных пробах воды и седиментов были определены тяжелые металлы согласно практическим руководствам и ГОСТам [17-19]. Определение ТМ проводили после соответствующей пробоподготовки на атомно-абсорбционном спектрофотометре МГА-915 МД (г. Санкт-Петербург) [22-24]. Измерение концентрации ТМ производили в атомно-абсорбционном режиме при длинах волн, соответствующих каждому исследуемому металлу с соответствующим каждому металлу эталоном.

*Статистическая обработка данных*

Результаты количественных исследований подвергались статистической обработке. Во

всех случаях определяли средние значения и ошибку средней величины. Достоверность различий средних величин оценивали, используя t-критерий Стьюдента. Различия считались достоверными при доверительной вероятности, равной 0,95. Статистическую обработку и графическое представление материалов осуществляли с помощью приложения Microsoft Excel 7.0.

### Результаты и обсуждение

Для гидробионтов значительную опасность среди загрязняющих веществ представляют тяжелые металлы (ТМ), поскольку, в отличие от органических веществ, они не распадаются, не исчезают, а перераспределяются по компонентам экосистемы водоема и могут накапливаться в организме [25-27]. Причем, было установлено, что передвижение ТМ по трофической цепи происходит в возрастающих количествах [28-29]. В связи с этим было проведено химическое исследование поверхностных вод и донных отложений (седиментов) из юго-западной части озера Балкаш и прилегающей дельты реки Иле на содержание ТМ, а также их биотестирование на эмбрионах зебрафиш (*Danio rerio*) и шпорцевой лягушки (*Xenopus laevis*).

Результаты химического анализа поверхностных вод, собранных во время экспедиционных выездов в дельту р. Иле и юго-западную часть озера Балкаш, представлены в таблице 1. В исследуемых пробах поверхностных вод выявилось различное содержание следующих тяжелых металлов: свинца (Pb), хрома (Cr), кобальта (Co), марганца (Mn), никеля (Ni), кадмия (Cd), меди (Cu), цинка (Zn), железа (Fe). Содержание большинства тяжелых металлов не превышало санитарные нормы для водоемов рыбохозяйственного назначения, однако такие ТМ, как Pb, Cd, Zn и Fe были обнаружены в количествах, превышающих ПДК. Превышение вышеназванных ТМ наблюдалось в водах р. Иле в районе с. Баканас, р. Топар и оз. Балкаш близ с. Куйган. Так, содержание Pb, Cd, Zn и Fe в поверхностных водах р. Иле в районе села Баканас превышало ПДК соответственно в 1,6; 1,7; 4,6 и 5,5 раза; в оз. Балкаш около с. Караой – в 1,6; 1,4; 3,6 и 3,5 раза; в р. Иле близ моста им. Д.А. Кунаева – в 1,2; 1,1; 4,2 и 2,5 раза; в р. Топар – 1,6; 1,7; 5,8 и 5,2 раза; в оз. Балкаш близ с. Куйган – в 1,8; 5,5 и 6,5 раза. Из представленных результатов очевидно, что

наиболее загрязненными по содержанию Pb, Cd, Zn и Fe являются воды р. Иле в районе с. Баканас, р. Топар и оз. Балкаш близ с. Куйган (таблица 1).

Активное загрязнение поверхностных вод р. Иле в районе с. Баканас ТМ происходит, вероятно, как за счет их стока из Капшагайского водохранилища, по сути, отстойника для вод верхнего течения трансграничной реки Иле, в том числе, из КНР, а также за счет сточных вод самого селения Баканас [30]. Река Топар – один из рукавов р. Иле, на этом участке дельты, по видимому, еще в большей степени собирает поллютанты вследствие обмеления, медленного течения, а также вливания сточных вод в районах с. Балатопар и с. Топар. Сама дельта р. Иле и южное побережье озера Балкаш в районе селения Куйган загрязняются ТМ еще в большей степени в результате возрастающего обмеления, деградации речной системы, отсутствия механического очищения русла от ила и ухудшения условий для самоочищения [31].

Эмбриотоксичность поверхностных вод оценивали по уровню смертности эмбрионов зебрафиш (*Danio rerio*) и шпорцевой лягушки (*Xenopus laevis*), инкубировавшихся в водах из р. Иле (мост им. Д.А. Кунаева и с. Баканас), р. Топар и оз. Балкаш (с. Куйган и с. Караой). Результаты этого исследования приведены на рисунке 1. Из данного рисунка видно, что самый низкий уровень смертности эмбрионов зебрафиш (*Danio rerio*) наблюдался при воздействии воды из р. Иле (17%), собранной близ моста им. Д.А. Кунаева. Чуть выше (18%) процент смертности эмбрионов *Danio rerio* отмечался при воздействии воды, собранной из оз. Балкаш близ с. Караой. Наибольший процент смертности эмбрионов *Danio rerio* происходил при воздействии воды из р. Иле, собранной в районе с. Баканас – 24%, р. Топар – 33%, а также из оз. Балкаш в районе с. Куйган – 37%.

Практически такая же картина наблюдалась при биотестировании поверхностных вод из дельты р. Иле и оз. Балкаш на эмбрионах шпорцевой лягушки (*Xenopus laevis*): наиболее низкие проценты смертности эмбрионов *Xenopus laevis* были выявлены при воздействии воды из р. Иле (мост им. Д.А. Кунаева) – 20% и из оз. Балкаш близ с. Караой – 22%, а высокие при инкубировании в воде из р. Иле (с. Баканас) – 29%, р. Топар – 36%, оз. Балкаш (с. Куйган) – 38%.

Таблица 1 – Содержание ТМ в поверхностных водах рек Иле и Топар, озера Балкаш (Алматинская область), июнь 2018 года, мг/л

ТМ	Pb	Cr	Co	Mn	Ni	Cd	Cu	Zn	Fe
ПДК, мг/л (для рыбохозяйственных водоемов)	0,006	0,02	0,01	0,01	0,01	0,005	0,001	0,01	0,1
Класс опасности	II	III	III	IV	III	II	III	III	IV
р.Иле-Баканас	0,0096±0,0008	0,0048±0,0009	0,0073±0,0011	0,0098±0,0009	0,0068±0,0012	0,0084±0,0009	0,0008±0,0000	0,0457±0,0009	0,5462±0,0012
> ПДК	>1,60					>1,68		>4,57	>5,46
оз.Балкаш-Караой	0,0094±0,0006	0,0040±0,0007	0,0039±0,0009	0,0085±0,0006	0,0045±0,0009	0,0068±0,0013	0,0006±0,0001	0,0358±0,0009	0,3555±0,0015
> ПДК	>1,56					>1,36		>3,58	>3,55
р.Иле-Мост им.Д.А.Кунаева	0,0074±0,0005	0,0034±0,0008	0,0046±0,0010	0,0096±0,0009	0,0039±0,0010	0,0058±0,0005	0,0006±0,0001	0,0423±0,0010	0,2468±0,0018
> ПДК	>1,23					>1,16		>4,23	>2,46
р.Топар	0,0096±0,0006	0,0046±0,0009	0,0067±0,0011	0,0077±0,0012	0,0068±0,0014	0,0089±0,0009	0,00067±0,0001	0,0583±0,0009	0,5175±0,0018
> ПДК	>1,60					>1,70		>5,83	>5,17
оз.Балкаш-Куйган	0,0109±0,0012	0,0050±0,0009	0,0086±0,0015	0,0098±0,0012	0,0069±0,0013	0,0092±0,0009	0,0008±0,0003	0,0550±0,0010	0,6656±0,0015
> ПДК	>1,82					>1,84		>5,50	>6,65

Таблица 2 – Содержание ТМ в донных отложениях рек Иле и Топар, озера Балкаш (Алматинская область), июнь 2018 года, мг/кг

ТМ	Pb	Cr	Co	Mn	Ni	Cd	Cu	Zn	Fe
ПДК, мг/кг (для почвы)	32,0	6,0	5,0	1500,0	4,0	0,5	3,0	23,0	1000,0
Класс опасности	II	III	III	IV	III	II	III	I	IV
р.Иле-Баканас	12,40±0,80	11,20±1,25	4,24±0,28	721,02±22,35	13,46±1,95	0,70±0,09	2,75±0,08	73,69±3,20	6235,7±85,5
> ПДК		>1,86			>3,36	>1,40		>3,20	>6,23
Оз.Балкаш-Караой	3,73±0,62	6,03±0,72	3,24±0,56	563,06±15,06	9,38±0,99	0,44±0,02	0,92±0,05	56,88±1,95	3335,9±74,5
> ПДК					>2,34			>2,47	>3,33
р.Иле-Мост им.Д.А.Кунаева	3,24±0,55	5,98±0,88	4,34±0,41	620,32±18,90	8,17±0,92	0,44±0,05	0,67±0,03	54,54±0,90	2967,9±58,85
> ПДК					>2,04			>2,37	>2,96
р.Топар	36,40±0,68	18,84±1,23	12,26±1,21	1080,30±21,25	21,71±1,46	1,30±0,09	8,35±0,08	119,85±3,92	5575,6±77,8
> ПДК	>1,60	>3,14	>2,45		>5,42	>2,60	>2,78	>5,21	>5,57
оз.Балкаш-Куйган	23,81±0,58	10,56±0,95	8,05±0,52	874,40±10,20	14,70±1,90	0,80±0,03	0,92±0,03	33,45±0,55	6999,8±90,5
> ПДК	>1,60	>1,67	>1,61		>3,67	>1,60		>1,45	>6,99

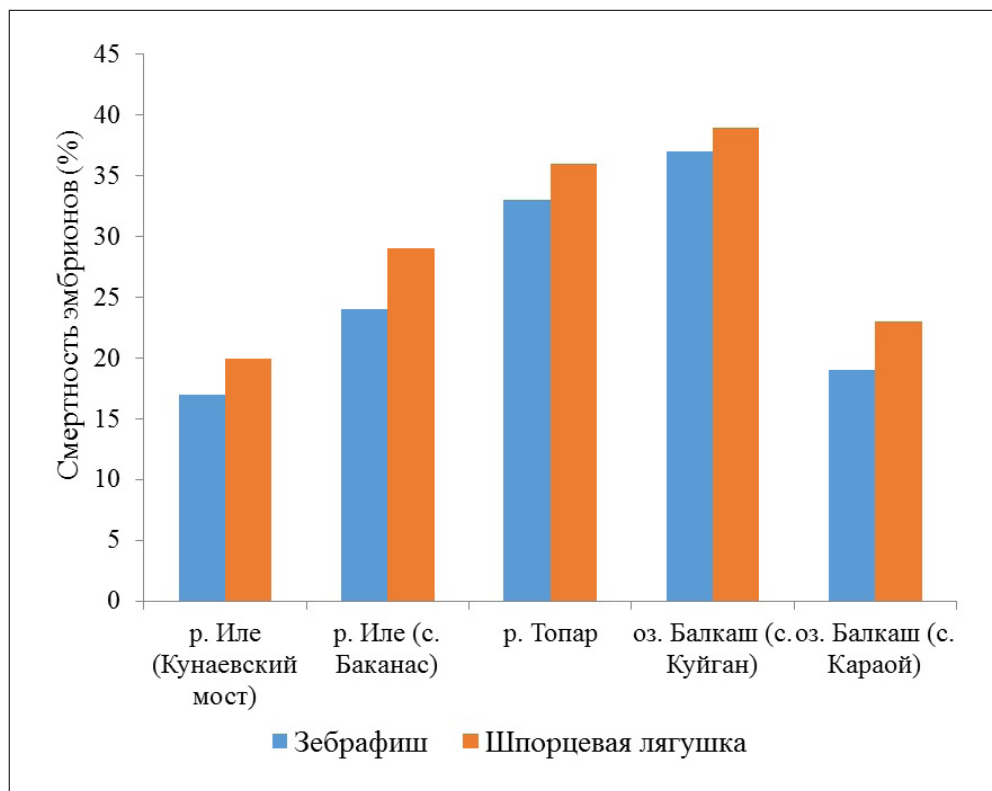


Рисунок 1 – Смертность эмбрионов зебрафиш (*Danio rerio*) и шпорцевой лягушки (*Xenopus laevis*) при воздействии поверхностных вод водоемов Южного Прибалхашья

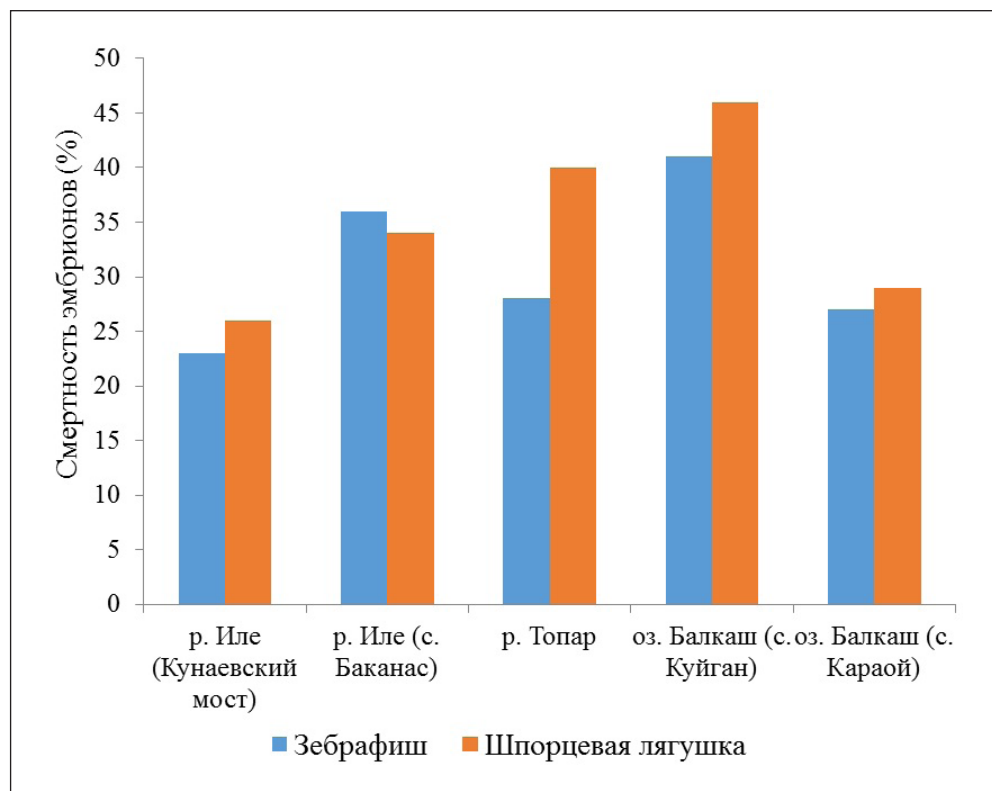


Рисунок 2 – Смертность эмбрионов зебрафиш (*Danio rerio*) и шпорцевой лягушки (*Xenopus laevis*) при воздействии седиментов из водоемов Южного Прибалхашья

Результаты химического анализа донных отложений (седиментов), собранных во время экспедиционных выездов в дельту реки Иле и юго-западную часть озера Балкаш, представлены в таблице 2. В отличие от поверхностных вод (таблица 1), содержание ТМ в донных отложениях значительно превышало ПДК для многих из них: Pb, Cr, Co, Ni, Cd, Cu, Zn и Fe (таблица 2). Например, содержание Pb превышало ПДК в 1,6 раза в р.Топар и в оз. Балкаш (с. Куйган). Содержание Cr было завышенным, кроме этих двух пунктов еще в р. Иле (с. Баканас), соответственно в 1,9; 3,1 и 1,7 раза. Содержание Co в седиментах, так же, как и Pb, превышало ПДК в 2,5 и 1,6 раза в р. Топар и в оз. Балкаш (с. Куйган). Содержание Ni превышало ПДК во всех исследованных пунктах: в 3,4 раза в р. Иле (с. Баканас); в 2,3 раза в оз. Балкаш (с. Караой); в 2,0 раза; в р.Иле (мост им. Д.А. Кунаева); 5,4 раза в р. Топар и в 3,7 раза в оз. Балкаш (с. Куйган). Содержание Cd в седиментах обнаруживалось завышенным в трех пунктах: в р. Иле (с. Баканас) – в 1, 4 раза; в р.Топар – в 2,6 раза и в оз. Балкаш (с. Куйган) – в 1,6 раза. Содержание Cu в донных отложениях превышало уровень ПДК только в одном пункте – в р. Топар – в 2,8 раза, а содержание Zn было завышенным практически во всех исследованных пунктах, соответственно: в 3,2; 2,5; 2,4; 5,2; 1,4 раза. Наиболее высоким в донных отложениях было содержание Fe, которое превышало ПДК в водоемах вышеназванных пунктов, соответственно: в 6,2; 3,3; 2,9; 5,6; 6,9 раза.

Таким образом, содержание Pb, Cr, Co, Ni, Cd, Zn и Fe в донных отложениях было наиболее высоким в р. Иле (с. Баканас), в р.Топар и в оз.Балкаш (с. Куйган). Следует отметить, что превышения ПДК для таких ТМ, как Pb, Cd, Zn и Fe в седиментах, происходит в тех же исследованных пунктах, что и в поверхностных водах, только еще в большей степени. Накопление ТМ в донных отложениях, так же, как и в поверхностных водах, в р. Иле (с. Баканас), р. Топар и оз.Балкаш (с. Куйган) связано со сбросом сточных вод, обмелением, сильным зарастанием вышей водной растительностью, что создает благоприятные условия для заиления дна и осаднения взвешенных частиц, в том числе ТМ [32].

Биотестирование седиментов из р. Иле и оз. Балкаш так же, как и поверхностных вод, проведено на эмбрионах зебрафиш (*Danio rerio*) и шпорцевой лягушки (*Xenopus laevis*). Результаты этого исследования приведены на рисунке 2. На эмбрионах *Danio rerio* было выявлено, что

наименьшим эмбриотоксическим эффектом обладают донные отложения из р. Иле (мост им. Д.А. Кунаева) – смертность эмбрионов составила 23%, затем следуют: оз. Балкаш (с. Караой) – 26%, р. Топар – 27%, р. Иле (с. Баканас) – 36%, оз. Балкаш (с. Куйган) – 40%.

Сходным образом реагировали эмбрионы шпорцевой лягушки (*Xenopus laevis*) при добавлении в инкубируемую воду донных отложений из различных пунктов исследования. Установлено, что уровень смертности эмбрионов *Xenopus laevis* составил при воздействии донных отложений из р. Иле (мост им. Д.А. Кунаева) – 26%, оз. Балкаш (с. Караой) – 28%, р. Иле (с. Баканас) – 34%, р. Топар – 39% и оз. Балкаш (с. Куйган) – 45%.

### Заключение

Таким образом, биотестирование поверхностных вод и седиментов показало, что эмбриотоксический их эффект повышался в ряду: р. Иле (мост им. Д.А. Кунаева), оз. Балкаш (с. Караой), р. Иле (с. Баканас), р. Топар, оз. Балкаш (с. Куйган). При этом воздействие седиментов имело значительный эффект по сравнению с влиянием поверхностных вод, выражающемся в большем проценте смертности эмбрионов как *Danio rerio*, так и *Xenopus laevis*. Это наблюдение соответствовало данным химического анализа, показавшего, что в донных отложениях ТМ накапливаются в большей степени, чем в воде. По мнению ряда исследователей [33], донные отложения водной экосистемы играют большую роль в процессах миграции химических элементов водоема и создают потенциальную опасность для гидробионтов. Тяжелые металлы, накопленные в донных отложениях, как известно, не подвергаются биodeградации и аккумулируются в организмах гидробионтов, поэтому их опасность для развивающихся организмов особенно велика. Высокая смертность эмбрионов, наблюдаемая у *Danio rerio* и *Xenopus laevis* при их инкубировании в загрязненной ТМ воде и при добавлении седиментов, свидетельствует об адекватности данной модели в качестве объектов биотестирования любых водных экосистем, подверженных действию поллютантов. По реакции экспериментальных моделей на загрязненность ТМ аквальных комплексов можно судить о состоянии гидробионтов, обитающих в водоемах. Можно предположить, что снижение численности рыб и амфибий в исследуемых водоемах связано с их гибелью на ранних стадиях развития.



## Литература

- Алейник А. Ю., Назаренко О. Б. Водные ресурсы Казахстана: характеристика и проблемы // Материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции, Томск, 7-9 декабря 2011 г. – С. 255-257.
- Султанова Б.М., Рачковская Е.И., Иващенко А.А., Березовиков Н.Н. Биологическое разнообразие проектируемого Иле-Балхашского природного резервата // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2012. – Т. 33, № 1. – С. 230-233.
- Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан, выпуск № 1 (25), 1 полугодие 2017. – 156 с.
- Кудеков Т.К., Голубцов В.В., Ли В.И. Современные изменения природной среды и гидрологический режим озера Балхаш // Гидрометеорология и экология. – 2005. – № 3. – С. 3–10.
- Burlibaev M.Zh., Dostaj Zh.D., Mirhashimov I., Nikolaenko A.Ju. Sovremennoe sostojanie hozjajstvennoj dejatel'nosti v Ile-Balhashskom bassejne. Integrirovannoe upravlenie vodnymi resursami v Ile-Balkashskom bassejne. UNDP. – Almaty, 2011. – S. 3-16.
- Экология и здоровье нации. / Под ред. акад. НАН РК А.М. Газалиева. – Караганда: Изд-во Карагандинского государственного технического университета, 2016. – 109 с.
- Амиргалиев Н.А., Исмуханова Л.Т. Уровень биоаккумуляции тяжелых металлов в тканях рыб Капшагайского водохранилища. // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2012. – Т. 33, № 1. – С. 30-32.
- Нуртазин С.Т., Салмурзаулы Р., Нильс Тивс, Байбагысов А.М., Икласов М.К., Мухитдинов А.М., Мирасбех Е.А. Причины и тенденции трансформации экосистем дельты реки Иле // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2016. – Т. 46, №1. – С. 90-104.
- Лопарева Т.Я., Шарипова О.А., Петрушенко Л.В. Уровень накопления токсикантов в мышечной ткани рыб в водных бассейнах Республики Казахстан. // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. – 2016. – № 2. – С. 115-122.
- Исбеков К.Б., Асылбекова С.Ж. Перспективы сохранения генофонда редких и исчезающих видов рыб озера Балхаш // Вестник КазНУ. Серия Биологическая. – 2006. – Т. 29, №3. – С. 25-32.
- Лопатин О.Е., Приходько Д.Е., Мамилов Н.Ш., Балабиева Г.К. Магда И.Н. О разнообразии гидрофауны правых притоков реки Иле в пределах Республики Казахстан. // Вестник КазНУ. Серия Экологическая. – 2012. – Т. 33, №31. – С. 188-192.
- OECD. Series on Testing and Assessment No. 179 Validation Report (PHASE 2) For The Zebrafish Embryo Toxicity Test. – ENV/JM/MONO. – 2012. – 25 p.
- Nagel R. Dar T. The embryo test with zebrafish *Danio rerio* – a general model in ecotoxicology and toxicology // ALTEX. – 2002. – Vol. 19. – P. 38-48.
- Hill A., Teraoka H. Et al., Zebrafish as a model vertebrate for investigating chemical toxicity // Toxicological sciences – 2005. – Vol. 86, No. 1. – P. 6-19.
- ASTM. Standard guide for conducting the frog embryo teratogenesis assay – *Xenopus*. Designation E 1439-98 // Annual book of ASTM standards. – 2005. – Vol. 11.5. – P. 825–836.
- Water quality – Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes (Качество воды. Отбор проб. Руководство по составлению программ отбора проб) // Международный стандарт. ISO 5667-1:1982.
- ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. // Межгосударственный стандарт. – 2012. – 25с.
- Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling of bottom sediments of water objects for their pollution analysis // Межгосударственный стандарт. – 2003. – 25с.
- ГОСТ 17.1.5.01–80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 7 с.
- ГОСТ 12536–79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: Стандартинформ, 2008. – 17 с
- Будников Г.Н. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 5. – С.23-29.
- СанПиН 42-128-4433-87 “Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве” (утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР от 30 октября 1987 г. N 4433-87).
- Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: Изд. ВНИИРО, 1999. – 304 с.
- Другов Ю. С., Родин А. А. Анализ загрязненной воды: практическое руководство. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 678 с.
- Annabi A., Said K., Messaoudi I. Cadmium: bioaccumulation, histopathology and detoxifying mechanisms in fish. Am. J. Res. Commun. – 2013. – Vol. 1. – P. 60–79.
- Pandey Govind and Madhuri S. Heavy Metals Causing Toxicity in Animals and Fishes // Research Journal of Animal, Veterinary and Fishery Sciences. – 2014. – Vol. 2, No. 2.- P.17-23
- Sivakumar Rajeshkumar and Xiaoyu Li. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China// Toxicol Rep.- 2018. – Vol 19. No. 5 – P. 288-295.
- Luoma S. M. and Rainbow, P. S. Metal Contamination in Aquatic Environments: Science and Lateral Management. Cambridge University Press, Cambridge, UK. – 2008. – 162 p.

Ahmed Th A Ibrahim, Ekbal T Wassif and Mariana S Alfons. Heavy Metals Assessment in Water, Sediments and Some Organs of *Oreochromis niloticus* under the Impact of Sewage Water // *Journal of Heavy Metal Toxicity and Diseases*. – 2016. – Vol. 35, No. 4 – P. 26-37.

Амиргалиев Н.А. Тяжелые металлы в воде Капшагайского водохранилища на реке Или // *Материалы XI Международной конференции по научному обеспечению АПК Азиатских территорий (Казахстан, Сибирь, Монголия) 24-27 июня 2008 года, г. Новосибирск*. – Новосибирск, 2008. – С. 22-23.

Шарипова О.А., Петрушенко Л.В. К вопросу о токсикологическом состоянии экосистем водных бассейнов Республики Казахстан. // *Вестник научных конференций*. – 2016. – Т. 15, №11-5. – С. 193-195.

Шарипова О.А. Распределение тяжелых металлов в донных отложениях озера Балхаш в зависимости от природных и антропогенных факторов. // *Вестник Томского государственного университета*. – 2015. – № 390. – С. 225–230.

Tilekova Zh.T., Oshakbayev M.T., Yerubaeva G.K. Assessment of norm admissible impact on Water objects of Trans-Balkhash area // *International Journal of Chemical Sciences*. 2015. – Vol. 3, No 13 – p. 1495-1510.

## References

Ahmed Th A Ibrahim, Ekbal T Wassif and Mariana S Alfons. (2016) Heavy Metals Assessment in Water, Sediments and Some Organs of *Oreochromis niloticus* under the Impact of Sewage Water. *Journal of Heavy Metal Toxicity and Diseases*, vol 35, no. 4, pp. 26-37.

Aleinik A. Yu., O. B. Nazarenko. (2001). Vodnye resursy Kazakhstana: harakteristika i problemy [Water resources of Kazakhstan: characteristics and problems]. Proceedings of the XVII Russian Scientific and Technical Conference, Tomsk, December 7-9, 2011 – pp. 255-257.

Amirgaliev N. A., L. T. Ismuhanova. (2016) Uroven' bioakkumulyacii tyazhelyh metallov v tkanyah ryb Kapshagajskogo vodohranilishcha [Bioaccumulation level of heavy metals in fish tissues of the Kapshagay reservoir] *KazNU Bulletin. Ecology series*, vol. 33, no 1. pp. 30-32.

Amirgaliev N.A. (2008) Tyazhelye metally v vode Kapshagajskogo vodohranilishcha na reke Ili [Heavy metals in the water of the Kapshagay reservoir on the river Ili]. Proceedings of the XI International Conference on the Scientific Support of the Agro-Industrial Complex of Asian Territories (Kazakhstan, Siberia, Mongolia) June 24-27, 2008, Novosibirsk, pp. 22-23.

Annabi A., Said K., Messaoudi I. (2013) Cadmium: bioaccumulation, histopathology and detoxifying mechanisms in fish. *Am. J. Res. Commun*, vol. 1, pp. 60–79.

ASTM. (2005) Standard guide for conducting the frog embryo teratogenesis assay – *Xenopus*. Designation E 1439-98, Annual book of ASTM standards, vol. 11.5, pp. 825–836.

Budnikov G.N. (1998) Tyazhelye metally v ehkologicheskom monitoringe vodnyh sistem [Heavy metals in the environmental monitoring of water systems]. *Soros Educational Journal*, no. 5, pp. 23-29.

Burlibaev M. Zh., Dostaj Zh. D., Mirhashimov I., Nikolaenko A. Ju. (2011) Sovremennoe sostojanie hozjajstvennoj dejatel'nosti v Ile-Balkhashskom bassejne Integrirovannoe upravlenie vodnymi resursami v Ile-Balkhashskom bassejne. [Current state of economic activity in the Ile-Balkhash basin. Integrated Water Resource Management in the Ile-Balkhash basin]. UNDP. Almaty, 2011, pp. 3-16.

Drugov YU. S., Rodin A. A. (2012) Analiz zagryaznennoj vody: prakticheskoe rukovodstvo [Polluted water analysis: a practical guide]. Moscow: BINOM. Laboratory of knowledge, 678 p.

Ekologiya i zdorov'e natsii [Ecology and health of the Nation.]. Ed. Acad. NAS RK A. M. Gazaliyev. –Karaganda: Publishing house of Karaganda State Technical University, 2016. – 109 p.

GOST 12536–79. (2008) Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya granulometricheskogo (zernovogo) i mikroagregatnogo sostava [Soils. Laboratory methods for determining the particle size (grain) and microaggregate composition]. Moscow: Standardinform, 17 p.

GOST 17.1.5.01–80. (2002) Ohrana prirody. Gidrosfera. Obshchie trebovaniya k otboru prob donnyh otlozhenij vodnyh ob'ektov dlya analiza na zagryaznennost' [Protection of Nature. Hydrosphere. General requirements for sampling of sediments of water bodies for analysis of pollution]. Moscow: IPK Publishing house of standards, 7 p.

GOST 31861-2012. (2012) Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob [Water. General requirements for sampling]. Interstate Standard, 25 p.

Hill A., Teraoka H. et al. (2005) Zebrafish as a model vertebrate for investigating chemical toxicity. *Toxicological sciences*, vol. 86, no. 1, pp. 6-19.

Informacionnyj byulleten' o sostoyanii okruzhayushchej sredy Respubliki Kazahstan [Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan], Issue no. 1 (25), 1st half of 2017 – 156 p.

Isbekov K. B., Asylbekova S. ZH. (2006) Perspektivy sohraneniya genofonda redkih i ischezayushchih vidov ryb ozera Balhash [Prospects for the preservation of the gene pool of rare and endangered species of fish of Lake Balkhash]. *KazNU Bulletin. Biology series*, vol. 29, no. 3. – pp. 25-32.

Kudekov T. K., Golubcov V. V., Li V. I. (2005) Sovremennye izmeneniya prirodnoj sredy i gidrologicheskij rezhim ozera Balhash [Modern changes in the natural environment and hydrological regime of Lake Balkhash]. *Hydrometeorology and ecology*, no. 3, pp. 3–10.

Lopareva T.YA., O. A. Sharipova, L. V. Petrusenko. (2016) Uroven' nakopleniya toksikantov v myshechnoj tkani ryb v vodnyh bassejnah Respubliki Kazahstan [The level of accumulation of toxicants in the muscle tissue of fish in the water basins of the Republic of Kazakhstan]. *Bulletin of ASTU. Fisheries Series*, no. 2, pp. 115-122.

Lopatin O. E., Prihod'ko D. E., Mamilov N. SH., Balabieva G. K., Magda I. N. (2012) O raznoobrazii gidrofauny pravyyh pritokov reki Ile v predelakh Respubliki Kazahstan [On the diversity of hydrofauna of the right tributaries of the Ile River within the Republic of Kazakhstan]. KazNU Bulletin. Ecology series, vol. 33, no. 31, pp. 188-192.

Luoma, S. M. and Rainbow, P. S. (2008) Metal Contamination in Aquatic Environments: Science and Lateral Management. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 162 p.

Nagel R., Dar T. (2002) The embryo test with zebrafish *Danio rerio* – a general model in ecotoxicology and toxicology, ALTEX, vol. 19, pp. 38-48.

Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling of bottom sediments of water objects for their pollution analysis // Interstate Standard, 2003, 25 p.

Nurtazin S. T., R. Salmurzauly, Tivs Nil's, A. M. Bajbagysov, M. K. Iklasov, A. M. Muhitdinov, E. A. Mirasbek. (2016) Prichiny i tendencii transformacii ehkositsem del'ty reki Ile [Causes and trends of ecosystem transformation in the delta of the river Ile] KazNU Bulletin. Ecology series, vol. 46, no 1. pp. 90-104.

OECD. (2012) Series on Testing and Assessment No. 179 Validation Report (PHASE 2) For The Zebrafish Embryo Toxicity Test. – ENV/JM/MONO, 25 p.

Pandey Govind and Madhuri S. (2014) Heavy Metals Causing Toxicity in Animals and Fishes. Research Journal of Animal, Veterinary and Fishery Sciences, vol. 2, no. 2, pp.17-23.

Perechen' rybohozyajstvennyh normativov: predel'no dopustimyyh koncentracij (PDK) i orientirovochno bezopasnyh urovnjev vozdeystviya (OBUV) vrednyh veshchestv dlya vody vodnyh ob'ektov, imeyushchih rybohozyajstvennoe znachenie [The list of fisheries standards: maximum permissible concentrations (MPC) and approximately safe exposure levels (ASEL) of harmful substances for water bodies of fisheries importance]. Moscow: Izd. VNIRO, 1999, 304 p.

SanPiN 42-128-4433-87. (1987) Sanitarnye normy dopustimyyh koncentracij himicheskikh veshchestv v pochve [Sanitary standards for permissible concentrations of chemicals in the soil] (approved by the Deputy Chief State Sanitary Doctor of the USSR of October 30, 1987 N 4433-87).

SHaripova O. A., Petrushenko L. V. (2016) K voprosu o toksikologicheskom sostoyanii ehkositsem vodnyh bassejnov Respubliki Kazahstan [To the question of the toxicological state of the ecosystems of water basins of the Republic of Kazakhstan], Bulletin of scientific conferences, vol. 15, no. 11-5, pp.193-195.

SHaripova O.A. (2015) Raspredelenie tyazhelyh metallov v donnyh otlozheniyah ozera Balhash v zavisimosti ot prirodnyh i antropogennyh faktorov [Distribution of heavy metals in bottom sediments of Lake Balkhash, depending on natural and anthropogenic factors]. Bulletin of Tomsk State University, no 390, pp. 225–230.

Sivakumar Rajeshkumar and Xiaoyu Li. (2018) Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. Toxicol Rep, vol 19, no. 5, pp. 288-295.

Sultanova B. M., E. I. Rachkovskaya, A. A. Ivashchenko, N. N. Berezovikov. (2012) Biologicheskoe raznoobrazie proektiruемого Ile-Balhashskogo prirodnogo rezervata [Biological diversity of the projected Ile-Balkhash nature reserve] KazNU Bulletin. Ecology series, vol. 33, no 1. – pp. 230-233.

Tilekova Zh. T., Oshakbayev M. T., Yerubaeyva G. K. (2015) Assessment of norm admissible impact on Water objects of Trans-Balkhash area. International Journal of Chemical Sciences, vol. 3, no 13, pp. 1495-1510.

Water quality – Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes. International Standard. ISO 5667-1:1982.