

## АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (Ph.D.)  
по специальности «6D060700 – Биология»

**Аубакировой Молдир Орныкбаевны** на тему:

«Оценка экологического состояния фоновых и антропогенно трансформированных водоемов Юго-Востока Казахстана на основе структурных показателей зоопланктона»

**Общая характеристика работы.** Работа посвящена оценке уровня антропогенной трансформации малых водоемов Юго-Востока Казахстана на основе структурных показателей зоопланктонных сообществ.

**Актуальность темы исследования:** Обследованные фоновые и антропогенно трансформированные водоемы относятся к категории малых, площадь которых не превышает 10 км<sup>2</sup>. Их гидробиология исследована существенно хуже во всем мире, так как основное внимание уделяется крупным водоемам рыбохозяйственного значения. Малые водоемы характеризуются небольшими глубинами и площадью, и различным типом питания (атмосферные осадки, подземный сток, речные воды), что приводит к высокой неоднородности гидрохимических параметров. Эти особенности малых водоемов создают предпосылки для сохранения высокого разнообразия гидроценозов. Малые водоемы являются местом обитания специфических видов планктонных беспозвоночных, как, например, новых для науки и для фауны Казахстана *Calanoida* (*Arctodiptomus* (*Arctodiptomus*) *naursumensis*, *Gigantodiptomus irtyschensis*, *Arctodiptomus ulomskyi* и *A. spinosus*. Своеобразие малых водоемов делают их модельным объектом для изучения адаптаций гидробионтов к неустойчивым условиям водной среды. Видовой состав и структура гидроценозов могут существенно изменяться на протяжении короткого промежутка времени. В свою очередь, исследования ответной реакции гидроценозов могут быть использованы для биоиндикации экологического состояния малых водоемов. Расширение набора методов оценки экологического состояния водоемов в условиях дефицита водных ресурсов в стране является актуальной задачей. Чаще всего оценку качества природных вод проводят на основе химических показателей (система ПДК). Химические методы не позволяют получить полную информацию о степени опасности/пригодности использования водоисточников для различных целей, так как поступающие загрязняющие вещества вступают между собой в разнообразные химические взаимодействия. Кроме того, загрязняющих веществ очень много, и их всех невозможно определить химическими методами. Структурные показатели биологических сообществ дают интегральную оценку экологического состояния водоемов, так как живые организмы приспосабливаются к определенному комплексу внешних условий. Одним из хороших индикаторов является зоопланктон, представленный беспозвоночными животными с различной продолжительностью жизненных циклов. С учетом сказанного, основное внимание было уделено исследованию зоопланктона малых водоемов Юго-Востока Казахстана.

**Объект исследования:** зоопланктон фоновых и антропогенно трансформированных водоемов Юго-Востока Казахстана.

**Предмет исследования:** видовой состав, численность, биомасса, состав доминирующих видов, разнообразие, размерные показатели.

**Методы исследования:** Для характеристики условий обитания планктонных животных отбирали гидрохимические пробы и пробы фитопланктона. Их отбор и обработка проведены стандартными методами. Содержание тяжелых металлов в воде определялось с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра ААС-1 и мас-спектрометра Agilent 7500 А. Отбор и обработка проб фитопланктона и зоопланктона проведены стандартными гидробиологическими методами. Статистический анализ данных проводился с использованием программ BioDiversityPro, JASP, Statistica 10, Canoco 5.

**Цель работы:** исследование структурных показателей зоопланктонных сообществ для оценки экологического состояния малых водоемов Юго-Востока Казахстана.

**Задачи исследования:**

1. Исследования условий обитания планктонных беспозвоночных (морфометрическая, химико-токсикологическая характеристика водоемов, исследования структуры фитопланктона для описания трофических условий).

2. Исследования структурных показателей зоопланктона (видовое богатство, численность, биомасса, состав доминирующих групп и видов, размерные показатели, индекс разнообразия Шеннона, структура доминирования видов – индекс  $\Delta$ -Шеннона).

3. Статистический анализ полученных данных для оценки влияния внешних факторов на структурные показатели зоопланктонных сообществ

4. Выделение индикаторных показателей зоопланктонных сообществ.

5. Оценка экологического состояния обследованных водоемов на основе данных химического анализа и биологических показателей.

**Научная новизна исследования.** Впервые приводятся сведения по видовому составу, количественным и структурным показателям зоопланктона 31 малых водоемов Юго-Востока Казахстана. Зоопланктон был представлен 131 таксоном (Rotifera – 60%, Cladocera – 22%, Copepoda – 16% из общего списка). Наибольшее число видов выявлено в составе родов *Brachionus* (11), *Lecane* (8), *Keratella* (7), *Synchaeta* (6), *Trichocerca* (6), *Daphnia* (8). Веслоногие ракообразные были представлены 1-2 видами в каждом роде. Cyclopoidea насчитывали 10, Calanoida – всего 4 вида. Впервые, анализ распространения Calanoida в Казахстане показало, что обследованные водоемы характеризовались существенно меньшим числом видов отряда (4), по сравнению с другими регионами страны (10-20). Впервые, выделены индикаторные показатели зоопланктона для оценки экологического состояния малых водоемов. Показано, что для оценки уровня органического, токсического или смешанного загрязнения можно использовать такие показатели как видовой состав, численность, биомасса, состав доминирующих видов, средняя индивидуальная масса особи, индекс

разнообразия Шеннона, а также представленность в популяциях циклопов особей с тератологическими отклонениями. Впервые проведена комплексная оценка экологического состояния обследованных водоемов. Они характеризовались различным уровнем органического загрязнения, при слабом токсическом загрязнении.

**Теоретическая значимость работы** – получение комплекса новых научных данных об особенностях формирования структуры зоопланктонных сообществ и их индикаторной роли в оценке экологического состояния малых водоемов.

**Практическая ценность исследования.** Результаты исследований могут быть использованы для оценки экологического состояния малых водоемов методами биоиндикации. Данные по кормности на основе биомассы зоопланктона позволяют оценить рыбопродуктивность и регулировать рыболовство в малых водоемах.

**Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Малые водоемы играют существенную роль в сохранении глобального и локального биоразнообразия;

2. Своеобразие зоопланктофауны малых водоемов обусловлено специфическими условиями обитания в связи с гетерогенностью и вариабельностью гидрологических, морфометрических и химических показателей;

3. Индикаторными показателями усиления органического загрязнения малых водоемов (эвтрофирование) являются изменения видового состава зоопланктона в сторону усиления доминирования мелких видов, повышение суммарной численности, снижение средней индивидуальной массы зоопланктона;

4. В условиях смешанного загрязнения накопителей сточных закономерности сукцессионных перестроек зоопланктонных сообществ отличаются от естественных процессов;

5. Антропогенный характер сукцессии накопителей обусловлен смешанным составом питающих их сточных вод; изменения соотношения органической и токсической составляющей являются основными факторами формирования структуры зоопланктонных сообществ накопителей сточных вод.

**Основные результаты исследований и выводы:** Выделены индикаторные показатели зоопланктона при органическом, токсическом и смешанном загрязнении водоемов. Проведена оценка экологического состояния малых водоемов Юго-Востока Казахстана на основе структурных показателей зоопланктона.

**Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:**

1. Согласно гидрохимическим данным и величине биомассы фитопланктона, условия существования планктонных беспозвоночных в большей части обследованных водоемов были благоприятными.

2. Зоопланктон был представлен 131 таксоном. Численность зоопланктона достигала 10,0-328,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>, при биомассе 0,2-5,2 г/м<sup>3</sup>.

Доминировали коловратки *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, ветвистоусые *Bosmina longirostris*, *Daphnia magna*, *D. pulex*, веслоногие *Thermocyclops crassus*, *T. taihokuensis*, *Acanthocyclops trajani*. Средняя индивидуальная масса особи была равна 0,006-0,030 мг. Индекс Шеннона варьировал от 0,73 до 1,30 экз/бит и от 0,64 бит/мг до 1,19 бит/мг.

3. Согласно статистическому анализу (PCA, RDA), основными факторами, контролирующими структуру зоопланктона в горных водоемах, были прозрачность воды и содержание нитратов; в равнинных водоемах – температура, минерализация, содержание фосфатов, уровень развития кормовой базы (биомасса фитопланктона) и содержание тяжелых металлов.

4. Выделены индикаторные показатели зоопланктона. При усилении органического загрязнения в зоопланктоне присутствуют виды родов *Brachionus*, *Chydorus*, *Bosmina*, *Thermocyclops*. Численность зоопланктона возрастает в среднем от 10,0 до 328,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>, при увеличении биомассы от 0,2 до 5,2 г/м<sup>3</sup>. Усиливается доминирование мелких ветвистоусых *Bosmina longirostris* и циклопов *Thermocyclops crassus* и *T. taihokuensis*. Средняя индивидуальная масса особи снижается от 0,03 до 0,006 мг. Индекс разнообразия Шеннона возрастает от 0,73 до 1,30 экз/бит и от 0,64 бит/мг до 1,19 бит/мг. При усилении токсического загрязнения за счет подавления чувствительных видов планктонных беспозвоночных, зоопланктон имеет более низкие значения численности и биомассы, по сравнению с потенциально возможными. Снижается доля ветвистоусых ракообразных (Cladocera) в суммарных количественных показателях зоопланктона, а роль циклопов Cyclopoidea усиливается. Доминирует циклоп *Acanthocyclops trajani*. В популяциях циклопов постоянно присутствуют особи с тератологическими отклонениями. В условиях смешанного загрязнения водоемов зоопланктон имеет нестабильную структуру. При увеличении доли токсической составляющей доминируют циклопы, а доля ветвистоусых снижается. При снижении токсического загрязнения структура зоопланктона меняется в сторону усиления доминирования по биомассе ветвистоусых ракообразных. Постоянный приток биогенных элементов за счет коммунальных стоков способствует массовому размножению крупных дафний, например, *Daphnia magna* и *Daphnia pulex* и увеличению численности и биомассы зоопланктона.

5. Дана комплексная оценка экологического состояния обследованных водоемов на основе гидрохимических и структурных показателей зоопланктона. Озера Верхний Кольсай, Сарыбулак, Бартогай, Кайынды, Иссык, Средний Кольсай и Жартас были отнесены к категории предельно чистых, Нижний Кольсай, Курты и Алтай – слабо загрязненных водоемов. В озерах Кайрат, Космос, Али, Первомайка, Деревянное, Алтынколь, Косагаш, Малая Подкова, Большая Подкова, Карасу, Мыкынды, Актобеауит, Бидайбеауит, Учбулак и Домалакколь уровень органического загрязнения находился на повышенном уровне. Сорбулак, ПСК 7, ПСК 8 были оценены как водоемы с умеренным уровнем органического загрязнения. Уровень органического загрязнения в озерах Шарбакты, Аякколь, Кызылауит,

Алтынколь варьировал от слабо загрязненных до весьма грязных. Токсическое загрязнение всех обследованных водоемах было невысоким.

Все поставленные в диссертации задачи выполнены.

**Связь с планом основных научных работ.** Диссертация выполнена в рамках грантового проекта AP08855655 «Оценка экологического состояния накопителей системы Правобережного Сорбулакского канала для разработки научных основ утилизации сточных вод» (РГП на ПХВ «Институт зоологии» КН МОН РК).

**Апробация работы.** Международные научно-практические конференции: 1. Разнообразие зоопланктона горных озер Юго-Востока Казахстана // Экология и сохранение животного мира. – Алматы, Казахстан, 2018; 2. О зоопланктоне малых водоемов г. Алматы и Алматинской области // Актуальные проблемы биологии и сохранения биоразнообразия. – Алматы, Казахстан, 2019; 3. *Acanthocyclops trajani* Mirabdullayev et Defaye (Copepoda, Cyclopoida) as an indicator of the ecological state of water bodies in Kazakhstan // «Water, Ecology and Environment. – Бейжинг, Китай, 2020. Журналы КОКСОН: 1. Комплексная оценка экологического состояния накопителей сточных вод системы правобережного Сорбулакского канала // Вестник КазНУ, «Биолог. серия». – 2019, №2 (79), – С. 121-128; 2. Видовое богатство зоопланктона малых озёр Алматинской области // Вестник КазНУ, «Биолог. серия». – 2020, №3 (84), – С. 109-118; 3. Heavy Metals in Fresh Waters of Kazakhstan and Methodological Approaches to Developing a Regional Water Quality Classification // Central Asian Journal of Water Research. – 2020, №6 (2), – С. 19-41. Журналы Scopus и Web of Science: 1. Tracking pollution and its sources in the catchment-lake system of major waterbodies in Kazakhstan // Lakes and Reservoirs: Research and Management. – 2020, – Vol. 25, – С. 18-30; 2. Planktonic Invertebrates in the Assessment of Long-Term Change in Water Quality of the Sorbulak Wastewater Disposal System (Kazakhstan) // Water. – 2020. – Vol. 12, №3409; 3. The Role of External Factors in the Variability of the Structure of the Zooplankton Community of Small Lakes (South-East Kazakhstan) // Water. – 2021. – Vol. 13, №962; Checklist and Distribution of Calanoida (Crustacea: Copepoda) in Kazakhstan (Central Asia) // Water. – 2021. – Vol. 13, №2015. В сборниках научных трудов: 1. «Методические рекомендации для оценки экологического состояния водоемов по биологическим и химическим показателям». 2018.; 2. «Контроль качества обработки проб зоопланктона». 2019.

**Публикации и личный вклад автора.** Результаты диссертации опубликованы в 12 печатных изданиях. В опубликованных статьях личный вклад автора был основным.

**Структура диссертации.** Диссертация изложена на 111 страницах и состоит из определений, обозначений и сокращений, введения, обзора литературы, материалов и методов, результатов и обсуждения, заключения, списка использованных источников из 205 наименований, содержит 22 таблиц, 16 рисунков и 3 приложений.