

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт экологии и географии  
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ И.Н. Безкоровайна  
подпись                      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

Исследование биодоступности тяжелых металлов в природных водах по  
показателю выживаемости *Daphnia magna*

05.03.06 – Экология и природопользование

05.03.06.02 – Природопользование

Выпускник

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

О.В.Бабичева

инициалы, фамилия

Научный руководитель

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

доцент, к.б.н.

должность, ученая степень, инициалы, фамилия

Т.Л. Шашкова

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

П.А. Красноперова

инициалы, фамилия

Красноярск 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Литературный обзор.....	6
1.1 Естественные и антропогенные аспекты формирования состава и качества природных вод.....	6
1.2 Тяжелые металлы как ксенобиотики в водной среде.....	10
1.3 Трансформация тяжелых металлов в природных водах.....	12
1.4 Биотестирование как интегральный метод оценки окружающей среды	13
1.5 Биологические особенности <i>Daphnia magna</i> Straus, обуславливающие их использование в биотестировании.....	15
2 Объекты и метод исследования.....	18
2.1 Характеристика объекта исследования.....	18
2.2 Методика определения биодоступности тяжелых металлов в пробах природных вод.....	22
3 Результаты и обсуждение.....	26
3.1 Исследование биодоступности ионов меди.....	26
3.2 Исследование биодоступности ионов кадмия.....	29
3.3 Исследование биодоступности ионов цинка.....	31
3.4 Исследование биодоступности бихромата калия.....	33
3.5 Сравнение биодоступности тяжелых металлов для разных тест-организмов.....	35
Заключение.....	40
Список использованных источников.....	41
Приложения.....	49

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из результатов производственной деятельности человека является изменение качественного состава природной воды [4, 15, 41]. Со сточными водами предприятий, а также с атмосферными осадками в водные объекты поступают загрязняющие вещества, среди которых особую роль занимают тяжелые металлы. Даже в малых концентрациях эти элементы могут оказывать токсический эффект на гидробионтов, и, как следствие - на человека [1, 3, 57].

Попадая в водоем, тяжелые металлы не поддаются процессу биодegradации, это в свою очередь приводит к биоаккумуляции загрязняющих веществ в донных отложениях и живых организмах. Вовлекаемые в экосистемные процессы водных объектов, поллютанты несут нарушения в установленные взаимосвязи, возникают мутации, снижение численности популяций или вовсе их исчезновение [31, 35, 47].

Рядом авторов в экспериментах с различными тест-организмами было замечено, что токсический эффект проб на один и тот же тест-объект в разных водоемах с одинаковым содержанием тяжелых металлов может значительно варьировать [34, 42, 53, 68]. Данное обстоятельство привлекает внимание ученых к привычной системе нормирования существующими ПДК. В виду неоднородности условий отдельно взятых водных объектов данные меры регулирования могут быть недостаточны и требовать модернизации [5, 23, 37, 40]. Так, при проведении химического анализа водного объекта, содержание тяжелых металлов может не превышать нормативов ПДК, однако, это не является гарантом, исключая негативные последствия для гидробионтов, даже при допустимых концентрациях может происходить угнетение живых организмов, так как тяжелые металлы могут присутствовать в водной среде как в растворенном состоянии, так и в комплексе с органическими веществами [11, 29, 32, 39].

Попадая в природные воды, тяжелые металлы оказываются в условиях постоянного взаимодействия с различными компонентами водной

среды [25, 29, 33, 59], происходит модификация их токсических свойств. Растворенное органическое вещество, присутствующее в природных водах, является определяющим в этом процессе и выступает в качестве комплексообразователя. За счет этого происходит связывание ионов металла и, таким образом, снижается токсическое действие ксенобиотика и его биодоступность для гидробионтов [11, 19, 34, 67].

Вопрос биодоступности тяжелых металлов в природных водах является одним из приоритетных направлений экологического мониторинга и экологического диагностирования в настоящее время [34, 59, 61, 63, 65].

Подобные исследования проводились на базе Сибирского Федерального университета, на кафедре экологии и природопользования с применением биотеста на основе реакции водоросли хлореллы [25, 34]. Между тем, токсичность тяжелых металлов и механизмы их воздействия на различные группы организмов могут иметь отличия, поэтому актуальным является продолжение данных исследований с другими гидробионтами более высокого трофического уровня. Дафнии являются вторым звеном в трофической цепи, имеют короткий жизненный цикл и просты в культивации, следовательно, являются подходящим тест-организмом для этой цели [8, 10, 14, 42, 54].

В связи с этим целью данной работы является оценка биодоступности тяжелых металлов (кадмия, меди, цинка и бихромата калия) в пробах природной воды для тест-организма *Daphnia magna* Straus.

В рамках этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить токсическое действие тяжелых металлов на выживаемость *Daphnia magna* в культивационной воде;
2. Определить токсическое действие тяжелых металлов, внесенных в пробы природной воды из р.Енисей и р.Кача, на выживаемость *Daphnia magna*;
3. Сравнить способность природных вод р.Енисей и р.Кача изменять биодоступность разных тяжелых металлов для тест-организма *Daphnia magna*;

4. Сравнить биодоступность тяжелых металлов в природных водах для *Daphnia magna* с их биодоступностью для тест-культуры *Chlorella vulgaris* по проведенным ранее исследованиям.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Токсическое действие тяжелых металлов в культивационной среде проявлялось в снижении выживаемости дафний в исследуемых диапазонах концентраций, показатель ЛК<sub>(50-48)</sub> составил для ионов меди – 0,027 мг/л; ионов кадмия – 0,0075 мг/л; ионов цинка – 0,33 мг/л; бихромата калия – 0,16 мг/л;

2. Токсическое действие тяжелых металлов, вносимых в пробы природной воды, снижалось, по сравнению с их действием в культивационной воде. На основе полученных коэффициентов снижения токсичности был составлен ряд тяжелых металлов, в котором происходит уменьшение способности снижать свои токсические свойства по отношению к организму дафний в природных водах:  $K_2Cr_2O_7 > Cd > Cu > Zn$ .

3. Снижение биодоступности кадмия для дафний проявляется в равной степени в водах р. Кача и р. Енисей. По отношению к меди, цинку и бихромату калия большей связующей способностью обладают воды р. Кача;


4. Биодоступность тяжелых металлов в природных водах р.Енисей и р.Кача для *Daphnia magna* выше, чем для *Chlorella vulgaris*.



Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт экологии и географии  
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 И.Н. Безкоровайная

подпись                      инициалы, фамилия

« 01 » 04 2019 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

Исследование биодоступности тяжелых металлов в природных водах  
по показателю выживаемости *Daphnia magna*

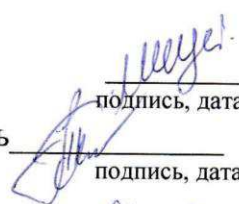
05.03.06 – Экология и природопользование

05.03.06.02 - Экология и природопользование

Выпускник

Научный руководитель

Нормоконтролер

 \_\_\_\_\_  
подпись, дата

\_\_\_\_\_

 \_\_\_\_\_  
подпись, дата

О.В. Бабичева

инициалы, фамилия

доцент, к.б.н., Т.Л. Шашкова

должность, ученая степень инициалы, фамилия

П.А. Красноперова

инициалы, фамилия

Красноярск 2019