

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  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

05.03.06 – экология и природопользование  
**05.03.06.02 – Природопользование**

Ряска малая в фитотестировании почвенных суспензий

Руководитель	16.06.2020 подпись, дата	<u>к.б.н., профессор Ю. С. Григорьев</u> инициалы, фамилия
Консультант	16.06.2020 подпись, дата	<u>ст. преподаватель М. А. Субботин</u> инициалы, фамилия
Студент <u>ЭБ16-02Б</u> номер группы	16.06.2020 подпись, дата	<u>Е. Д. Иванова</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролер	подпись, дата	<u>П. А. Красноперова</u> инициалы, фамилия

Красноярск 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1 Обзор литературы .....	6
1.1 Биология ряски малой .....	6
1.2 Рясковые как объект для биотестирования .....	8
1.3 Биотестирование на корнях ряски .....	11
1.4 Биотестирование почвенной среды на растительных тест-объектах ...	12
1.5 Роль тяжелых металлов в жизни растений .....	13
2. Объект и методы исследования .....	18
3. Результаты и их обсуждение .....	22
3.1 Влияние условий эксперимента на длину отрастания корней ряски малой .....	22
3.2 Влияние ионов никеля на отрастание корней ряски малой в почвенной суспензии .....	26
3.3 Влияние уровня рН на жизнедеятельность и отрастание корней ряски малой .....	30
Заключение .....	33
Список использованных источников .....	34

## ВВЕДЕНИЕ

Расширение хозяйственной деятельности человека ведёт к неуклонному росту числа веществ, загрязняющих водную и почвенную среду. Отходы человеческой жизнедеятельности, попадая в атмосферу, воду и почву, могут либо представлять угрозу для жизни живых организмов (пестициды, тяжелые металлы), либо являться необходимыми для их жизнедеятельности. Таким образом, можно сказать, что антропогенные компоненты вызывают более или менее сильное загрязнение биологических систем, которые либо приспосабливаются к новым условиям, выдерживают их, либо обречены на вымирание [1].

Нормативы и стандарты, регламентирующие концентрации отдельных загрязняющих веществ или силу воздействий, не всегда способны адекватно оценить состояние окружающей среды в целом. Многие антропогенные факторы могут действовать аддитивно. В такой ситуации наиболее чувствительной и информативной оказывается реакция биологических объектов [2]. В настоящее время ведется поиск новых тест-объектов для проведения экспресс-тестов на токсичность воды, вытяжек из почвы и почвенных суспензий.

Поводом к этому становится, во-первых, большое число потенциальных загрязнителей, для многих из которых не разработаны методики определения их в природных образцах. Во-вторых, некорректность оценок общей токсичности на основании данных только химического анализа, поскольку они не учитывают возможного комплексного действия загрязнителей и продуктов их взаимодействия, иногда более токсичных, нежели исходные вещества [3].

При биотестировании токсичности мутных сред, таких как сточные воды и почвенные суспензии, применение в качестве тест-объектов одноклеточных организмов и низших ракообразных встречает значительные

трудности в процедуре подсчета этих малых по размерам тест-организмов. Поэтому необходим организм, который непосредственно контактирует с тестируемой средой, а оценка воздействия токсикантов на него не зависела бы от оптических свойств самой пробы.

Именно поэтому в последнее время растительные биоиндикаторы привлекают к себе все больше внимания. О содержании в тестируемой среде тяжёлых металлов и других загрязнителей можно судить по ответу тест-организма, например, по изменению скорости роста и увеличению биомассы, по изменению окраски листьев и т.д. [3].

Решением данной проблемы может быть использование ряски малой как тест-организма. Использование ряски для биотестирования позволяет работать с мутными пробами, такие как почвенные суспензии, обеспечивая большую доступность загрязнителей для тест-организма. Токсичность можно определить по степени отрастания корней, которые находятся в непосредственном контакте с почвой, что обеспечивает наиболее полное установление содержания загрязняющих веществ в ней. Даная тест-функция позволяет в короткие сроки и с высокой чувствительностью получить количественную оценку действия загрязняющих веществ на ряску [4].

Традиционно токсичность почвы устанавливается путем биотестирования водной вытяжки из нее [5, 6, 7]. Однако эти методы не позволяют извлечь все токсические вещества, поскольку большая часть их связана самой почвой. Увеличить извлекаемость загрязнителей и повысить биодоступность токсикантов возможно через обеспечение прямого контакта тест-организма с почвенной суспензией [8]. Одним из факторов, усиливающих обмен тест-организма со средой, может выступать перемешивание водной среды, содержащей растворённые исследуемые вещества. В связи с этим, целью данной работы являлось изучение влияния условий вращения на отрастание корней ряски малой при добавлении почвы и установление доступности в ней ионов никеля.

Для достижения поставленной цели были поставлены задачи:

1. Сравнить рост корней ряски малой в условиях вращения и неподвижном положении флаконов с пробами почвы.
2. Выполнить эксперименты для изучения действия ионов никеля на отрастание корней ряски малой в растворе и в почвенной суспензии в подвижном и стационарном положении проб.
3. Определить влияние pH на роста ряски малой в водной среде.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. При экспонировании пробы с почвой в условиях непрерывного перемешивания в устройствах УЭР-03 образующаяся почвенная суспензия подавляет рост корней ряски малой. В этих условиях затруднительно установить степень токсического действия содержащихся в почве загрязняющих веществ по данному показателю.

2. В неподвижно стоящих пробах с почвой корни ряски малой растут хорошо, однако токсическое действие ионов никеля в концентрации до 20 мг/л не проявляется. В среде без внесения почвы этот металл полностью подавляет прирост корней в концентрации 0,2 мг/л.

3. Ряска малая по показателю отрастания корней обладает высокой чувствительностью к кислотности среды. При рН ниже 4 рост корней останавливается.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Растения как биоиндикаторы состояния окружающей среды / Н. В. Пахарькова [и др.]. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. – 106с.
2. Современные подходы к биоконтролю состояния окружающей среды : учеб. пособие / под общ. ред. Г. А. Сорокиной. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 148 с.
3. Биологическое тестирование почвы : метод указания к изучению дисциплины / сост. Л. В. Цаценко. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 39 с.
4. Park, A. A novel bioassay using root re-growth in *Lemna* / A. Park, Y.-J. Kim, E.-M. Choi, M. T. Brown, T. Han // *Aquatic Toxicology*. – 2013. – Vol. 140–141. – P. 415–424.
5. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды: учебно - методическое пособие/ А.Г. Бубнов [и др.]; под общ. ред. В.И. Гриневича; ГОУ ВПО Иван. гос. хим. - технол. ун-т. - Иваново, 2007. -112 с.
6. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / Ред. О. П. Мелехова, Е. И. Сарапульцева. М.: Издательский центр «Академия» 2010, 288 с. 3-е изд. ISBN 978-5-7695-7033-9.
7. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04/16.1:2:2.3:3.7-04 Методика измерений оптической плотности культуры водорослей хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления – Москва, 2014. – 35 с.
8. Терехова, В. А. Биотестирование почв: Подходы и проблемы / В. А. Терехова. – Почвоведение, 2011. - № 2, с. 190 – 198.
9. Lämmler, A. Elias Landolt and the Duckweeds / A. Lämmler, J. Bogner // *Aroideana*. – 2014. – Vol. 37. – P. 80-88.

10. Алексеева, С. И., Рост и развитие генетически однородной линии многокоренника обыкновенного *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. при воздействии водными экстрактами дикорастущих растений Якутии / С. И. Алексеева, Ж. М. Охлопкова // Вестник СВФУ. – 2018. - № 2. – С. 5-17.
11. Гайдукова, С. Е. Разработка системы генетической трансформации ряски малой *lemna minor* / С. Е. Гайдукова, А. Л. Ракитин, Н. В. Равин, К. Г. Скрябин, А. М. Камионская // Экологическая генетика. – 2008. – Т. 6, № 4. – С.20-28.
12. Леонова Т. Г. Семейство рясковые (Lemnaceae) / Т. Г. Леонова // Жизнь растений : в 6 т./ под ред. А. Л. Тахтаджяна. – Москва : Просвещение, 1982.- Т. 6 – С. 493-500.
13. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О. П. Мелехова [и др.]. – Москва : Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
14. Цаценко, Л. В. Ряска – перспективное овощное растение / Л. В. Цаценко, Г. С. Гикало, А. М. Бурдун // Научный журнал КубГАУ. – 2014. –№ 08(102). – С. 1181–1193.
15. Грудзинская И. А. Семейство Аронниковые (Araceae) / И. А. Грудзинская // Жизнь растений : в 6 т. / под. ред. А. Л. Тахтаджяна. – Москва : Просвещение, 1982. - Т. 6 - С. 466-493.
16. Цаценко, Л В. Оценка фитотоксичности почвы на посевах подсолнечника с помощью биотеста ряски малой (*Lemna minor* L.) / Л. В. Цаценко, А А. Перстенёва, В. Г. Гусев // Научный журнал КубГАУ. – 2010. - № 05 (59). – С. 1-9.
17. Авдеева, Е. В. Рост и индикаторная роль зеленых насаждений в урбанизированной среде / Е. В. Авдеева. – Красноярск : СибГТУ, 2007. - 382 с.



18. Сохранение и восстановление биоразнообразия / М. В. Гусев, О. П. Мелехова, Э. П. Романова. – Москва: Издательство научного и учебно-методического центра, 202.-266 с.
19. Сторчак, Т. В. Изменение некоторых физиологических показателей ряски малой (*Lemna minor* L.) при действии солей никеля и цинка / Т. В. Сторчак, В. А. Крюкова // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. - 2017. - № 3 (16). - С. 99–105. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/storchak>.
20. Капитонова, О. А. Особенности аккумуляции тяжёлых металлов ряской малой / О. А. Капитонова // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. – 2004. – С. 132-134.
21. Николишин, И. Я. Возможности использования растений в качестве индикаторов накопления и действия тяжёлых металлов в экологическом мониторинге / И. Я. Николишин // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. – Л.: Гидрометеиздат. – Т. 1. – С. 42-56.
22. Цаценко, Л. В. Обнаружение ионов тяжелых металлов в воде методом аналитического биотестирования с помощью ряски малой (*Lemnaminor* L.) / Л. В. Цаценко // Труды Кубанского государственного аграрного университета - 2014, - №48. - С. 407-409.
23. Цаценко, Л. В. Рясковые как модельный объект в биотестировании водной и почвенной среды / Л. В. Цаценко, В. Г. Пасхалиди // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – № 4 (176). – С. 146–151.
24. Appenroth, K. J. After the genome sequencing of duckweed – how to proceed with research on the fastest growing angiosperm? / K. J. Appenroth, D. J. Crawford, D. H. Les // Plant Biology. – 2015. – Vol. 17. – No 1. – P. 1–4.
25. Cao, H.X. The map- based genome sequence of *Spirodela polyrhiza* aligned with its chromosomes, a reference for karyotype evolution / G.T.H. Vu, W. Wang [et al.]. // New Phytologist. – 2016. – Vol. 209. – No 1. – P. 354–363.

26. Kuehdorf, K. The clonal dependence of turion formation in the duckweed *Spirodela polyrhiza* – an ecogeographical approach / K. Kuehdorf, G. Jetschke, L. Ballani [et al.]. // *Physiologia plantarum*. – 2014. – Vol. 150. – No 1. – P. 46–54.
27. Wang, W. Literature review on higher plants for toxicity testing / W. Wang, // *Water, air, and soil Pollution*. – 1991. – Vol. 59. – P. 381-400.
28. Ekperusi, A. O. Application of common duckweed (*Lemna minor*) in phytoremediation of chemicals in the environment: State and future perspective / A. O. Ekperusi, F. D. Sikoki, E. O. Nwachukwu // *Chemosphere*. – 2019. – Vol. 223. – P. 285 – 309.
29. Тахтаджян, А. Л. Жизнь растений / А. Л. Тахтаджян. – Москва: Просвещение, 1982. –Т.6. – 608 с. 22.
30. Kittiwongwattana, C. Effects of nutrient media on vegetative growth of *Lemna minor* and *Landoltia punctata* during in vitro and ex vitro cultivation / C. Kittiwongwattana // *Maejo International Journal of Science and Technology*. – 2013. – Vol. 7. – P. 60–69.
31. Бульская, И. В. Исследование растительных тест-объектов для оценки токсичности городских поверхностных стоков (на примере г. Бреста) / И.В. Бульская, А.П. Колбас, Д.С. Дылюк // *Вестник национальной академии наук Беларуси*, 2016. - № 2. - С. 101-107
32. Дакиёва, Д. Химический состав макрофитов и факторы, определяющие концентрации минеральных веществ в высших водных растениях / Д. Дакиёва, И. А. Петрова // *Гидробиологические процессы в водоёмах*. – Л.: Наука, 1983. – С. 107-213.
33. Никаноров, А. М. Биомониторинг тяжёлых металлов в пресноводных экосистемах / А. М. Никаноров, А. В. Жулидов, А. В. Покаржевский. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 144 с.
34. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях : Перевод с английского. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

35. Кузнецов, А. Е. Проблемы фитотестирования малоопасных отходов сахарного производства / А. Е. Кузнецов [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2012. - №6. – С. 53 – 56.
36. Багдасарян, А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: Дисертация кандидата биол. наук. Ставропольский государственный университет, Ставрополь, 2005
37. Вальков, В. Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность чернозема / В. Ф. Вальков , С. И. Колесников , К. Ш. Казеев // Агрoхимия, 1997.— № 6. — С. 50 — 55.
38. Андреева, И. В. Сравнительная характеристика растений-гипераккумуляторов по накоплению никеля в целях фиторемедиации / И. В. Андреева // Агрoхимический вестник. – 2013. - № 6. – С. 31-33.
39. Программа первоочередных мероприятий по оздоровлению городских почв / Башкин В. Н., Завалин А. А., Жеребцова Г. П., Прохоров И. С., Карпова Д. В. и др. – М.: Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, 2004. – 198 с.
40. Маячкина, Н. В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки / Н. В. Маячкина, М. В. Чугунова // Вестник нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского, 2009. - №1. – С. 34 – 93.
41. Хорькова, А. В. Действие тяжёлых металлов на рост и замедленную флуоресценцию ряски малой / А. В. Хорькова, М. А. Субботин // Экологические проблемы промышленных городов. – 2011. -№ 1. – С. 163-164.
42. Абрамова, Э. А. Влияние различных концентраций ионов никеля на прорастание семян и формирование проростков вики: дис.... канд. биолог. наук: Тульский гос. университет, Тула, 2015.

43. Мерзляк, М. Н. Активированный кислород и окислительные процессы в мембранах растительной клетки / М. Н. Мерзляк // Итоги науки и техники: ВИНТИ. Сер. Физиология растений. – 1989. – Т. 6. – С. 168.
44. Comino, E. Salt (NaCl) tolerance in the Ni hyperaccumulator *Alyssum murale* and the Zn hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* / E. Comino, S. N. Whiting, P. M. Neumann, A. J. M. Baker // *Plant And Soil*. – 2005. – Vol. 270. – P. 91–99.
45. Федорова, А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. И. Федорова, А. Н. Никольская : Учеб. пособие для студентов высш. учеб. Заведений. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 288 с.
46. Будников Г.К. Тяжёлые металлы в экологическом мониторинге водных систем // *Соросовский образовательный журнал*. 1998. № 5. С. 23-29.
47. Зверев, В. П. Гидрогеохимия осадочного процесса. - М.: "Наука", 1993.
48. ГОСТ 17.4.1.02-83 Почвы. Охрана природы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М., Госстандарт., 1983.
49. Малева М.Г., Некрасова Г.Ф., Безель В.С. Реакция гидрофитов на загрязнение среды тяжёлыми металлами // *Экология*. 2004. № 4. С. 266-272.
50. Корнилов, Л. А. Влияние накопления тяжелых металлов на содержание пигментов фотосинтеза растений из прибрежной зоны водоемов г. Тюмени / Л. А. Корнилов, Г. А. Петухова // *Вест. Тюменского гос. ун-та, Биология. Экология*. - 2012. - №12. - С. 189 – 194.
51. Феник, С. И. Механизмы формирования устойчивости растений к тяжелым металлам / С. И. Феник, Т. Б. Трофимьяк, Я. Б. Блюм // *Успехи соврем. биол.* – 1995. – Т.115, № 3. – С. 261–275.
52. Прадедова, Е. В. Классификация системы антиоксидантной защиты как основа рациональной организации экспериментального исследования окислительного стресса у растений. / Е. В. Прадедова, О. Д. Ишеева , Р. К. Саляев // *Физиология растений*. – 2011. - Т. 58, № 2. - С. 177-185.
53. Ипатова, В. И. Ответные реакции высших водных растений на загрязнение среды тяжелыми металлами / В. И. Ипатова, А. Г. Дмитриева //

Матер. V Всерос. шк.-конф. по водным макрофитам. – Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2006. – С. 258–261.

54. Кислицина, М. Н. Ответные реакции *Lemna minor* L. на действие экзогенных фенольных соединений / М. Н. Кислицина, Г. Г. Борисова // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. - 2016. - №. 4 (157). - С. 54 - 58.

55. Lam, E. Duckweed in bloom: the 2nd International Conference on Duckweed Research and Applications heralds the return of a plant model for plant biology / E. Lam, K. J. Appenroth, T. Michael // Plant Molecular Biology. -2014. -Vol. 84. -No 6. -P. 737-742.

56. Ziegler, P. Duckweeds for water remediation and toxicity testing / P. Ziegler, K. S. Sree, K. J. Appenroth // Toxicological & Environmental Chemistry. -2016. -Vol. 98. - No 10. -P. 1127-1154.

57. Синдирева, А. В. Взаимодействие никеля с микроэлементами в растениях овощных и кормовых культур / А. В. Синдирева, Е. А. Скудаева // Вестник ОмГАУ. – 2014. - № 1. – С. 23-28.

58. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. — Л.: Агропромиздат, 1987. — 170 с.

59. Hall J. Transition metal transporters in plants / J.Hall, E. Williams // J. Exp. Bot.. — 2003. - №54. — P. 2601-2613.

60. Appenroth, K. J. Multiple effects of chromate on the photosynthetic apparatus of *Spirodela polyrhiza* as probed by OJIP chlorophyll a fluorescence measurements / K.J. Appenroth // Environmental Pollution. – 2001. – Vol. 115. – P. 49–64.


61. Синдирева, А. В. Никель и качество урожая кормовых культур / А. В. Синдирева, Е. А. Скудаева, М. Н. Кожевина, Н. К. Трубина // Вестник ОмГАУ. – 2015. - №1. – С. 15-18.

62. Трубина, Н. К. Влияние никеля на структурную организацию альгогруппировок лугово-чернозёмной почвы / Н. К Трубина. – Сборник

научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2014. - №7. – С. 632–636.

63. Molas J. Changes in Morphological and anatomical structure of Cabbage (*Brassica oleracea* L.) outer leaves and in ultrastructure of their chloroplasts caused by an in vitro excess of nickel // *Photosynthetica*. 1997. Vol.34. P. 513-522.

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




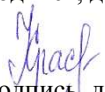
УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
 И. Н. Безкоровайна

« 16 » июня 2020 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

05.03.06 – экология и природопользование  
**05.03.06.02 – Природопользование**

Ряска малая в фитотестировании почвенных суспензий

Руководитель		16.06.2020	канд.биол.наук, профессор	<u>Ю. С. Григорьев</u>
	подпись, дата			инициалы, фамилия
Консультант		16.06.2020	<u>ст. преподаватель</u>	<u>М. А. Субботин</u>
	подпись, дата			инициалы, фамилия
Студент	<u>ЭБ16-02Б</u>		16.06.2020	<u>Е. Д. Иванова</u>
	номер группы	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер		16.06.2020		<u>П. А. Красноперова</u>
	подпись, дата			инициалы, фамилия

Красноярск 2020