

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Аль-Харбавии Ваад Эмадулдин Касид
«Использование некоторых видов растений для удаления тяжелых металлов из сточных
вод промышленных предприятий»,
представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук
по специальности 03.02.08 – экология (биология)

Актуальность темы диссертационной работы. На протяжении многих десятилетий в результате активной антропогенной деятельности во всем мире происходит глобальная эмиссия тяжелых металлов в окружающую среду, что негативно сказывается на состоянии природных и сельскохозяйственных экосистем. Значительная часть тяжелых металлов оседает на почве и в дальнейшем поглощается растениями, накапливаясь в них в довольно больших количествах. Это приводит к торможению роста и развития растений, снижению их продуктивности. Кроме того, повышение концентрации этих химических элементов в наземных органах может представлять серьезную угрозу здоровью человека и животных. В этой связи в настоящее время ведется поиск возможных путей очистки загрязненных тяжелыми металлами почв, среди которых особое внимание уделяется технологии фиторемедиации – очистке почв с помощью растений.

На сегодняшний день имеется уже довольно много публикаций, посвященных анализу фиторемедиационной способности травянистых растений, однако в большинстве случаев это касается растений-гипераккумуляторов, способных накапливать в наземных органах высокие концентрации тяжелых металлов. Что касается видов, не являющихся явными аккумуляторами, то исследований такого рода относительно немного. С этой точки зрения представленная диссертационная работа, посвященная изучению возможности использования некоторых видов травянистых растений местной флоры для удаления тяжелых металлов из сточных вод, является весьма актуальной.

Новизна полученных результатов и выводов. Автором впервые проведен комплексный анализ поглощения, аккумуляции и транслокации тяжелых металлов в органах травянистых растений средней полосы России (*Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Medicago sativa* L., *Arctium tomentosum* L., *Taraxacum officinale* Wigg.). На основе полученных данных эти виды были отнесены к фитоэкстракторам или фитостабилизаторам, аккумуляторам или исключителям.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретически значимыми для углубления современных представлений об устойчивости растений к тяжелым металлам являются результаты, доказывающие способность некоторых видов местной флоры накапливать эти химические элементы в довольно больших количествах в подземных и надземных органах, сохраняя при этом способность к нормальному росту и развитию. Полученные автором результаты свидетельствуют о возможности использования изученных видов травянистых растений в качестве фиторемедиантов для очистки сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами, и могут быть полезны при разработке технологий фиторемедиации. Сделанные диссертантом выводы могут быть использованы в учебном процессе при чтении лекций и проведении лабораторных занятий для студентов вузов биологических и экологических специальностей.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности результатов обусловлена большим объемом экспериментального материала. Достоверность полученных данных доказана результатами статистической обработки. Идея работы, а также выдвинутые в ней цель и задачи базируются на обобщении имеющихся в литературе сведений по обсуждаемой проблеме. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на четырех научных конференциях разного уровня.

Структура и содержание работы. Диссертационная работа изложена на 143 страницах. Структура диссертации стандартная, состоящая из введения, 5 глав, заключения, выводов, списка использованной литературы. Список литературы включает 331 литературный источник, из них 209 – на иностранных языках. Диссертация содержит 19 таблиц и 20 рисунков.

В главе Обзор литературы автор анализирует имеющиеся на сегодняшний день данные, касающиеся темы диссертационной работы. В главе 1.1 дается характеристика тяжелым металлам как химическим элементам, обсуждается их содержание в окружающей среде, поступление и аккумуляция в растениях. В главе 1.2 обсуждаются вопросы влияния тяжелых металлов на физиологические процессы, а также на окислительный статус растений. Глава 1.3 посвящена описанию технологии фиторемедиации и отдельных ее составляющих. В главе 1.4 автор дает характеристику сточных вод, описывает известные на сегодняшний день методы их очистки от различных поллютантов и примесей, делает заключение о слабой изученности вопроса о возможности очистки сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами, при помощи растений. В целом,

литературный обзор освещает основные аспекты современных знаний по теме диссертации.

В главе 2 автор перечисляет объекты исследования и дает ботаническую характеристику изученных видов травянистых растений, подробно описывает методы исследований, перечисляет используемые методы статистической обработки полученных данных.

Главы 3-5 посвящены описанию и анализу полученных результатов исследования. В главе 3 обсуждаются данные по содержанию тяжелых металлов в органах растений, произрастающих в течение 7 сут на растворах с разными концентрациями меди, никеля, свинца и цинка при раздельном их внесении и в смеси. Автор справедливо отмечает, что количественная оценка накопления тяжелых металлов в органах растений чрезвычайно важна для объективной оценки влияния тяжелых металлов на их физиологические показатели, а также фиторемедиационной способности видов. В ходе исследований диссертанту удалось выявить выраженные межвидовые различия в распределении тяжелых металлов по органам растений, а также различия между разными металлами. На основании полученных данных для каждого вида растений были указаны ряды тяжелых металлов по степени их накопления в подземных и надземных органах.

Глава 4 посвящена обсуждению результатов экспериментов по воздействию тяжелых металлов на физиологические и биохимические показатели растений. Диссертантом исследованы некоторые параметры, характеризующие рост, водный обмен изученных видов, а также их окислительно-восстановительный статус при действии возрастающих концентраций меди, никеля, свинца и цинка. Об устойчивости растений к этим металлам судили также по индексу толерантности Уилкинса. Автором получены интересные данные, отражающие межвидовые различия в ответной реакции растений на действие тяжелых металлов, причем не только количественные, но и качественные.

В главе 5 обсуждается возможность использования изученных видов травянистых растений для фиторемедиации промышленных сточных вод, содержащих высокие концентрации тяжелых металлов. Анализ накопления меди, никеля, свинца и цинка в растениях, а также их транслокации из корней в надземные органы, позволил автору сделать важный вывод о том, что изученные виды растений по способности накапливать тяжелые металлы могут быть отнесены к разным группам в зависимости от уровня загрязнения ими сточных вод. В заключении этой главы автор анализирует способность растений накапливать тяжелые металлы и делает вывод о возможности использования всех изученных видов в технологии фиторемедиации. Важным с практической точки зрения является выполненный диссертантом расчет того количества металлов, которое

может быть удалено из сточных вод промышленных предприятий при использовании каждого из этих видов растений с учетом его возможной биомассы, а также предложенная схема ремедиационных мероприятий.

В заключении автор обобщает полученные данные и выделяет основные, наиболее значимые результаты работы. Далее приводятся выводы, которые в большинстве отражают поставленные задачи.

Замечания и вопросы по работе. К диссертации имеются некоторые замечания и вопросы.

1. Автор в научной новизне приводит уже хорошо известные данные о том, что «при действии тяжелых металлов на растения в клетках возникает слабо выраженный окислительный стресс, характеризующийся повышением генерации активных форм кислорода».

2. При описании научно-практической значимости работы указывается на возможность использования травянистых растений в качестве фиторемедиантов на почвах, загрязненных тяжелыми металлами. Однако такого рода исследования автором не проводились, а экстраполировать выводы, полученные в экспериментах с водной культурой, на почву не корректно. Это замечание касается и названия главы 5.

3. В литературном обзоре автор относит к тяжелым металлам калий и магний, которые не являются таковыми. Кроме того, в этой главе, на мой взгляд, недостаточно полно освещен вопрос о влиянии тяжелых металлов на окислительно-восстановительный статус растения, хотя такого рода опубликованных данных довольно много.

4. В контексте представленной диссертационной работы при ботаническом описании видов растений было бы уместно дать их экологическую характеристику, в частности, отношение этих видов к различным неблагоприятным факторам внешней среды. В этом разделе необходимо было также указать формулы для расчета индекса толерантности и индекса аккумуляции.

5. В главе 3 вызывают недоумение довольно высокие концентрации свинца в контрольном варианте у некоторых видов, например, у амаранта (табл. 3.1) и люцерны (табл. 3.3), несмотря на то, что растения этого варианта опыта выращивались на дистиллированной воде. Чем это можно объяснить?

6. В диссертации не представлены данные (в виде таблиц или рисунков), отражающие влияние тяжелых металлов на оводненность тканей у растений, а также ре-

зультаты статистической обработки этих данных. Вследствие этого оценить воздействие металлов на этот показатель весьма затруднительно.

7. Обобщение к главе 4.1 о том, что «все тяжелые металлы ингибировали ростовые процессы изученных растений» (стр. 88) не соответствует полученным данным, поскольку имел место и стимулирующий эффект, а также отсутствие эффекта. Это же касается и выражения «токсическое действие тяжелых металлов». Возможно, автор имел в виду только высокие концентрации металлов.

8. В выводе 1 более правильно было бы говорить о содержании тяжелых металлов в органах растений, а не об аккумуляции, поскольку аккумуляция – это процесс накопления элементов, тогда как автор определял уже следствие этого процесса, а именно, содержание химических элементов в органах.

Среди более мелких замечаний необходимо отметить грамматические ошибки, которые имеют место в тексте диссертации и автореферата, и стилистически неудачные выражения. Кроме того, представленные на некоторых рисунках данные не соответствуют их описанию в тексте. Например, судя по рис. 4.3 (диссертации) индекс толерантности (ИТ) был выше 100% только у растений мари белой при воздействии ионов меди в относительно малых концентрациях, тогда как в тесте (стр. 70) указаны растения лопуха и одуванчика, у которых ИТ был гораздо ниже. В тексте также указано (стр. 82), что в листьях растений мари белой ионы тяжелых металлов в концентрации 1 мкМ снижали содержание общих перекисей, а на рисунке 4.14 показано значительное его увеличение.

Заключение. Несмотря на высказанные замечания, диссертация Аль-Харбавии Ваад Эмадулдин Касид является законченным научным исследованием. Работа выполнена и оформлена в соответствии с современными требованиями, диссертация и автореферат хорошо иллюстрированы. Достоверность полученных результатов базируется на большом объеме проведенных экспериментов с использованием разнообразных методов исследования и подтверждена данными статистической обработки. Выводы отражают результаты исследования. Результаты диссертации полностью отражены в девяти печатных работах, из которых одна статья в журнале из перечня, рекомендованного ВАК РФ и одна – в журнале из наукометрической базы данных Web of Science. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

В целом, по объему выполненного исследования, новизне полученных результатов, их теоретической и практической значимости диссертационная работа «Использование некоторых видов растений для удаления тяжелых металлов из сточных вод про-

мышленных предприятий» полностью соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции от 02.08.2016 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата биологических наук, а ее автор – Аль-Харбавии Ваад Эмадулдин Касид – заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология (биология).

Официальный оппонент
доктор биологических наук (03.01.05 – «Физиология и биохимия растений»)
ведущий научный сотрудник лаборатории экологической физиологии
растений Института биологии – обособленного подразделения Федерального
государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук"
(ИБ КарНЦ РАН)



Казнина Наталья Мстиславовна

185910 г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
Тел. (8124)760910
Факс (8124)760910
E-mail: kaznina@krc.karelia.ru

22.10.2018

Подпись Н.М. Казниной удостоверено
Ученый секретарь ИБ КарНЦ РАН, к.б.н.



Л.М. Матвеева