

## **ОТЗЫВ**

### **ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**на диссертацию Алексеенок Юлии Владимировны**

**«Бриоиндикация атмосферных выпадений металлов и металлоидов в Республике Беларусь», представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология (географические науки)**

**Актуальность темы.** Изучение загрязнения атмосферного воздуха является одной из важнейших задач в условиях постоянно нарастающего антропогенного воздействия на окружающую природную среду. Результаты международных программ по мониторингу состояния атмосферного воздуха показывают, как региональные выбросы вносят вклад в глобальное загрязнение, и как глобальное загрязнение атмосферы оказывает негативное влияние на удаленные регионы лишенные промышленности. В странах Европы наряду с традиционными методами исследования загрязнения атмосферного воздуха широко распространены и методы биоиндикации с использованием бриофитов и лишайников. Бриоиндикация атмосферных выпадений тяжелых металлов регулярно проводится в европейских странах с 1990 года. В странах СНГ не распространена практика использования методик бриоиндикации для мониторинга и оценки состояния окружающей среды. Представленная работа в этом смысле является пионерской – на территории Республики Беларусь подобные мониторинговые исследования начали проводиться с 2005 года автором диссертации.

Диссертационная работа Алексеенок Юлии Владимировны является целостным, самостоятельным научным исследованием, отличающимся своей новизной. Диссертация представляет определенный интерес не только для научного сообщества, но и для практического использования для дальнейшего мониторинга загрязнения атмосферного воздуха на территории Беларуси.

**Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Обоснованность научных положений диссертационной работы подтверждается привлечением большого массива научной литературы, в основном зарубежных авторов, а также проработкой официальных статистических данных. Для достижения цели и решения поставленных в работе задач автором проводились отборы проб на протяжении десяти лет, что позволило отследить динамику и выявить тренды выпадений элементов. Для анализа и разносторонней оценки использовались различные методы и стандартизированные методики. Результаты исследования проанализированы с применением математического аппарата статистической обработки экспериментальных данных, пространственные данные хорошо визуализированы с применением современных ГИС-технологий.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность результатов исследования определяется использованием современных профессиональных компьютерных программ, большим объемом материала для проведения оценки атмосферных выпадений металлов и металлоидов, а также корректностью выбранных методов и методик исследования, методов статистической обработки данных. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на многочисленных международных конференциях и опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

**Научная новизна, практическое и теоретическое значение результатов исследования.** В диссертации Юлии Владимировны представлены результаты, обладающие научной новизной, полученные с применением междисциплинарного подхода и современных методов, а также имеющие практическую значимость. Впервые для территории Беларуси определены пространственно-временные изменения в содержании приоритетных элементов поллютантов, установлены фоновые значения содержания элементов во мхах. Практическая значимость работы состоит в разработке сети мониторинга для последующих исследований атмосферных выпадений металлов и металлоидов

на территории республики, а полученные данные послужат основой для дальнейших мониторинговых исследований.

**Оценка содержания диссертации, её завершенности.** Рукопись диссертации Алексеенок Юлии Владимировны логически структурирована и состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и семи приложений, содержит 194 страницы, включая 54 рисунка, 19 таблиц, 210 библиографических ссылок.

Структура и содержание диссертации отвечают теме исследования и характеризуются единством и сопряженностью теоретических, методических и прикладных аспектов. Цель диссертационной работы – выявление пространственных закономерностей атмосферных выпадений металлов и металлоидов в Республике Беларусь. Для достижения цели поэтапно решалось несколько задач:

- адаптация методики оценки и определение элементного состава лесных плеврокарпных мхов *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens*;
- сравнительный анализ пространственно-временной динамики, характеризующей уровни загрязнения атмосферными выпадениями;
- картографическая визуализация распределения следовых элементов (металлов и металлоидов) на территории Беларуси;
- биогеохимическое зонирование изученной территории по степени контаминации металлами и металлоидами.

В первой главе диссертации рассмотрены теоретические и методические основы исследования, описаны основные источники загрязнения атмосферы, дается информация по международным, европейским и белорусским программам, исследующими загрязнение атмосферного воздуха. Подробно рассматриваются опыт использования методов биоиндикации в мониторинговых исследованиях разных стран.

Представленная во второй главе характеристика территории дает хорошее представление о районе исследования и возможных источниках загрязнения.

Кроме этого, описываются методы и методики исследования, приводятся расчеты уровней загрязнения.

Результаты исследования отражены в третьей главе и дополнены достаточным количеством иллюстративного материала. Дается сравнение состояния исследуемой территории с данными стран Европы, которые проводят аналогичные исследования с использованием мхов-биомониторов. Геоэкологическое состояние территории страны в разные годы оценивается на основе комплексных расчетов одиночных и интегральных индексов, описывается временная динамика содержания элементов во мхах и их территориальная локализация.

В заключении работы приводятся аргументированные выводы, соответствующие поставленным задачам и хорошо отражающие основные результаты исследования.

**Замечания по работе.** Несмотря на многоплановость и долговременность исследования, проведенного автором, в нем есть некоторые недостатки, среди которых наиболее существенными являются:

- 1) В рукописи диссертации используется большое количество сокращений и обозначений. Было бы уместным выделить перечень сокращений и обозначений в отдельный раздел диссертации и дать соответствующую расшифровку.
- 2) На странице 40 при перечислении факторов, влияющих на аккумуляцию мхами загрязняющих веществ, упоминается способность бриофитов активно накапливать элементы, которые присутствуют в окружающей среде в очень низких концентрациях. В связи с этим, возникает вопрос: учитывается ли гипераккумуляция тяжелых металлов мхами при расчетах экологических коэффициентов и индексов, а также при интерпретации результатов?
- 3) В разделе 1.3. диссертации – «Мхи, их морфологические особенности и распространенность», следовало уделить большее внимание

описанию биологии и экологии модельных объектов – *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp и *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

4) Из текста диссертации не ясно, каким образом осуществлялась идентификация видовой принадлежности бриофитов, отобранных для лабораторных исследований?

5) В рукописи диссертации на страницах 47 – 50 отсутствуют сведения, указывающие на авторство рисунков 7 – 10. Просим пояснить, являются ли данные рисунки заимствованием или принадлежат автору работы.

6) Для значений коэффициентов корреляции, представленных в таблице 13, следовало бы обозначить соответствующий уровень значимости, а также указать метод вычисления коэффициента корреляции (коэффициент ранговой корреляции Спирмена, коэффициент корреляции Пирсона и др.).

7) В разделе 3.1.2. рукописи диссертации – «Источники поступления элементов. Оценка степени загрязнения территории» хорошим дополнением в обсуждении результатов была бы информация о том, какую роль в физиологии и биохимии бриофитов играют биогеохимически активные циклические элементы (Cl, K, Mn, Zn, Se и др.) и активно накапливающиеся элементы (Co, Rb, Sr, Pb и др.).

8) В рукописи на рисунках 31 – 36 показано изменение концентраций Zn, W, V, Fe, Ni, Sb в каждой точке пробоотбора мхов, выраженное в процентах. Являются ли различия в концентрациях отдельных элементов в исследуемых мхах за 2005 и 2015 гг. статистически значимыми? Какие статистические методы и критерии применялись при отслеживании временных изменений содержания элементов во мхах за указанный временной период?

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов, имеют преимущественно рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования.

**Заключение.** Диссертационная работа «Бриоиндикация атмосферных выпадений металлов и металлоидов в Республике Беларусь» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Алексеенок Юлия Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21 – «Геоэкология».

Официальный оппонент,  
канд. геогр. наук, доцент,  
Института живых систем  
ФГАОУ ВО «БФУ им. И. Канта»



Пунгин Артём Викторович

18.01.2022г.

**Я, Пунгин Артём Викторович, согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.**

