

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора географических наук

Бузмакова Сергея Алексеевича

на диссертационную работу Трубника Романа Геннадьевича на тему: «Оценка экологического состояния донных отложений водных объектов Юга России по триаде химико-биологических показателей», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата географических наук
по специальности: 1.6.21 Геоэкология (географические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования. Диссертационная работа посвящена исследованию одного из актуальных направлений геоэкологии – оценке экологического состояния донных отложений как системообразующего компонента аквальных экосистем. Геоэкологические изыскания распределений, установление закономерностей между концентрациями восстановленных газов и сульфитредуцирующих кластридий в донных отложениях имеют несомненное теоретическое значение. Реализация предложенной и обоснованной методики оценки экологического состояния донных отложений применительно к водным объектам Юга России очень важна с теоретической и практической точек зрения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена большим объемом исследований, собранным и проанализированным материалом. В диссертационной работе Трубника Романа Геннадьевича представлен подробный анализ публикаций отечественных и авторов зарубежных, уделено особое внимание анализу понятийной базы исследования.

Теоретическая значимость определяется полученными геоэкологическими закономерностями вертикальных изменений в донных осадках концентраций метана, сероводород и численности сульфитредуцирующие кластридий, типизацией водоемов по условиям образования донных осадков, разработкой оригинальной методики оценки экологического состояния донных отложений водных объектов Юга России.

Результаты исследования необходимо применить для обеспечения рационального использования пелоидов на Юге России. Также материалы исследования могут быть использованы при разработке экологического мониторинга водных объектов

Основные положения диссертации опубликованы и прошли обсуждение на международных и всероссийских конференциях. Выводы четко сформулированы и хорошо аргументированы.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена большим объемом натурных и лабораторных исследований, собранным репрезентативным материалом, статистической обработкой собранных материалов обследований, использованием геоэкологического подхода для интерпретации результатов, классических и современных методик определения свойств донных отложений водных объектов.

В диссертационной работе в ходе проведенных исследований впервые установлена связь между содержанием метана, суммарного сероводорода и численностью

сульфитредуцирующих клостридий в донных отложениях водных объектов Юга России. Экспериментально доказана способность сульфитредуцирующих клостридий к генерации метана и сероводорода в условиях, приближенных к *in situ*. Теоретически обоснована и реализована методика оценки экологического состояния донных отложений водных объектов Юга России с использованием трех генетически связанных между собой показателей: метан, сероводород и сульфитредуцирующие клостридии. Впервые для водных объектов Юга России проведена количественная оценка численности сульфитредуцирующих клостридий в донных отложениях, а также выявлены закономерности их вертикального распределения.

Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы. Диссертационная работа основана на оригинальном фактическом материале, полученном при непосредственном участии автора в результате ряда комплексных экспедиционных исследований. Автор непосредственно планировал и осуществлял лабораторно-аналитические эксперименты. Провел обработку полученных данных, затем выполнил анализ, обобщение и обсуждение полученных результатов.

Объем и структура диссертации. Диссертация Трубника Романа Геннадьевича содержит введение, пять глав с подразделами, заключение, список сокращений, список литературы, 25 таблиц, 38 рисунков. Список литературы содержит 162 источника, из них 32 на иностранных языках.

Анализ диссертации по главам. К работе имеются некоторые частные замечания, которые приводятся в ходе анализа диссертации.

Во введении дается актуальность темы, цель, задачи, защищаемые положения, научная новизна, практическая значимость, характеристика личного вклада автора и других параметров исследования.

В первой главе диссертации представлен литературный обзор теоретических представлений, понятий, парадигм об экологическом состоянии природных и природно-антропогенных объектов, кларковых, фоновых, предельно допустимых концентраций химических элементов и соединений, а также геохимических индексов. Рассматривается использование в геоэкологических исследованиях физических, химических, биологических методов для изучения донных отложений. Также рассмотрены современные и перспективные концепции по оценке экологического состояния, загрязненности донных отложений.

Автор рассматривает применение в эколого-геохимических исследованиях целесообразность использования кларков. Отмечает, что общепринятых, утвержденных кларков элементов для донных отложений нет, что используются они из разнообразных источников и их величины могут существенно отличаться.

Также рассмотрен подход с использованием фонового содержания химических элементов. Делается вывод о том, что изучение распределения ингредиентов по глубине донных осадков позволяет выявлять различные события, произошедшие в их геологической истории, считает, что наиболее корректным использовать метод разреза донных осадков, т.к. самые верхние слои подвергаются существенным изменениям и не могут характеризовать в целом донные отложения.

Автор под экологическим состоянием донных отложений понимает характеристику условий среды, определяемых влиянием на них природных и антропогенных факторов в конкретный момент времени или за какой-то определенный его период.

Показана перспективность совместного применения фоновых концентраций, геохимических индексов и показателей, метана и сероводорода, бактерий рода *Clostridium* в качестве возможных показателей для характеристики донных отложений.

По итогам литературного обзора сформулирован понятийно-терминологический аппарат представленного геоэкологического исследования, теоретические основы методического комплекса для изучения донных отложений. Однако, автор в конце главы не делает выводов о необходимости корректировки понятийного аппарата и перспективности какой-либо геоэкологической концепции, отсутствует анализ применения pH и Eh (замечание 1).

Во второй главе указано местоположение станций отбора проб и дано краткое географическое описание исследуемых водных объектов, представлена методика отбора проб донных отложений и их последующего анализа, а также подробно изложена методика постановки эксперимента с сульфитредуцирующими клостридиями. В период с 2014 по 2019 гг. отобрано 35 колонок донных отложений, а также произведены определения следующих показателей в количестве: Eh – 169, pH – 169, метан – 174, сероводород – 174, сульфитредуцирующие клостридии – 174.

Автор считает, что обследованные группы водоемов Юга России существенно различаются между собой по происхождению, гидрологическим и гидрохимическим условиям, а также по уровню антропогенной нагрузки. Однако данное утверждение не подтверждено ни классификациями, ни районированием. Нет обоснования репрезентативности выбранных объектов (замечание 2).

Приводятся методики: отбора проб донных отложений и определения в них pH, Eh, содержания метана и сероводорода; определения численности сульфитредуцирующих клостридий в донных отложениях. Также дается описание лабораторного эксперимента с сульфитредуцирующими клостридиями.

Коротко приводятся перечислены методы статистической обработки результатов полевых и лабораторных исследований. Сообщается, что графическая обработка и создание карта-схем сделана в графических редакторах CorelDRAW STANDART 2020 и Adobe Photoshop CS4 на ОС Windows 10. Впервые сталкиваясь с изготовлением карт в этих редакторах, считаю излишней инновацией их использование в таком качестве (замечание 3).

В третьей главе выявлены особенности литологического состава донных отложений водных объектов Юга России, описан диапазон изменения кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий в исследованных донных отложениях, а также изучено распределение восстановленных газов в них.

В первом подразделе показано, что в литологическом отношении состав донных отложений представляет собой ил черного цвета, различной мощности при всех различиях в происхождении, гидрологическом режиме и геохимических условиях водных объектов.

В распределение значений pH окислительно-восстановительного потенциала в толще донных отложений отсутствует выраженные линейные и другие закономерности.

Появляется в тексте деление водных объектов по гидрологическим условиям: Кизилташские лиманы, малые реки и искусственные водоемы, прибрежная зона Таганрогского залива и соленые озера. Рассчитаны регрессионные уравнения, которые демонстрируют, насколько отсутствует связь между значениями Eh и pH (рис. 20). Линейных зависимостей и прочих зависимостей между значениями Eh и pH нет, зачем называть график «зависимости pH-Eh в донных отложениях»? (замечание 4).

Получены оригинальные сведения о концентрациях метана и углеводорода в донных отложениях. Показатели по метану варьировались от 0 до 48,6 мкг/г, в то время как содержание сероводорода изменялось от 0 до 5,48 мг/г. Анализ и обобщение этих результатов позволил установить закономерную связь между литологическим строением донных отложений и концентрацией метана и сероводорода.

В четвертой главе представлены результаты определения численности сульфитредуцирующих клостридий в толще донных отложений, на основании которых выявлены закономерности распределения. Также исследована связь сульфитредуцирующих клостридий с окислительно-восстановительным потенциалом, водородным показателем, метаном и сероводородом в донных отложениях. Приведены результаты экспериментальных исследований *in vitro* по генерации метана и сероводорода сульфитредуцирующими клостридиями.

Установлены закономерности: уменьшения численности сульфитредуцирующих клостридий по направлению к более глубоким слоям донных отложений; увеличения численности в ряду гидрологических объектов: Кизилташские лиманы и соленые озера - малые реки и искусственные водоемы Ростовской области - прибрежная зона Таганрогского залива.

В подразделе 4.2 выполнена попытка установить взаимосвязь между сульфитредуцирующими клостридиями и Eh, pH, метаном, сероводородом в донных отложениях. На рисунке 31 представлены рассчитанные зависимости между численностью клостридий и значениями Eh, pH, содержанием CH₄ и H₂S в пелоидах Кизилташских лиманов и Чембурского озера. Однако даже при наличии значимой достоверной связи между численностью микроорганизмов и содержанием метана и сероводорода автор не считает нужным привести количественную форму (уравнение) этой зависимости (*замечание 5*).

В исследовании приводятся результаты лабораторных опытов. Их анализ показывает, что клостридии принимают участие в образовании метана и сероводорода в донных отложениях водных экосистем, находящихся под антропогенным воздействием. Делается предположение о том, набор штаммов клостридий, обитающих в донных отложениях и обладает в каждом случае своими штаммоспецифическими биохимическими характеристиками, что и определило частично экспериментальные результаты.

В пятой главе представлены и обоснованы сразу несколько оригинальных методик, в частности методика оценки экологического состояния донных отложений по генетически связанным между собой показателям, таким как сульфитредуцирующие клостридии, метан и сероводород. Для донные отложений, представленные пелоидами, предложена оценка экологического состояния по двум показателям — сульфитредуцирующие клостридии и метан.

Доказывается, что метан и сероводород являются взаимодополняющими соединениями, совместное применение которых в качестве показателей экологической оценки в перспективе позволит получить более полную и объективную информацию об экологическом состоянии донных отложений.

На стр.112 автор диссертации указывает на «мизерные содержания метана и сероводорода». В геоэкологии и геохимии термин «мизерный» не употребляют даже в отношении количества вещества (*замечание 6*).

Необходимо отметить высокую оригинальность исследования оценки санитарно-микробиологического состояния донных пелоидов по титру клостридий. Следует

признать, что совместное применение показателей кlostридии, метан и сероводород представляется научно обоснованным и позволяет оценить экологическое состояние донных отложений.

В заключении работы приводятся полученные автором основные результаты диссертационного исследования, они сформулированы четко, корректно, и отражают содержание диссертации. Даны ценные рекомендации по использованию донных отложений исследованных водных объектов в лечебных целях. Затем приводится список сокращений и список литературы.

Автореферат диссертации достаточно полно отражает содержание диссертации.

Публикации автора. По теме исследования опубликовано 35 научных работ, в том числе 6 статей в международные библиографические и реферативные базы данных Scopus и/или Web of Science, 4 статьи в журналах из Перечней рецензируемых научных изданий ЮФУ и ВАК. Исследования выполнялись при государственной поддержке грантов РНФ, Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности и внутреннего гранта ЮФУ.

Анализ диссертации актуализирует ряд дискуссионных вопросов:

1. Автор под экологическим состоянием донных отложений понимает характеристику условий среды, определяемых влиянием на них природных и антропогенных факторов в конкретный момент времени или за какой-то определенный его период. Определение выглядит автора малопроработанным. Очевидно, что в нем не хватает положения о качестве среды в соответствии с установленными критериям.

2. Соискатель пользовался традиционным способом определения численности кlostридий. Почему метод метагеномного анализа не применен в данном исследовании? В чем особенности его применения? Насколько целесообразно применять этот, наиболее современный, способ для изучения штаммов кlostридий в донных отложениях?

3. Как использовать, возможно ли использование количественных закономерностей взаимосвязи численности микроорганизмов и содержанием метана, сероводорода для прогноза или других геоэкологических задач?

4. Эксперимент был проведен с добавлением метанола. Известно, что субстратом для анаэробных метаногенов также служат уксусная кислота, метиламин, метилмеркаптан, смесь $\text{CO}_2 + \text{H}_2$. Насколько целесообразно было провести эксперименты с добавлением этих соединений?

5. В триаде взаимодополняющих индикаторов экологического состояния при оценке категорий донных отложений сероводород и метан дают 0, 3, 5 баллов, а кlostридии 0,5,7. Как эта разница обосновывается с геоэкологической точки зрения?

Общее заключение. Работа написана грамотным научным языком, достаточно аккуратно оформлена. Материал представлен в логической последовательности, стиль изложения и оформление соответствуют уровню требований, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Полученные результаты, сделанные выводы и сформулированные положения научно обоснованы, достоверны, подтверждены значительным массивом данных полевых и лабораторных исследований, имеют существенную научную значимость и практическую ценность. Поставленные задачи решены, цель исследования достигнута, работа прошла успешную апробацию на многих международных и всероссийских конференциях.

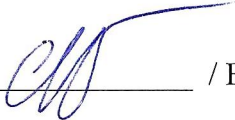
Диссертационная работа Трубника Романа Геннадьевича на тему «Оценка экологического состояния донных отложений водных объектов Юга России по триаде

химико-биологических показателей», соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней в ЮФУ» (№ 270-ОД от 29.09.2023 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. А ее автор, Трубник Роман Геннадьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология (географические науки).

Официальный оппонент:

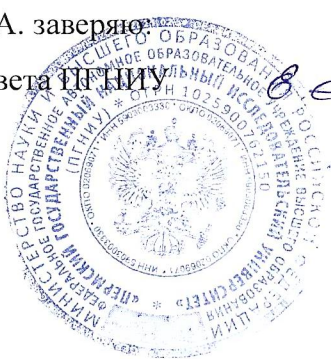
Бузмаков Сергей Алексеевич, доктор географических наук, по специальности специальность 25.00.36. «Геоэкология» (географические науки), профессор, заведующий кафедрой биогеоценологии и охраны природы Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

«21» ноября 2023 г.

 / Бузмаков С.А./

614068, Пермский край, г. Пермь, ул. Букирева, 15
тел. +7(342)239-64-35, e-mail: info@psu.ru, <https://rostgmu.ru/>

Подпись Бузмакова С.А. заверяю
Секретарь Ученого совета ПНТИУ





Елена Петровна Антропова