

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата географических наук Ломова Виктора Александровича**  
**на тему: «Эмиссия метана с разнотипных водохранилищ**  
**(по данным измерений и математической модели)» по специальности**  
**1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия**

Диссертационная работа Виктора Александровича Ломова посвящена изучению эмиссии метана из водохранилищ – важного источника парниковых газов. Метан, не смотря на свою низкую концентрацию в атмосфере, имеет высокий потенциал вклада в глобальное потепление. Пресноводные водоемы суши – это главный источник метана в атмосфере. Получить наиболее точную и репрезентативную оценку эмиссии метана из водоемов и, в частности, из искусственных водохранилищ, – сложная задача. Тема исследования является крайне актуальной, поскольку потоки метана из водохранилищ до сих пор изучены недостаточно. Таким образом, актуальность и важность данного диссертационного исследования не вызывает сомнений, а в свете усиления климатических изменений исследование является значимым и своевременным.

Поставленная автором цель диссертационной работы заключалась в исследовании пространственно-временной изменчивости удельных потоков метана из разнотипных водохранилищ с помощью натуральных данных и математического моделирования.

Новизна диссертационной работы заключается в том, что помимо всестороннего исследования пространственно-временной изменчивости удельных потоков метана из разнотипных водохранилищ и факторов их определяющих, применена и, главное, улучшена динамическая модель LAKE 3.2 для оценки годовой эмиссии метана из водохранилищ с детальной калибровкой температурного режима и биохимических циклов для водоема.

Впервые получена оценка эмиссии метана из Можайского, Озернинского, Ивановского, Рыбинского и Бурейского водохранилищ.

Рукопись диссертации изложена на 197 страницах и состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы; содержит 63 рисунка, 19 таблиц и 1 приложение.

### **Основное содержание диссертационной работы.**

Во Введении традиционно обсуждается актуальность работы, формулируются цель и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, практическая значимость работы и другие, необходимые для диссертации данные.

Первая глава посвящена теоретическому обзору, в котором подробно рассматриваются основные процессы, связанные с эмиссией метана из водоемов: во-первых, процессы генерации метана в донных отложениях и основные пути метаногенеза; во-вторых, цикл метана в экосистеме водоемов и основные составляющие потока метана из водохранилищ в атмосферу; в-третьих, обзор исследований эмиссии метана из водохранилищ в различных климатических зонах и описание общих закономерностей пространственного распределения потоков метана. Удачно завершает главу раздел посвящённый оценкам глобальной эмиссии метана из водохранилищ, их эволюции до современных исследований с использованием статистических методов и моделирования, а также анализом точности этих оценок.

Во второй главе рассматриваются объекты исследования и описаны методы натуральных наблюдений и математического моделирования. В описании объектов исследований уделено особое внимание географических, морфометрических, гидрологических и другим особенностям исследуемых водохранилищ. Подробно описываются методы натуральных наблюдений, анализируются преимущества и ограничения используемых методов, оценивается их точность. Также описаны подходы и методы

математического моделирования в контексте их применения для описания процессов, связанных с циклом метана в водохранилищах и отдельный раздел посвящен детальному описанию общей структуры модели LAKE 3.2, включающая блоки расчета термо- и гидродинамики водоема и биогеохимических процессов в нем.

Третья глава содержит результаты исследований пространственно-временной изменчивости потоков метана, полученные на основе натуральных измерений. Представлены данные по пяти водохранилищам с анализом факторов, влияющих на эмиссию метана, подробно рассмотрено влияние метеорологических и гидрологических условий на формирование удельных потоков метана из исследуемых водохранилищ. Приведена общая сравнительная характеристика водохранилищ и анализ полученных средние значения удельных потоков метана. Сделана средневзвешенная оценка годовой эмиссии метана из водохранилищ на основе данных натуральных измерений, также применен метод аналогии для оценки эмиссии из малоизученного Озернинского водохранилища. Обоснована необходимость комплексного подхода к оценке эмиссии метана из водохранилищ, сочетающего натурные наблюдения и математическое моделирование, позволяющую учесть сложную пространственно-временную изменчивость потока метана в атмосферу.

Четвертая глава посвящена применению модели LAKE 3.2 для оценки потоков метана. Проведен анализ чувствительности модели к различным параметрам. На основе модельных расчетов представлены результаты численных экспериментов по воспроизведению временного хода удельных потоков метана из исследуемых водохранилищ и показано, что модель адекватно воспроизводит сезонную динамику потоков, полученную по натурным данным. На основе модельных расчетов также получена оценка вклада различных составляющих в общую эмиссию метана.

В заключении дается обобщение полученных результатов и выводы, которые согласуются с целью и задачами исследования и в достаточной степени отражают достижения соискателя.

### **Замечания.**

1) Соискатель на высоком уровне проработал тему исследования и по главе 1 есть только редакционное замечание: при описании множества исследований в отдельных случаях по тексту приводятся единицы измерения по-английски.

2) Не очень удачно расположены разделы главы 2. На мой взгляд, лучше было бы рассмотреть сначала методы исследований, в которых вначале рассмотреть определение метана в воде, а потом уже объекты исследования, предваряя подробный анализ натуральных исследований на них в главе 3. В отдельном блоке исследована точность методов определения концентрации метана в воде, потоков метана в атмосферу и выхода его из донных отложений, однако не указывается количество измерений, что важно, особенно для значения относительной ошибки потока метана из донных отложений.

3) В главе 3 рассмотрено влияние метеорологических условий формирования потока метана, что вполне закономерно, и соискатель убедительно доказывает влияние синоптических условий на самую изменчивую пузырьковую составляющую потока, однако ни в методической, где описывается модель LAKE 3.2 с термо- и гидродинамическим блоком, ни в главе 3 нет информации об источнике подробных данных о используемых метеорологических параметрах, и только в главе 4 кратко обосновывается источник метеоданных как входных параметров модели и выбору реанализа ERA5-Land стоило бы больше уделить внимания.

4) В целом по главе 4 замечаний нет, есть рекомендация продолжать совершенствовать и развивать модель.

## **Характеристика работы и заключение.**

Научная достоверность полученных результатов в диссертационной работе обусловлена тем, что базируется на большом натурном материале и результатах моделирования.

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы. Автореферат в целом отражает содержание диссертации, основные положения которой докладывались на многочисленных конференциях, отражены в 12 публикациях, в том числе в 8 статьях, рекомендованных для защиты.

Диссертация Виктора Александровича Ломова представляет собой законченное исследование, имеющее большое теоретическое и практическое значение. Работа соискателя является значительным вкладом в изучение эмиссии метана из водохранилищ. Разработанные методики оценки эмиссии метана с использованием натуральных данных и математического моделирования могут быть применены для мониторинга и прогнозирования выбросов парниковых газов с других водохранилищ. Предлагаемые подходы могут повысить точность глобальных оценок эмиссии метана.

Вместе с тем указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (по географическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, и оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Ломов Виктор Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

**Официальный оппонент:**

доктор географических наук,  
ведущий научный сотрудник  
лаборатории эволюционной  
биогеохимии и геоэкологии  
ФГБУН Ордена Ленина и Ордена  
Октябрьской Революции Институт  
геохимии и аналитической химии  
им. В.И. Вернадского РАН

**ГАШКИНА Наталья Анатольевна**

« 2 » декабря 2024 г.

Контактные данные:

Тел.: - [REDACTED], e-mail: [REDACTED]

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:  
25.00.27. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Адрес места работы:

119991, г. Москва, ул. Косыгина, д. 19,

ФГБУН Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт  
геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, лаборатория  
эволюционной биогеохимии и геоэкологии

Тел.: +7(499)137-41-27, e-mail: director@geokhi.ru

Подпись сотрудника лаборатории эволюционной биогеохимии и геоэкологии ФГБУН  
Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической  
химии им. В.И. Вернадского РАН

Н.А. Гашкиной удостоверяю:

