

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата географических наук Ефимова Василия Антоновича**  
**на тему: «Пространственно-временная изменчивость химического**  
**состава наносов рек российской Арктики»**  
**по специальности 1.6.16 – «Гидрология суши, водные ресурсы,**  
**гидрохимия»**

Енисей, Лена, Обь и Колыма – крупнейшие реки российской арктической зоны, формирующие до трети суммарного пресноводного стока в Северный Ледовитый океан. При впадении в море эти реки образуют речные плюмы общей площадью до миллиона квадратных километров в Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском морях. Таким образом, характеристики стока этих рек определяют физические и биогеохимические процессы на огромных акваториях российского арктического шельфа.

Несмотря на свою важность, многих аспекты гидрологических и гидрохимических характеристик рек российской Арктики, в том числе у крупнейших рек, остаются малоизученными из-за большой площади речных бассейнов, отдаленности нижних течений этих рек от крупных научных центров и сложных природно-климатических условий. Кроме того, происходящие климатические изменения в Арктике приводят к существенным изменениям характеристик речного стока, в частности, гранулометрического и химического состава взвешенных наносов. Эти факты обуславливают **актуальность** темы диссертационной работы В.А. Ефимова, направленную на изучение гранулометрического состава и содержания металлов и металлоидов во взвешенных наносах четырех крупнейших рек российской Арктики.

Для достижения общей цели исследования В.А. Ефимовым были последовательно решены следующие **основные задачи**: (1) разработана методология мониторинга стока и состава наносов крупных рек арктической

зоны России; (2) в рамках этого мониторинга в нижних течениях рек Обь, Енисей, Лена и Колыма проведены обширные натурные измерения гранулометрического состава и содержания металлов и металлоидов во взвешенных наносах; (3) на основе собранных натуральных данных по гранулометрическому составу получены оценки долей бассейновой и русловой составляющей в нижнем течении рассматриваемых рек; (4) на основе собранных натуральных данных по содержанию металлов и металлоидов изучена их временная (сезонная) и пространственная (в пределах поперечного сечения реки) изменчивость; (5) установлены распределения тяжелых металлов и металлоидов по фракциям крупности взвешенных наносов, получены оценки суммарного выноса металлов и металлоидов в составе взвешенных наносов в устьевые области рассматриваемых рек.

В диссертационной работе В.А. Ефимова представлены оригинальные **результаты**, обладающие **научной новизной**. На мой взгляд, главные из них, следующие.

1. Установлено, что по гранулометрическому составу крупнейших арктических рек России можно достоверно определять доли бассейновой и русловой составляющих в сток наносов. Подобные доли были определены в нижнем течении рек Обь, Енисей, Лена и Колыма причем в различные фазы водного режима.

2. Определены химические элементы, повышенные концентрации которых характерны для взвешенных наносов в нижнем течении рек Обь, Енисей, Лена и Колыма. Показана зависимость формирования повышенных концентрации этих элементов с природными и антропогенными процессами, происходящими на водосборах рассматриваемых рек.

3. Установлено, что концентрации химических элементов во взвешенных наносах характеризуются значительной изменчивостью вдоль поперечных сечений рек, зачастую превышающей сезонную изменчивость. Установлено, что концентрирование химических элементов происходит в наиболее мелких фракциях взвешенных наносов, что напрямую связывает

изменчивость концентраций химических элементов с изменчивостью гранулометрического состава взвешенных наносов.

Практически все результаты диссертационной работы В.А. Ефимова обладают **научной и практической значимостью**. Так, например, разработанная методология мониторинга стока и состава наносов позволит улучшить качество и согласованность натурных измерений характеристик стока крупных рек арктической зоны России. Полученные результаты о пространственно-временной изменчивости концентраций химических веществ во взвешенных наносах чрезвычайно полезны для понимания погрешности полученных ранее оценок потоков взвешенных веществ с речным стоком в рассматриваемых регионах. Полученные оценки выноса металлов и металлоидов в составе взвешенных наносов в устьевые области рек Обь, Енисей, Лена и Колыма важны для анализа биогеохимических процессов в прибрежных и шельфовых зонах морей российской Арктики, так как распространение взвешенных веществ речного происхождения непосредственно влияет на биогеохимические процессы и функционирование морских экосистем в этих акваториях. Таким образом, результаты диссертационной работы могут стать хорошей основой при проведении мониторинга, моделирования и прогнозирования потоков взвешенных наносов как на водосборах российских арктических рек, так и на российском шельфе Северного Ледовитого океана.

**Обоснованность и достоверность** полученных результатов обусловлена применением в диссертационной работе В.А. Ефимова современных методов гидрологических исследований: высокоточных натурных измерений, корректных методов обработки и анализа экспедиционных данных, исчерпывающих по объему архивных данных. Результаты диссертационной работы неоднократно докладывались на национальных и международных форумах, а число и качество публикаций свидетельствует о высоком профессиональном уровне автора. По теме диссертации опубликованы 5 статей в рецензируемых журналах,

рекомендованных ВАК, 5 тезисов докладов в сборниках по результатам конференций. В.А. Ефимов является первым или вторым автором в двух статьях, опубликованных в журналах *Вестник Московского университета* и *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. В качестве одного из авторов В.А. Ефимов опубликовал по одной статье в журналах *Вестник Московского университета*, *Water*, *Water Resources Research*.

**Личный вклад** В.А. Ефимова в диссертационную работу состоит в следующем:

1. Он принимал непосредственное участие в четырех экспедициях в районы исследования и проводил натурные измерения в 2018–2021 годах;
2. Он самостоятельно выполнил обработку и анализ собранных новых натуральных и архивных данных;
3. Он обеспечил подготовку полученных результатов к опубликованию в ведущих рецензируемых журналах, а также представил результаты на российских и международных конференциях и семинарах.

**Диссертация состоит** из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 161 источника и приложений. Работа изложена на 136 страницах текста. Список литературы включает в себя 70 публикаций на русском и 91 публикацию на иностранных языках.

Во **Введении** приведено обсуждение актуальности работы, сформулированы цели и задачи работы, объекты и методы исследования, положения, выносимые на защиту, а также приведены сведения о докладах на конференциях и публикациях по теме диссертации. В трех разделах **Главы 1** рассмотрены основные показатели, характеризующие транспорт наносов в водных объектах (раздел 1.1) и приведен обзор современных представлений о факторах формирования гранулометрического (раздел 1.2) и химического (раздел 1.3) состава наносов. В **Главе 2** приведено исчерпывающее описание изученности растворённых и взвешенных форм миграции химических элементов в реках российской Арктики, а именно, систематизированы сведения о гидрологическом режиме (раздел 2.1) и

химическом составе воды и наносов (раздел 2.2) рек российской Арктики, описаны условия формирования потока и химического состава наносов в бассейнах рек Обь, Енисей, Лена и Колыма (раздел 2.3).

**Глава 3** посвящена детальному разбору предлагаемой автором методики исследования состава взвешенных наносов крупных рек российской Арктики. В **Главе 4** рассмотрены и обсуждены результаты исследования гранулометрического состава взвешенных наносов рассматриваемых рек. Описаны общие характеристики концентрации (раздел 4.1) и гранулометрического состава (раздел 4.2) взвешенных наносов в замыкающих створах рек Обь, Енисей, Лена и Колыма. **Глава 5** посвящена оценке содержания металлов и металлоидов во взвешенных наносах рассматриваемых рек. В этой главе описаны гидрохимические условия транспорта металлов и металлоидов в реках (раздел 5.1) и содержание металлов и металлоидов во взвешенных наносах (раздел 5.2), что ложится в основу сравнительного анализа химического состава взвеси Оби, Енисея, Лены и Колымы (раздел 5.3). В **Заключении** сформулированы 6 основных результатов диссертации, часть из которых, наиболее интересных по моему мнению, я уже приводил ранее в этом отзыве.

Несмотря на множество положительных качеств диссертационной работы В.А. Ефимова у официального оппонента имеется ряд замечаний:

1. Во Введении диссертации отсутствует отдельный абзац, описывающий научную и практическую значимость проведенной работы. Работа, безусловно, обладает научной и практической значимостью, и это должно быть четко сформулировано во введении диссертации.

2. В работе недостаточное внимание уделено связи пространственной изменчивости концентраций химических элементов вдоль поперечного створа рассматриваемых рек с соответствующей изменчивостью гранулометрического состава взвешенных наносов. Более детальный анализ этого вопроса также усилил бы исследование.

3. В разделе 5.3 и далее в выводе №5 в Заключение рассчитывается вынос металлов и металлоидов в устьевые области в период открытого русла, определяется его доля в общем потоке взвешенных наносов в рассматриваемых реках. Для этой важной оценки рекомендуется также рассчитать и привести погрешность.

4. Одна из актуальных задач физической океанологии в российской Арктике заключается в разделении вод обского и енисейского генезиса в общем плюме Оби-Енисея, и, аналогично, вод ленского и колымского генезиса в общем плюме Лены–Колымы. Одним из способов подобного разделения мог бы служить анализ химического состава взвешенных веществ в различных частях этих плумов, что тесно связано с рассматриваемой диссертационной работой. В связи с этим, работу усилил бы вывод о возможности дифференцирования взвешенных веществ по химическому составу между реками Обь и Енисей и между реками Лена и Колыма с конкретной рекомендацией – концентрации каких металлов и металлоидов наиболее показательны для этих целей. Анализ этого аспекта мог бы быть произведен в разделе 5.3, а полученный результат – добавлен в вывод №4 в Заключение.

Также можно отметить ряд редакционных замечаний, которые, в целом, не относятся к основному содержанию работы и не снижают значимости полученных автором результатов исследования:

- Прилагательное «арктический», существительные «запад» и «восток» в большинстве случаев нужно писать со строчной буквы;
- На стр. 8 лишняя запятая в предложении «Сейчас, к взвешенным...», также следует заменить «...не только частицы природного, но также и частицы антропогенного происхождения» на «...частицы не только природного, но и антропогенного происхождения»;
- На стр. 22 не указаны надстрочные символы «18.7 м2/г до 0.4 м2/г»;

- Аббревиатура ММП (многолетнемерзлые породы) в тексте задается дважды на стр. 43 и 48;
- На стр. 58 пропущена запятая в предложении «...взвешенных наносов РМ0.45-10 которая является...»;
- На стр. 82 недостает пробела в предложении «...длиной в 24 м...»;
- В заголовке раздела 5.3 в оглавлении и на стр. 99 пропущена запятая между словами «Енисея» и «Лены»;
- На стр. 113 лишний пробел в предложении «...фракциях РМ 1 и РМ1-10 отмечается...».

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 паспорту 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 приложениям № 8, 9 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Ефимов Василий Антонович заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16 – «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

**Официальный оппонент:**

доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник лаборатории  
взаимодействия океана с водами суши  
и антропогенных процессов  
ФГБУН «Институт океанологии  
им. П.П. Ширшова РАН»

**ОСАДЧИЕВ Александр Александрович**



«12» мая 2023 г.

Контактные данные:

Тел.: +7(499)124-85-28, e-mail: osadchiev@ocean.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:  
25.00.28 – «Океанология»

Адрес места работы:

117997, г. Москва, Нахимовский просп., д. 36,  
ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», лаборатория  
взаимодействия океана с водами суши и антропогенных процессов

Тел.: +7(499)124-61-49, e-mail: office@ocean.ru

Подпись сотрудника лаборатории взаимодействия океана с водами суши и антропогенных  
процессов ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН» А.А. Осадчиева  
удостоверяю:

Ученый секретарь, к.г.н.

12.05.2023 г.



А.С. Фалина