

**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»**

Изучение закономерностей стока речных наносов, их гранулометрического и химического состава позволяет получить актуальную информацию о гидрологических и гидрохимических процессах в реках российской Арктики. На долю речных наносов приходится более 90% стока некоторых химических элементов. Наиболее тонкие фракции наносов постоянно взаимодействуют с растворённой формой химических элементов и могут существенно влиять на химический состав и качество речных вод. Характеристики наносов Арктических рек, несмотря на значительные преобразования, происходящие в этом регионе и связанные с климатическими изменениями и антропогенной деятельностью, остаются малоизученными из-за сложной транспортной доступности объектов исследования, значительных размеров бассейнов рек, слабой развитости мониторинговой сети и различий в применяемых методах анализа. С этими фактами связана **актуальность темы** диссертационной работы Ефимова В.А., **целью** которой стала оценка гранулометрического состава и содержания металлов и металлоидов во взвешенных наносах крупнейших рек Арктической зоны России и изучение их пространственно-временной изменчивости.

Автор выделяет следующие основные **задачи работы**: (1) исследование факторов и особенностей формирования химического состава наносов и их пространственных отличий на реках российской Арктики;

(2) обоснование методологии расширенной программы гидролого-геохимического мониторинга стока и состава наносов крупных рек; (3) сравнительный анализ гранулометрического состава взвешенных наносов нижнего течения крупнейших рек Арктики, а также долей бассейновой и русловой составляющих стока взвешенных наносов; (4) сравнительный анализ содержания металлов и металлоидов во взвешенных наносах рек Обь, Енисей, Лена и Колыма, оценка закономерностей их сезонной и локальной (в пределах поперечного сечения) изменчивости; (5) оценка выноса металлов и металлоидов в составе взвешенных наносов в устьевые области рек Обь, Енисей, Лена и Колыма; (6) исследование распределения тяжелых металлов и металлоидов по фракциям крупности взвешенных наносов рек Обь, Енисей, Лена и Колыма.

**Текст диссертации 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. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации, подготовленной В.А. Ефимовым.

Во **введении** приведены данные об актуальности исследований, поставлены цель и задачи работы, даны положения, выносимые на защиту. Также приведены сведения об объекте исследования и личном вкладе автора, апробации работ, докладах на конференциях и публикациях автора по теме данного исследования.

**Глава I** состоит из трёх разделов. Раздел 1.1 характеризует современные представления о транспорте взвешенных наносов, в разделе 1.2 показаны основные подходы к характеристике гранулометрического состава наносов и описан единый подход к анализу диапазонов крупности частиц, применяемый в работе (*PM – particulate matter*). Раздел 1.3 посвящён особенностям формирования химического состава наносов. В конце раздела

сделано заключение о взаимосвязанности гранулометрического и химического состава наносов.

В главе II приведены современные данные об изученности содержания растворённых и взвешенных форм транспорта химических элементов в реках. В разделе 2.1 представлены сведения о гидрологическом режиме Арктических рек, в разделе 2.2 описан химический состав воды и взвешенных наносов, полученный на основе использованной автором литературы. Последний раздел главы (раздел 2.3) посвящён описанию факторов формирования стока и химического состава наносов в бассейнах крупнейших рек Арктики – рр. Обь, Енисей, Лена и Колыма. В конце главы подчёркивается недостаточность существующих данных о химическом составе воды и наносов в данном регионе, а также необходимость выполнения измерений по единой методике.

Глава III методическая – в ней приводятся основные сведения о гидрологических характеристиках объектов исследования, методика пробоотбора и пробоподготовки, описываются физические и химические методы исследования наносов, приводятся основные расчётные формулы. Также, в разделе 3.4 описывается отличие применяемой методики отбора и анализа образцов от существующих методик на крупных реках Арктики.

В главе IV представлены результаты исследования гранулометрического состава наносов. В разделе 4.1 приведены общие концентрации наносов исследуемых рек. В разделе 4.2 даны результаты анализа гранулометрического состава. Показаны различия диаметров частиц наносов рр. Обь и Енисей и рр. Лена и Колыма. Дано описание кривых распределения фракций гранулометрического состава для каждой из рек в разные фазы водного режима и в разных частях створа. Приведен метод разделения фракций взвешенных наносов на русловую и бассейновую составляющие. Различия гранулометрического состава рек Обь, Енисей

и Лена, Колыма соотнесены с результатами фракционного, кластерного и дискриминантного анализа.

В главе V описаны результаты исследования химического состава взвешенных наносов. В разделе 5.1 дана характеристика общих гидрохимических показателей, влияющих на транспорт микроэлементов. Раздел 5.2 посвящён анализу содержания 20 выбранных автором металлов и металлоидов в составе взвешенных наносов. Приведены общие концентрации химических элементов в составе наносов, группы элементов со схожими концентрациями, показана изменчивость содержания химических элементов в разных речных бассейнах, за рассматриваемые фазы водного режима в одном речном бассейне, за одно измерение в разных частях выбранного поперечного створа. В разделе 5.3 с помощью гидролого-геохимических методов анализа показываются различия химического состава наносов рек Обь, Енисей, Лена и Колыма. Определяются степени загрязнения наносов с помощью индекса *TEF*, выделяются преимущественные формы транспорта металлов и металлоидов в каждом из бассейнов, а также рассчитывается их средний поток в период открытого русла.

В главе VI автор рассматривает концентрирование химических элементов в наиболее тонких фракциях взвешенных наносов, отобранных с помощью зонда-ловушки. Показываются различия между содержанием металлов и металлоидов в реках Обь и Енисей, Лена и Колыма, а также отличие концентраций во фракциях <1 мкм и 1-10 мкм.

В заключении автор формулирует шесть выводов, соответствующих каждой из поставленных задач исследования.

**Обоснованность и достоверность** представленного исследования связана с применением актуальных методов гидрологических и гидрохимических измерений, анализа и обработки большого количества отечественных и зарубежных источников информации. По теме диссертации

опубликовано 5 статей в рецензируемых журналах из списка ВАК, результаты докладывались на российских и международных конференциях.

**Автор принимал непосредственное участие** в полевых работах на рассматриваемых объектах в 2018-2021 гг., отвечал за обработку проб и анализ результатов экспедиций, а также их представление в статьях и на конференциях.

**Актуальность и практическая значимость** работы связана, прежде всего, с тем, что в настоящее время устойчивое освоение и развитие районов Арктической зоны Российской Федерации требует надежных материалов по гидрологическим и гидрохимическим характеристикам крупнейших сибирских рек. В то же время данной информации, особенно, касающейся показателей твердого стока в водотоках катастрофически недостаточно. Ситуация усугубляется из-за глобальных климатических изменений, влияющих на все параметры стока наносов и, в этой связи, требующих современного уточнения основных количественных показателей стока твердых частиц. Результаты данной диссертационной работы имеют большое практическое значение в связи с тем, что позволяют актуализировать информацию о важнейших характеристиках, связанных с твердым стоком, а именно, о выносе частицами наносов металлов и металлоидов в устьевые участки крупнейших сибирских рек. Данная информация является, безусловно, необходимой для решения вопросов, связанных с оценкой и прогнозом экологического состояния устьевых участков рек и прибрежных акваторий Северного Ледовитого океана в районах наиболее интенсивного их освоения в будущем.

К наиболее важным оригинальным результатам исследования, по моему мнению, относятся:

1. Активное внедрение современных методов гранулометрического анализа частиц наносов, позволяющее расширить диапазон рассматриваемых

частиц в субмикронную область, имеющую важнейшее значение в формировании экологического состояния водных объектов.

2. Анализ содержания химических элементов с учетом гранулометрического состава наносов и инструментальное подтверждение того факта, что усиление концентрирования химических элементов происходит в наиболее мелких фракциях взвешенных наносов.

3. Оценка генезиса металлов, поступающих с твердым стоком в устьевые участки крупнейших сибирских рек, на основе выделения долей бассейновой и русловой составляющих стока взвешенных наносов, что позволяет получить представление о фоновой и антропогенной природе выноса металлов.

4. Разработка единого подхода к организации полевых работ и последующему анализу образцов, что является весьма важным в современных условиях явной недостаточности таких исследований и, особенно, из-за их методической разобщенности.

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

1. При рассмотрении основных показателей, характеризующих транспорт наносов в водных объектах, автор принимает, что в данной работе к влекомым наносам относятся вещества, переносимые в слое потока равном двум медианным диаметрам частиц, характерным для него. Данное утверждение является достаточно спорным. А.В. Караушев считал, что разделение наносов на взвешенные и влекомые может осуществляться только по характеру движения без выделения какого-либо слоя, разделяющего их. Автором данного отзыва при выполнении специализированных работ, посвященных оценке слоя сальтации влекомых наносов при помощи многоуровневого сетчатого батометра, фиксировались сальтирующие гравелисто-галечные влекомые частицы на уровне, многократно превышающем слой, равный двум медианным диаметрам. А.И. Чеботарев

считал, что к влекомым наносам могут относиться сальтирующие частицы, достигающие даже поверхности потока. Однако, высказанное замечание не повлияло на корректность дальнейших анализов и выводов автора диссертации и может считаться больше предметом научных дискуссий.

2. Утверждение, что деление проб на нерастворенные и растворенные формы путём фильтрования через мембранные фильтры с диаметром пор 0.45 мкм, является недостаточно корректным. В данном случае отделяются взвеси от истинных растворов и части коллоидов, размерный диапазон которых распространяется до размеров 1 нм. по Д.А. Фридрихсбергу.

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

1. На странице 17 диапазон пылеватых частиц ошибочно обозначен размером (1-100 мкм), вместо 10-100 мкм.

2. Утверждение, что при изучении гранулометрического состава наносов в данной работе используется распределение в диапазоне 0.5-2000 мкм и это распределение соответствует глинистой, илистой и мелко- и средне- песчаной фракции (стр.59) не совсем корректно. Либо, в данном случае, принимается диапазон 0.5-200 мкм, или распределение соответствует глинистой, илистой, песчаной и мелко – гравийной фракции.

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 географических наук,  
директор Института исследований  
континентальных водных объектов  
ФГБОУ ВО «Российский государственный  
гидрометеорологический университет»

**ПОЗДНЯКОВ Шамиль Рауфович**

«18» мая 2023 г.

Контактные данные:

Тел.: +7(931)970-39-48, e-mail: sh.pozdnyakov@rshu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:  
25.00.36 – «Геоэкология»

Адрес места работы:

192007, г. Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д. 79,

ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический  
университет», Институт исследований континентальных водных объектов

Тел.: +7(812)712-80-77, e-mail: rector@rshu.ru

Подпись сотрудника Института исследований континентальных водных объектов  
ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»  
Ш.Р. Позднякова удостоверяю:

18.05.2023 г.