

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»

Диссертация В.А. Ефимова посвящена одной из самых сложных и слабо изученных проблем современной гидрологии – формированию химического состава речных наносов в условиях холодного климата. Хозяйственное освоение арктических территорий, интенсивное использование их природных ресурсов, изменение климата, с одной стороны, и особая уязвимость арктических экосистем к колебаниям температуры окружающей среды при переходе ее через пороговые значения, с другой стороны, требуют наличия знаний о современных гидрологических и гидрохимических процессах, происходящих в поверхностных водах арктических зон. Рассматриваемая проблема находится на стыке целого ряда научных дисциплин: гидрологии, геоморфологии, гидродинамики, гидрохимии, геоэкологии. Проведение исследований усложняется удаленностью водных объектов, сложностью организации полевых работ и суровым климатом. В этой связи проведенное диссертантом исследование, выполненное для ряда рек российской Арктики, является актуальным и своевременным.

Представленная диссертационная работа изложена на 136 страницах, включает 69 рисунков и 18 таблиц, состоит из введения, 6 глав (16 разделов), заключения, приложения и списка литературы из 161 библиографической ссылки, в том числе 91 работа на иностранных языках. В целом диссертация тщательно оформлена, имеет достаточное количество иллюстративного

материала. Использованные литературные источники хорошо представляют весь спектр релевантных исследований. Материал изложен последовательно и аргументировано. Основные положения диссертации опубликованы в 5 рецензируемых научных изданиях. Общее количество публикаций диссертанта, написанных в соавторстве, согласно базе научных работ РИНЦ составляет 53 работы. Автореферат изложен на 28 страницах, хорошо иллюстрирован, тщательно оформлен и достаточно полно отражает текст диссертации.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, цель и задачи работы, ее научная новизна, приведен список исследованных водных объектов, сформулированы предмет исследования и защищаемые положения, даны сведения об апробации и реализации результатов работы, публикациях по теме диссертации, личном вкладе автора, структуре и объеме работы.

В первой главе диссертации «Факторы формирования гранулометрического и химического состава наносов» на основе литературных источников рассматриваются ключевые показатели, характеризующие транспорт наносов в водных объектах, анализируются их гранулометрический состав и особенности формирования химического состава взвешенных наносов, рассмотрены группы классификаций, применяемых при изучении речных наносов.

Вторая глава диссертации «Изученность растворённых и взвешенных форм миграции химических элементов в реках российской Арктики» также является служебной, в которой приводятся общие сведения о гидрологическом режиме рек российской Арктики, дана сводная база данных о химическом составе воды и наносов этих рек и рассмотрены особенности условий формирования потока и химического состава наносов в бассейнах рек Обь, Енисей, Лена и Колыма.

В главе обобщена информация по 33 крупнейшим по площади бассейна рекам российской Арктики, различающихся режимом русловых процессов,

распространением многолетнемерзлых пород, степенью антропогенных преобразований на водосборах и зарегулированностью стока реки. Анализ имеющихся данных позволил автору сделать вывод, что важнейшими факторами, влияющими на химический состав наносов, являются интенсивность эрозии водосборов, наличие гидротехнических сооружений, а также тающих многолетнемерзлых пород.

В третьей главе «Методика исследования состава взвешенных наносов крупных рек российской Арктики» подробно рассмотрены структура полевых измерений и отбора проб воды, взвешенных наносов и донных отложений, реализованные для рек Обь, Енисей, Лена и Колыма в период 2018–2021 гг., а также состав и методы лабораторных определений химических показателей отобранных проб. Автором использовались современные высокоэффективные методы измерений и анализа проб, что обеспечивает высокую степень достоверности полученных результатов. Расходы и мутность воды в реках измерялись доплеровскими измерителями течения, интегральные пробы взвешенных наносов отбирались с помощью зонда-ловушки, гранулометрический состав взвешенных наносов и донных отложений выполнен методом лазерной гранулометрии. Содержание металлов и металлоидов в воде, взвешенных наносах и донных отложениях определено методами масс- (ICP-MS) и атомно-эмиссионной (ICP-AES) спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Элементный анализ органического вещества в пробах воды и взвешенных наносов выполнен методом CHSN. Автором приводятся характеристики замыкающих створов в период проведения работ и статистической обработки данных измерений и лабораторных анализов.

Четвертая глава диссертации «Гранулометрический состав взвешенных наносов крупнейших рек российской Арктики» посвящена общей характеристике концентраций взвешенных наносов в замыкающих створах крупнейших рек российской Арктики и их гранулометрическому составу.

Автором установлено, что для рек Обь, Енисей, Лена и Колыма характерен двухмодальный тип распределения фракций взвешенных наносов, определяемый вкладом более мелкой бассейновой и более крупной русловой составляющих в сток наносов. Средняя доля бассейновой фракции в стоке взвешенных наносов изменяется от 34% для р. Енисей до 62% для р. Колыма, где ее увеличение связано с разработкой россыпных месторождений и выносом продуктов разрушения вечномерзлых пород и ледовых комплексов. В среднем доля бассейновой фракции составляет разных рек: Обь – 45%, Енисей – 36%, Лена – 39%, Колыма – 52%.

В работе показано, что в низовьях рек Обь и Енисей преобладают более мелкие фракции взвешенных наносов, по сравнению с аналогичными участками рек Лена и Колыма. Для этих рек характерные диаметры частиц наносов соответственно равны d_{10} (мкм): 2,0 – р. Обь, 1,5 – р. Енисей, 6,3 – р. Лена, 5,4 – р. Колыма, а d_{50} (мкм): 16 – р. Обь, 12 – р. Енисей, 42 – р. Лена, 26 – р. Колыма.

В пятой главе работы «Оценка содержания металлов и металлоидов во взвешенных наносах крупнейших рек российской Арктики» для замыкающих створов исследованных рек автор анализирует довольно длинный ряд химических элементов (Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Zr, Mo, Cd, Sn, Sb, Cs, W, Pb, U), транспортируемых взвешенными наносами. В главе рассмотрены гидрохимические условия транспорта металлов и металлоидов в бассейнах исследуемых рек, их содержание во взвешенных наносах, дан сравнительный анализ химического состава взвеси рек Обь, Енисей, Лена и Колыма.

На основе собственных определений, автором показано, концентрации изучаемых химических элементов в составе взвешенных наносов в нижнем течении крупнейших рек российской Арктики близки к их среднемировым концентрациям в верхней части земной коры. Наблюдаются повышенные концентрации Zn, Mn, Sn, Sb, Fe, Pb, Cu, As, Cd для р. Обь; Zn, Mn,

Sb, Cu, Cd для р. Енисей; Zn, Mn, Sn, Pb, Cu, As, Cd для р. Лена; Zn, Mn, Sn, Sb, As, Cd для р. Колыма. Анализ уровня загрязнения металлами и металлоидами исследованных рек, показал, что наиболее сильно подвержена антропогенному загрязнению р. Обь, прежде всего, такими высокотоксичными элементами как As, Cd, Zn. Наименьшее загрязнение наблюдается для р. Енисей.

Важный научный и практический интерес представляют сделанные автором выводы, что доля металлов и металлоидов, транспортируемых во взвешенной форме составляет более 98% для Al, Cs; более 75% для Fe, Mn, Zr, Co, Cr); 50–75% для Pb, Zn, Cd, Ni, V, W, As; 25–50% для Cu, Sn, U, Sb и менее 25% для Mo, Sr. Вынос металлов и металлоидов в устьевые области крупных рек российской Арктики наибольший в р. Лена с расходом 133 кг/с (19% от стока взвешенных наносов периода открытого русла). Для других исследованных рек он составляет соответственно Енисей – 122 (31%), Обь – 62 (13%), Колыма – 48 кг/с (20%).

Шестая глава диссертации «Распределение концентраций металлов и металлоидов во фракциях наносов крупнейших рек российской Арктики» содержит анализ связей между концентрациями исследованных химических элементов и размерным составом взвешенных наносов. Исследования автора подтверждают, существующее в научной литературе утверждение, что концентрирование химических элементов происходит в наиболее мелких фракциях частиц, особенно субмикронного размера. Разница в гранулометрическом составе взвешенных наносов исследованных рек проявляется в интенсивности суммарного концентрирования мелкими частицами металлов и металлоидов. Автором установлено, что для рек Обь и Енисей она наиболее ярко выражена.

В заключении диссертационной работы сформулированы 6 выводов, которые в целом отражают основные результаты выполненного исследования.

Научная новизна работы и ее практическое значение состоит в том, что на основе собственных многолетних экспедиционных исследований и лабораторных анализов, соискателем впервые для крупных рек российской Арктики установлены закономерности пространственно-временной изменчивости химического состава речных наносов с учетом неоднородности их распределения в пределах поперечных профилей русел рек. На обширном фактическом материале определены средние концентрации металлов и металлоидов во взвешенных частицах в воде рек Обь, Енисей, Лена и Колыма и величины поступления 20 изученных химических элементов в устьевые области этих рек. Дана оценка особенностей распределения химического состава взвесей в пределах поперечных сечений крупных рек. Впервые для взвешенных наносов проведены оценки распределения химического состава частиц по разным фракциям крупности. Таким образом, практическая значимость проведенного исследования не вызывает сомнения.

Изучение текста диссертации, автореферата и публикаций автора позволяет заключить, что диссертантом проведена большая работа по всестороннему рассмотрению и изучению довольно сложной и комплексной научной проблемы транспорта химических веществ на взвешенных наносах крупных рек и особенностям пространственно-временной изменчивости их переноса в условиях российской Арктики. Обоснованность научных положений и выводов определена логикой построения диссертации. Основные защищаемые положения по существу возражений не вызывают. Результаты работы многократно докладывались и обсуждались на всероссийских и международных научных конференциях, симпозиумах и семинарах.

Следует отметить некоторые замечания и пожелания по работе.

1. Автором дано не совсем удачное определение речных наносов (стр. 7 автореферата), согласно которому к наносам отнесены ядохимикаты и

радионуклиды. Следует также дать пояснение, что подразумевает автор под приведенным в определении термином «минеральное биогенное вещество».

2. На рис. 1.1 (стр. 10) приведено обозначение «растворенные частицы». Следовало бы уточнить, что автор имел в виду.

3. В разделе 1.2 анализируются классификации гранулометрического состава частиц в контексте гранулометрического состава взвешенных наносов. Автором на основе литературных источников приведена довольно большая таблица, в которую включены галька и валуны, однако не упоминается классификация Wentworth (1922), хотя именно эту классификацию он использует в своих исследованиях в разделе 4.2 при разделе частиц на фракции для изучаемых рек. Вероятно, необходимо было отразить преимущества этой классификации и обосновать ее выбор.

4. Дискуссионным является предложение автора «использовать классификацию в диапазоне размеров от 0,001 мкм, основанную на численных индексах. Во-первых, в настоящее время не существует аналитических методов обнаружения наночастиц в природных средах. Во-вторых, следовало бы дать определение вводимого термина «численный индекс». Предположительно, это вольный перевод англоязычного термина «numerical index», который не имеет эквивалента в русском языке.

5. На рис 1.7 (стр. 20) приведена «Схема взаимодействия компонентов в системе «вода-наносы-донные отложения». Чем отличаются наносы от донных отложений в контексте данной работы? Требуется уточнение авторской позиции по этому вопросу.

6. На стр. 88 приводится утверждение «Средние медианные концентрации соединений фосфора уменьшаются в восточном направлении (рис. 5.1), что обусловлено снижением скорости биологического круговорота, определяющего трансформацию соединений фосфора». Никакой доказательной базы по этому поводу в диссертации не приводится, да и работа посвящена совсем другим проблемам.

7. В тексте диссертации и автореферата имеется ряд редакционных неточностей и недочетов:

– Многие страницы диссертации заполнены лишь частично, а разделы и главы заканчиваются таблицей или рисунком.

– Существует абзац, начинающийся на стр. 10 и заканчивающийся на стр. 12, который включает 4 формулы, 2 рисунка и, в котором обсуждаются вопросы от баланса наносов до принципа работы акустического доплеровского измерителя.

– На стр. 16 приведено утверждение: «В верховьях рек обычно наблюдаются более крупный диаметр пиков фракций наносов». Не совсем понятно, что автор в виду.

– На стр. 9 автореферата говорится «об определении физических, химических показателей воды и наносов, концентраций химических элементов». В чем отличие «химических показателей» от «концентраций химических элементов»?

– На стр. 20 автореферата присутствует абзац, начинающийся словами «Рассчитаны потоки тяжелых металлов...» и в том же абзаце приводится фраза «Суммарные потоки 20ММ...», т.е. металлов и металлоидов. Следовало бы дать пояснение, являются ли эти термины синонимами в контексте данной работы.

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:

кандидат географических наук,
старший научный сотрудник группы моделирования
продукционно-деструкционных процессов
ФГБУН «Институт водных проблем РАН»

КАЗМИРУК Василий Данилович

«17» мая 2023 г.

Контактные данные:

Тел.: +7(499)783-33-48, e-mail: kazm@iwp.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
11.00.07 – «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия»

Адрес места работы:

119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3,
ФГБУН «Институт водных проблем РАН», группа моделирования
продукционно-деструкционных процессов

Тел.: +7(499)135-54-56, e-mail: info@iwp.ru

Подпись сотрудника группы моделирования продукционно-деструкционных процессов
ФГБУН «Институт водных проблем РАН» В.Д. Казмирука удостоверяю:

17.05.2023 г.