«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова»

_____ И.В. Землянов

«15» октября 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» на диссертационную работу **Прокопьевой Кристины Николаевны** на тему «Трансформация стока воды и взвешенных наносов в дельте р. Лены в условиях изменяющегося климата», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Диссертация К.Н. Прокопьевой посвящена изучению трансформации стока воды и взвешенных наносов в дельте крупнейшей в России и Арктике р. Лены в условиях изменяющегося климата. На основе данных дистанционного зондирования и материалов экспедиционных исследований 2022 и 2024 гг. соискателем разработан комплекс методов оценки распределения стока воды и концентрации взвешенных наносов в многорукавной арктической дельте и впервые получена инструментально обоснованная оценка стока взвешенных наносов р. Лены в море Лаптевых в сезонном и многолетнем масштабах.

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Дельта р. Лены представляет собой уникальную зону трансформации огромных потоков природного материала, поступающего из речного бассейна в море Лаптевых. Ее сложная русловая сеть (более 2000 рукавов и проток) формируется в условиях сплошного распространения многолетнемерзлых пород, а сама Арктика остается наиболее быстро теплеющим регионом планеты, что существенно сказывается на гидрологических, морфологических и биогеохимических процессах в

устьевых областях. Следует подчеркнуть, что от объемов и характеристик выносимого рекой стока во многом зависит состояние прибрежных экосистем и биогеохимический режим арктических морей.

Вместе с тем существующие оценки речного стока, поступающего в Северный Ледовитый океан, опираются на данные замыкающих створов, удаленных от вершин устьевых областей рек на сотни километров, и не учитывают роль дельтовых рукавов в трансформации потоков вещества, тогда как наземная сеть наблюдений в устьях рек российской Арктики за последние десятилетия сократилась. В этих условиях применение данных дистанционного зондирования восполняет существующий пробел, что и определяет актуальность настоящего исследования.

2. Структура и содержание диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 170 страницах текста, содержит 66 рисунков и 32 таблицы. Список литературы насчитывает 214 наименований, из которых 140 – на иностранных языках.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, предложена методика их решения, приведены выносимые на защиту положения, показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость и достоверность результатов, отражен личный вклад соискателя и приведен перечень публикаций по теме диссертации.

В первой главе «Географо-гидрологическая характеристика устьевой области р. Лены» обобщены литературные, экспедиционные и мониторинговые сведения о структуре, природных особенностях и гидрологическом режиме устьевой области. Автором охарактеризованы сток воды и его распределение по рукавам, сток взвешенных наносов в замыкающем створе гидрологического поста Кюсюр и в истоках главных рукавов дельты Лены, рассмотрены геоморфологическое строение и этапы

формирования дельты. Вывод о быстром потеплении региона подкреплен количественными данными реанализа и результатами анализа температур по скважине на о. Самойловский, показан статистически значимый рост температуры многолетнемерзлых пород.

Вторая глава «Методы расчета распределения стока воды, стока взвешенных наносов и интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов по спутниковым снимкам», по существу, методическая, и составляет основу работы. В ней разработан и адаптирован комплекс алгоритмов обработки спутниковых снимков, включающий граф-теоретический подход (RivGraph) к расчету распределения стока воды, региональные алгоритмы оценки концентрации взвешенных наносов по красному каналу снимков Sentinel-2 и Landsat с атмосферной коррекцией в среде Google Earth Engine, а также методику анализа плановых береговых переформирований. Верификация модели распределения стока по независимым экспедиционным данным, полученным автором в 2022 и 2024 гг., подтвердила ее удовлетворительное соответствие натурным измерениям. Выбор методов обоснован обширной площадью исследуемого объекта и большим количеством водотоков.

В третьей главе «Закономерности распределения стока воды по рукавам дельты Лены» впервые получена морфометрическая характеристика русловой сети для двух контрастных фаз водного режима и установлено, что функционирование сети определяется двумя устойчивыми режимами, существование которых также подтверждено численно. Согласно тексту диссертации, в половодье активизация поперечных гидравлических связей обеспечивает перераспределение стока между секторами дельты, а в межень их ослабление приводит к концентрации основного стока в немногих крупных рукавах восточной части дельты. Соискателем получены величины расходов воды для

каждого водотока дельты Лены в разные фазы водного режима. До сих пор такие данные для дельты Лены отсутствовали.

В четвертой главе «Трансформация стока взвешенных наносов в дельтовых рукавах и количественная оценка его притока в море Лаптевых» выполнен анализ продольного изменения концентрации взвешенных наносов и получена количественная оценка их притока в море Лаптевых. Автором получены средние месячные расходы взвешенных наносов для периода открытого русла. Обоснованы расчетные сценарии, на основе которых показано, что среднемноголетний сток взвешенных наносов в вершине дельты составляет около 15,7 млн т в год, а с учетом внутридельтовой трансформации приток в море оценивается в 16,1–17,7 млн т в год. Анализ трендов подкреплен статистической оценкой.

Представленный **в пятой главе «Анализ факторов трансформации стока взвешенных наносов»** анализ раскрывает роль метеорологических факторов и русловых переформирований. Установлено, что в периоды высокой водности определяющую роль играют расход воды и солнечная радиация, тогда как в меженный период роль стока воды резко снижается, и на первый план выходят ветровой режим и температурные показатели. Полученные результаты в совокупности подтверждают, что разрушение берегов, сложенных многолетнемерзлыми породами, является основным механизмом продольного нарастания стока взвешенных наносов. Относительный вклад этой составляющей в суммарный годовой сток составляет от 3 до 13%. Соискателем проведена обширная работа по оцифровке берегов дельты, что позволило оценить скорость береговых переформирований, которая, по оценкам автора, за 2000–2024 гг. возросла примерно на две трети по сравнению с периодом 1964–2000 гг.

В **заключении** приводится перечень основных научных результатов диссертационной работы:

– разработан и верифицирован комплекс дистанционных методов изучения гидрологического режима и русловых переформирований в арктических дельтах;

– впервые получена полная морфометрическая характеристика русловой сети дельты реки Лены для двух контрастных фаз водного режима;

– установлен характер сезонной трансформации стока воды, определяемый двумя фазами водного режима;

– на основе анализа 280 спутниковых снимков за 2000–2024 гг. впервые систематически охарактеризована трансформация стока взвешенных наносов (среднемноголетний сток в вершине дельты – 15,7 млн т/год, приток в море Лаптевых – около 17,0 млн т/год);

– установлены закономерности трансформации стока наносов в дельте Лены, принципиально отличающиеся от характерных для дельт умеренного пояса;

– выполнена оценка площади разрушения берегов аллювиально-морской террасы за 1964–2024 гг. и рассчитана масса поступающих при этом в русловую сеть наносов.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов обеспечена калибровкой и верификацией дистанционных алгоритмов по натурным экспедиционным данным, собранным в дельте Лены в 2022 и 2024 гг. с использованием современного высокоточного оборудования, широко применяемого в мировой практике, а также сопоставлением с достоверными литературными данными, результатами российско-германских экспедиций и данными мониторинга Росгидромета. В работе применены апробированные методы. Результаты прошли апробацию на 12 российских

и зарубежных конференциях. По теме диссертации опубликовано 13 статей в рецензируемых научных изданиях.

4. **Научная новизна** результатов относится прежде всего к разработанному комплексу региональных алгоритмов и зависимостей для дистанционной оценки распределения стока воды и концентрации взвешенных наносов в условиях многорукавной арктической дельты, создающему методическую основу для мониторинга арктических дельт при сокращающейся наблюдательной сети. Автором получены новые оценки распределения стока воды и наносов для всей русловой сети дельты Лены более чем по двум тысячам водотоков. В результате проведенных исследований установлено систематическое продольное нарастание концентрации взвеси, связанное с термическим разрушением берегов, а на основе анализа шестидесятилетнего ряда ДДЗЗ количественно оценено ускорение береговых переформирований и их связь с деградацией мерзлоты. С помощью разработанных методов впервые дана оценка суммарного стока взвешенных наносов р. Лены в море Лаптевых в сезонном и многолетнем масштабах; это позволяет существенно уточнить все предшествующие расчеты, основанные на данных по замыкающему створу.

5. **Практическая ценность работы**:

- анализ эрозионно-аккумулятивных процессов в дельтовых рукавах служит основой для поддержания условий речного судоходства и обеспечения устойчивого функционирования Северного морского пути;
- определение морфодинамически активных зон и опасных участков отступания берегов необходимо для оценки угроз сокращения площади экологически значимых угодий Усть-Ленского государственного природного заповедника и для традиционного природопользования коренных народов Севера;

- уточненные оценки трансформации речного стока и концентрации взвешенных наносов востребованы при анализе воздействия на водно-биологические ресурсы прибрежных и шельфовых экосистем моря Лаптевых;
- разработанные дистанционные методы могут быть использованы при исследованиях в дельтах других арктических рек России, для большинства которых систематические наблюдения отсутствуют.

6. Замечания

1. В диссертации слабо представлена подспутниковая информация. Отсутствует подробное описание методов сбора и исследования проб воды и взвеси: чем и как отбирались пробы, с каких глубин, как эти пробы фильтровались, как определялся гранулометрический и вещественный состав взвеси. Для экспедиции в 2022 г. не приводится количество отобранных проб, а для экспедиции 2024 г. не показано, откуда пробы отбирались. В диссертации не хватает таблицы с полным перечнем исследованных проб, их координат, полученных результатов по концентрациям и составу взвеси. Для правильной оценки спутниковой информации полученные в поле фактические подспутниковые данные крайне важны, на них опираются все дальнейшие результаты обсчетов спутниковых снимков и их дальнейшая интерпретация и экстраполяция.

2. Не вполне ясен личный вклад автора при проведении экспедиционных исследований, какие конкретно работы автором были выполнены в поле.

3. В работе рассматриваются только механические трансформации взвешенного вещества в дельте Лены на пути к морю и игнорируются физико-химические, биологические и биогеохимические механизмы преобразования вещества, происходящие в маргинальном фильтре, которые кардинальным образом влияют на конечный состав и

концентрацию взвеси, поступающей в море Лаптевых. Возможно, это тема отдельного исследования геохимических и биогеохимических трансформаций взвешенного вещества в дельте реки, но хотя бы вкратце об этом следовало упомянуть.

Указанные замечания не умаляют положительных характеристик диссертационной работы, содержащей новые и полезные научные и практические результаты в области гидрологии суши.

7. Заключение

Диссертация Прокопьевой Кристины Николаевны на тему «Трансформация стока воды и взвешенных наносов в дельте р. Лены в условиях изменяющегося климата» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и на должном научном уровне, обладает научной новизной, теоретической и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное научное и прикладное значение. Оформление работы соответствует установленным требованиям.

Работа написана хорошим научным языком, соответствует требованиям квалификационного исследования, защищаемые положения сформулированы грамотно и самоценны, результаты в полной мере отражены в публикациях. Автор продемонстрировал высокий уровень владения научной литературой, географический кругозор и понимание предмета исследований по смежным направлениям (геоморфология и мерзлотоведение). Автор владеет методами исследования не только в своей области, но и в смежных направлениях: геоморфологии, картографии, ГИС-обработке и интерпретации материалов ДЗЗ.

Диссертация выполнена автором самостоятельно. Достоверность результатов и выводов обоснована. Автореферат отражает основные

положения диссертационной работы, материалы диссертации полностью содержатся в публикациях соискателя.

Диссертационная работа Прокопьевой Кристины Николаевны соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Отзыв на диссертацию Прокопьевой К. Н. рассмотрен и единогласно одобрен на Ученом совете ФГБУ «ГОИН» «22» октября 2026 г., протокол № 5.

Ведущий научный сотрудник лаборатории морских устьев рек ФГБУ «ГОИН», канд. геол.-минерал. наук

_____ / С. Б. Тамбиев

Заведующий отделом информационного обеспечения морской и водохозяйственной деятельности ФГБУ «ГОИН»

_____ / О.В. Горелиц

Подписи руки С.Б. Тамбиева и О.В. Горелиц заверяю:

Ученый секретарь ФГБУ «ГОИН»

_____ / Л.А. Остроумова

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» (ФГБУ «ГОИН»)

Адрес: 119034, Россия, г. Москва, Кропоткинский пер., д. 6, стр. 1

Телефон: +7 (499) 246-72-88

Сайт: гоин.рф

E-mail: adm@oceanography.ru