

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук Драбенко Дмитрия Вадимовича, на диссертационную работу ИСТОМИНА Иннокентия Евгеньевича «Геоинформационная методика представления и оценки рисков гидрометеорологической обстановки в локальных акваториях Арктической Зоны Российской Федерации для обеспечения безопасности арктического судоходства», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

1.6.20 – «Геоинформатика, картография (технические науки)»

Диссертация ИСТОМИНА Иннокентия Евгеньевича посвящена разработке модельно-методического аппарата представления и оценки состояния территориальной системы рисков Арктического судоходства (далее – РАС) на основании учета различных гидрометеорологических и навигационно-гидрографических параметров арктической акватории и выработки рекомендаций по снижению рисков судоходства в АЗРФ.

Диссертация состоит из списка сокращений и обозначений, введения, трёх глав, содержащих 11 разделов, заключения, списка использованных источников. Объем работы составляет 167 страниц основной части и 2-х приложений на 51 странице, включает 35 рисунков, 13 таблиц. В список использованных источников включены 140 публикаций.

Во введении автор в достаточной мере раскрывает научную проблему, идею и новизну работы, указывает объект, предмет, цели и задачи исследования, после чего формулирует два научных положения, выносимых на защиту. Диссертант раскрывает вопросы, связанные с объективными проблемами развития судоходства в Арктической зоне Российской Федерации (далее – АЗРФ). Характеристики региона включают низкие температуры, мелководье, высокую степень ледовитости, нестабильный рельеф морского дна, низкую степень изученности и недостаточно развитую инфраструктуру. Всё это усугубляется отсутствием полноценной системы мониторинга морской обстановки, что значительно повышает риски деятельности в регионе, особенно важной составляющей которой выступает судоходство и транспортная логистика. На уровень моря локальной акватории в конкретный момент времени оказывают влияние такие гидрометеорологические (далее – ГМ-) факторы, как ветровые сгонно-нагонные и приливные явления, осадки, течения и прочие.

Автор справедливо отмечает, что современные подходы к оценке риска, включающие геоинформационные, вероятностно-статистические и гидрометеорологические методы, базируются преимущественно на ограниченном объёме навигационных и гидрометеорологических данных.

По этой причине снижается достоверность оценки рисков навигационной обстановки, ухудшается качество рекомендаций по безопасному судоходству и возрастает вероятность принятия ошибочных решений.

Налицо проблемный вопрос, связанный с адаптацией существующего модельно-методического аппарата анализа и прогнозирования рисков навигационной ситуации к особенностям арктического района плавания. Существующие вероятностно-статистические методы прогнозирования ГМ-ситуации ограничены общими математическими постановками и требуют своей территориально-ситуационной специализации и адаптации применительно к условиям арктических морей. Для разрешения проблемы геоинформационного управления судоходством в арктической зоне разработан модельно-методический аппарат представления и оценки состояния территориальной системы далее – РАС, который позволяет выработать рекомендаций по снижению рисков судоходства в АЗРФ.

Акватория АЗРФ представляет собой обширное приполярное пространство и играет ключевую роль в реализации стратегических интересов России. Одним из главных направлений арктической активности является судоходство и транспортная логистика – особенно в условиях растущего грузопотока по Северному морскому пути (далее – СМП).

Возникает некое противоречие. С одной стороны, существует острая потребность в оперативной и достоверной оценке рисков геоситуации в локальных арктических акваториях. С другой стороны, применяемые методики ориентированы либо на отдельные гидрометеорологические параметры, либо на фрагментарное логистическое описание, не опирающееся на единую геоинформационную модель обстановки.

Требуют разрешения противоречия, касающиеся моделирования геоситуации в системе РАС, а также решения методических задач оперативной оценки гидрометеорологических и ситуационных рисков арктических акваторий и выработки рекомендаций по обеспечению безопасной навигации в морях АЗРФ. Именно этим обусловлена **актуальность** диссертационной работы.

Практическая и теоретическая значимость работы подтверждены результатами апробаций на 5 научных и научно-практических конференциях. У автора 13 научных публикаций по теме исследования, из которых 7 работ опубликованы в изданиях, рекомендованных по перечню ВАК, одно свидетельство регистрации программы для ЭВМ «ДестрРегК».

Результаты диссертационного исследования отражены в 2 НИР, внедрены в образовательную деятельность, что подтверждено актами внедрения.

Первая глава диссертации представляет собой пространственно-содержательный анализ физико-географических и хозяйственно-географических

условий системы рискованого арктического судоходства, арктической территориальной активности (далее – АТА), арктического флота РФ, рисков арктического судоходства, методов моделирования и поддержки безопасности РАС, проблемных вопросов РАС. Автор подробно рассматривает арктическое судоходство, которое характеризуется глобальным территориальным охватом АЗРФ и сложным содержательным функционированием.

Особое внимание уделяется анализу физико-географических условий региона и состоянию инфраструктур АЗРФ, включая транспортную (добычи ископаемых), портовую, навигационную, логистическую и социальную сферы. Сообщается, что важнейшая роль арктического судоходства, который осуществляется через ограниченные проливы, состоит в обеспечении потребности в грузоперевозках в полярной зоне. Отмечается, что одним из значимых рисков арктического судоходства является опасность малого запаса глубины (свободная вода) под килем судна. Также автор говорит о неэффективности традиционных геоинформационных методов прогноза рисков уровня моря и моделей статистической оценки георисков уровня моря. Автором выявлен проблемный вопрос, связанный с необходимостью интеграции геоинформационных методов с аппаратом вероятностно-статистического анализа для решения вопроса адекватной оценки риска глубины и других морских опасностей в достаточно обширных и сложных для мореплавания условиях акватории Арктической зоны.

Таким образом, первая глава диссертации демонстрирует высокий уровень научной проработки материала и логическую последовательность изложения. Автор успешно сочетает теоретический анализ с практическими выводами, что создает прочную основу для дальнейшего исследования.

Вторая глава диссертации посвящена разработке геомодели обстановки РАС.

Автором предложена формальная структура геомодели РАС, представляющей собой систему геообъектов и отношений между ними. Каждый геообъект характеризуется своим положением в пространстве и набором признаков, описывающих его свойства и состояние. Разработка геомодели основывалась на принципах пространственной и содержательной упорядоченности. Пространственная упорядоченность отражает физическую организацию объектов в акватории, тогда как содержательная упорядоченность связана с их свойствами и признаками, такими как глубина, ледовитость, направление ветра и другие важные параметры.

Автор систематизирует и детализирует состав геомодели РАС, который включает в себя параметры разных подсистем. Такая детализация позволяет учесть широкий спектр факторов, влияющих на безопасность и эффективность арктического судоходства.

Разработанная автором вероятностно-статистическая модель предназначена для оценки рисков, связанных с изменениями уровня моря и другими гидрометеорологическими явлениями. Она позволяет рассчитывать вероятность выхода случайных процессов (на примере изменения уровня воды) за заранее заданные границы, что критично для предотвращения аварийных ситуаций. Приведены аналитические математические формулы, позволяющие рассчитать верхнюю и нижнюю границы оценки рисков, что повышает точность и надежность прогнозирования.

Отдельное внимание в главе уделяется численному моделированию ветровых волн в мелководных акваториях, что особенно актуально для арктических морей. Предлагается система дифференциальных уравнений, описывающих движение воды и распространение волн, учитывающая такие факторы, как сила Кориолиса, трение о дно и ветер. Приведены методы численного решения этих уравнений, что позволяет получать прогнозы пространственного распределения уровня водной поверхности.

Таким образом, вторая глава демонстрирует фундаментальный подход к созданию комплексной геодеи РАС, включающей формализацию структуры, принципы пространственной и содержательной упорядоченности, компоненты и подсистемы модели, а также разработку вероятностно-статистических и численных методов оценки и прогнозирования рисков на примере расчёта уровня поверхности воды. **Научный результат**, достигнутый в главе, был опубликован в работах автора: Приближенная модель прогнозирования георисков / Истомин Е.П., Истомин И.Е. // Информация и космос. – 2024. – № 3. – С. 117-121.; Оценка георисков на основе волновой модели / Истомин Е.П., Истомин И.Е., Мартын И.А // Информация и космос – 2025 – №1 – С.151-155.

Третья глава посвящена разработке и апробации геоинформационной методики оперативной оценки обстановки, и выработке рекомендаций по организации функционирования системы РАС.

В главе представлены две специальные методики прогнозирования георисков для разных глубин прогноза. Одна из них – краткосрочное прогнозирование, основанное на учёте слабо автокоррелированных факторов, вторая – долгосрочное прогнозирование, которое учитывает сильно автокоррелированные факторы, зависящие от длительных тенденций изменения уровня воды. Автором разработана интегральная методика, объединяющая краткосрочные и долгосрочные прогнозы, и содержащая численные расчёты уравнения мелкой воды. Данная методика позволяет представить пространственное распределение георисков уровня водной поверхности.

Создана программная методика, позволяющая проводить пространственный анализ рисков акваторий и формировать пространственно-содержательные рекомендации по обеспечению безопасности арктической навигации. Данная методика реализуется посредством специализированного программного обеспечения, включающего два модуля: модуль «Оценка ГеоРисков», модуль «Интегральная оценка георисков». Особенность методики заключается в объединении различных типов рисков, таких как гидрологические, метеорологические, ледовые, операционные и т.д. Методика успешно апробирована на конкретном примере акватории Обской губы, результаты апробации представлены в списке публикаций автора. Отмечается, что по результатам тестирования зафиксированы увеличение скорости и повышение своевременности вычислений по сравнению с традиционными методами.

Третья глава демонстрирует практическую реализацию и апробацию разработанной при участии автора геоинформационной методики оценки рисков гидрометеорологической обстановки. Представленный материал доказывает высокую эффективность предложенного модельно-методического аппарата, подтверждающегося результатами расчетов и тестовыми испытаниями программного обеспечения. Глава убедительно показывает, что внедрение инновационных геоинформационных технологий способно существенно повысить безопасность и эффективность арктического судоходства, особенно в сложных условиях северных акваторий. **Научный результат**, достигнутый в главе, был опубликован в работах автора: Методика оценки навигационной безопасности и регулирования судоходства в районах с множественными рисками / Истомин И.Е., Бородин Е.Л., Биденко С.И. // Эксплуатация морского транспорта. – 2026. - № 1. – С. 27 – 36.; Программная методика пространственного анализа деструктивного региона в процедурах геоинформационной поддержки безопасности территориальной логистики / Истомин И.Е., Храмов И.С., Биденко С.И. // Информация и космос. – 2026. – № 1. – С. 110 – 119.

Автореферат в целом в полной мере передает содержание диссертации, позволяет адекватно судить о сути, новизне и достоверности полученных соискателем научных результатах.

Замечания по диссертации

В диссертации присутствуют моменты, заслуживающие дискуссии:

Несмотря на общую грамотность изложения, в работе присутствует значительное количество опечаток (например, на стр. 12, 14, 21, 24, 28, 29, 48, 50, 81, 97, 99 и т.д.). Оформление подписей некоторых рисунков и таблиц (рис. 1.3, 2.5, таблица 1.5) выполнено с ошибками.

В работе недостаточно полно раскрыт вопрос исходных данных (далее – ИД) для разработанных и выносимых на защиту модели и методики. Не определены формат, вид, требования к полноте, дискретности ИД. Отсутствуют предложения по наполнению выносимой на защиту методики ИД. В работе слабо раскрыты ИД, применяемые для верификации и апробации разработанных модели и методики.

Недостаточно ясно, каким образом приведённое в главе 2 математическое решение оценки георисковых ситуаций (уравнение 2.33) можно адаптировать для других параметров геосреды, описывающихся сочетанием параметров (например, для учёта таких опасных гидрометеорологических явлений, как шквал, обледенение). Также недостаточно полно раскрыт вопрос граничных условий для анализируемой функции (уровня моря). Так, в 2.3.2.1. (стр. 83) для замыкания системы уравнений вносится предположение об изотропности среды и, как следствие, изотропности тензора напряжений. Однако, конкретно, например, для акватории Обской губы, следует иметь в виду её эстуарийный характер с резким градиентом солёности, температуры и течений от пресноводной зоны устья Оби к солёным водам Карского моря (стр. 34, 35 диссертации), что не во всех фенологических сезонах обуславливает здесь изотропность водной среды.

В выводах главы 2 указано, что разработанная модель РАС позволит прокладывать наиболее безопасный для судна маршрут через акваторию, однако в тексте главы данный вывод раскрыт в недостаточном объёме. Так, в главе не определено каким образом предполагается учитывать сплочённость ледовых полей, класс судна, время суток (освещённость) и некоторые другие параметры.

В третьей главе диссертации отмечается важность подготовки исходных данных, вплоть до того, что в случае несоответствия первичной гипотезы предполагается повторная их обработка и проверка (стр. 113). При этом не уточняется какие именно процессы предполагаются на этом шаге. В арктических морях инструментальные наблюдения часто имеют малую длину и пропуски в наблюдениях. Было бы желательно пояснить, как неполнота и недостаточность данных наблюдений влияет на точность и надежность оценок риска, а также насколько разработанная методика оценки краткосрочных рисков устойчива к проблеме «вечного цикла», который может возникнуть по описанным выше причинам.

Выносимые на защиту модель и методика опираются на нормальность процесса («Например, из предварительной обработки данных выдвигаем гипотезу, что процесс подчиняется нормальному закону распределения.», стр. 93). Согласно действующего СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик», а также работ, посвящённых

изучению гидрологического режима Обской губы (например, Войнов Г.Н., Пискун А.А. Приливные и непериодические колебания уровня воды в северной части Обской губы // Российская Арктика. 2025. Т. 7. No 1. С. 15-26. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2025-1-15-26>), для описания уровневых процессов в целом и для акватории Обской губы в частности необходимо использовать статистический аппарат теории распределения экстремальных значений (Гамма-распределение (Крицкого–Менкеля), распределение Гумбеля или обобщённое экстремальное распределение (GEV)). Необходимо уточнить причину выбора нормального распределения для оценки критических параметров в системе РАС.

Нейросетевые модели, как известно, крайне требовательны к объёму и качеству входных данных. В работе в недостаточной мере раскрывается как представленный набор входных параметров (стр. 136-138) должен быть подготовлен, также не определены источники получения этих данных.

В работе автор крайне редко ссылается на собственные опубликованные результаты, несмотря на большой объём их апробации и практическое внедрение.

В автореферате было бы желательно наряду с фактором свободной воды под килем судна в программной геоинформационной методике в более полной мере изложить и показать пространственное распределение и других учитываемых рисков параметров арктического судоходства при выполнении оценки обстановки в акватории и выработки маршрутных рекомендаций.

Высказанные замечания не препятствуют уяснению сути, новизны и достоверности полученных соискателем научных результатов, поэтому не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования и не снижают его научной ценности. Работа выстроена математически полно и корректно. Содержание автореферата соответствует основному содержанию диссертации.

Заключение о соответствии диссертации критериям ВАК

Диссертация ИСТОМИНА Иннокентия Евгеньевича является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научно-теоретическом уровне.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, имеющей значение для развития геоинформационного модельно-методического аппарата представления и оценки состояния среды, отвечающей возрастающим потребностям в обеспечении безопасного судоходства Арктической зоны РФ.

Сформулированные в заключении выводы являются обоснованными и логически вытекают из содержания диссертации.

