

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Панютина Николая Алексеевича** на тему «Интегральная оценка экологического статуса и экологического благополучия водных объектов», представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по научной специальности

Геоэкология (географические науки)

Актуальность исследования. Тема исследования востребована в науке и на практике. Это подтверждается отсутствием в современной отечественной и зарубежной литературе общепринятых, унифицированных представлений об «экологическом статусе» (ЭС) как интегративном (у автора – сложном, неаддитивном, эмерджентном) свойстве сложных природных и общественных систем. В перечень таких представлений автор включил теоретико-методологические обобщения, методы, методики, технологии оценки ЭС водоемов и получения интегральных показателей экологического статуса (ИПЭС) на основе многокритериального и многоуровневого представления информации: 1 - о продукционном потенциале водной системы; 2 - качестве и токсическом загрязнении водоёма, 3 - потенциальной устойчивости водоёма к изменению параметров режимов. Актуальность исследования подтверждается и необходимостью разработки представлений об экологическом благополучии (ЭБ) природных систем, отсутствием общепринятых классификаций «здоровья водных экосистем» или экологического благополучия/неблагополучия водных объектов. Соискатель отмечает отсутствие в ГОСТах, СНИПах, сводах правил, руководящих документах и ОВОСах рекомендаций и методов оценки интегративных свойств и функций, позволяющих на их основе выявлять «экологический статус» и «экологическое благополучие» водоёмов, причины и последствия их изменений. Соискатель указывает на необходимость (1) выявления степени антропогенной трансформации эко- и геосистем на основе изменения их интегративных свойств (ЭС и ЭБ), (2) получения ответной реакции на внешнее воздействие и пределов воздействия на природные и общественные системы, (3) совершенствования геоэкологического мониторинга водных объектов (этапы оценки и прогноза состояния систем в целом) на основе использования алгоритмов, моделей, методик интегральной оценки ЭС и ЭБ для разработки систем поддержки принятия решений.

Все выше перечисленное подтверждает актуальность и научную значимость решения вопросов теории и методологии диссертационного исследования, практическую необходимость получения количественной информации о состоянии эко- и геосистем для мониторинга, управления территориями, экологического нормирования и планирования инфраструктуры территории. Исследование соотносится с приоритетами науки и техники реализация в нашей стране с 2025 г. национального проекта «Экологическое благополучие»; соответствие работы п. 19 «Перечня приоритетных направлений научно-технологического развития» и перечню важнейших наукоемких технологий, Указу Президента РФ от 18 июня 2024 г. N 529 «Мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды и изменения климата (в том числе ключевых районов Мирового океана, морей России, Арктики и Антарктики), технологии предупреждения и снижения рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, негативных социально-экономических последствий»).

Степень научной новизны. Новизна исследования обусловлена:

новыми определениями эмерджентных свойств природных систем («водоем», «водоем + водосбор», «водоем + водосбор + региональные социально-экономические факторы качества жизни населения»), таких как «экологический статус» и «экологическое благополучие» и др.; разработкой на этой основе авторских моделей–классификаций и методики расчета интегральных показателей экологического статуса (ЭС) и экологического благополучия (ЭБ) систем на основе мониторинговой информации об учитываемых параметрах и/или с учетом дефицита информации о параметрах и приоритетах оценивания.

Эти результаты носят инновационный характер, поскольку в современной отечественной и зарубежной литературе интегральные оценки используются, главным образом, для рейтингования объектов исследования, их состава и свойств. При этом проблема задания приоритетов (весов) при свертке показателей на разных уровнях свертки не обсуждается, «веса» задаются на основе рекомендаций экспертов, или рассматривается равновесность параметров оценивания;

оригинальными методиками оценки интегративных свойств водных объектов, таких как продуктивность – субиндекс ИПТ (индекс потенциальной трофности), качества и токсического загрязнения среды (воды) – субиндекс ИПК (индекс потенциального качества), потенциальной устойчивости водоёмов (устойчивости к изменению морфометрии, климатических особенностей, элементов гидрологического режима) – субиндекс ИПУ (индекс потенциальной устойчивости). Новизна этого этапа в диссертации иллюстрируется на основе методики и модели-классификации оценки потенциальной устойчивости. Впервые рассматриваются одновременно два типа устойчивости – адаптивный и регенерационный, и показано, что первый тип преобладает в холодный период года, а второй – в тёплый. Соотношение типов учитывается на этапе суммирования субиндексов ИПУа и ИПУр с весом, задаваемым на основе учета нечисловой информации в определении приоритетов оценивания. Например, для проточного водоема автором задается приоритет ИПУр > ИПУа;

разработкой полной и сокращенной программы интегральной оценки ЭС и ЭБ, которая позволяет выполнять предварительную оценку состояния водоёма на основе априорного задания значений субиндексов и возможного их изменения. Изменение приоритетов оценивания требует пересмотра весовых коэффициентов, с которыми суммируются субиндексы, и построения новых оценочных шкал их изменения по классам ЭС и ЭБ. Соискатель использует систему *ннн-информации* (нечисловая, неполная, неточная) для задания весовых коэффициентов. Новым является расчет (моделирование) весовых коэффициентов с использованием искусственного интеллекта;

полученными результатами применения авторских моделей-классификаций для водных объектов СЗ России и приледниковых озер Алтая, которые различаются по размерам и морфометрическим показателям, климатическим и гидрологическим условиям, показателям состава воды и физическим свойствам, их потенциальной устойчивостью. Полученные в рамках диссертационного исследования результаты позволяют оценить текущее или возможное изменение статуса водоёма при различном сочетании условий, обстоятельств, факторов как на уровне отдельных субиндексов, так и для ИПЭС и ИПЭБ в целом. Они могут быть заложены в существующие базы данных для совершенствования экологического мониторинга объектов исследования. К этому этапу относится разработанная автором типизация водоемов на основе моделей-классификаций ЭС и ЭБ, учитывающая одновременно размеры водоема, его продуктивность, качество воды, потенциальную устойчивость;

созданием алгоритма и полученными результатами оценки ответной реакции водных экосистем озер на внешнее воздействие на основе сокращенной программы расчета интегральных показателей и сценарного подхода. Эти результаты дают возможность планирования рычагов управления водными объектами и их экосистемами для природоохранных решений или территориального планирования на уровне регионов и при планировании воздействий на водоемы.

Обоснованность и достоверность результатов. Для современных геоэкологических исследований, в основе которых используется информация о составе и свойствах объектов геосфер Земли, источниках и масштабах антропогенного воздействия на них, особенно важно обоснование сбора эмпирических данных (полевые пространственно-временные наблюдения, ряды натурных данных). Исследователь должен проверить, корректно ли выполнен сбор данных, адекватны ли выбраны компоненты состава и свойств объекта для характеристики оцениваемого свойства (качества) объекта,

обосновать какие оценочные шкалы лучше использовать (экологическая квалиметрия). В последние годы исследователи обращают внимание на необходимость и достаточность отобранных характеристик, акцентируют проблему учета мультиколлинеарности при выполнении оценок. В связи с этим в диссертациях авторы часто вводят соответствующие разделы в содержание работы. В эти же разделы включают методы сбора и обработки данных, нет ли противоречий в выводах, подтверждена ли гипотеза, как учтены возможные погрешности; как оценивать репрезентативность выборки и обоснованность выбора временных и пространственных единиц анализа. Эти данные закладываются в оценку репрезентативности эмпирической базы для ключевых объектов исследования. Для оценки эмерджентных свойств озера Волковское (Суури) на севере Карельского перешейка автором использована обширная совокупность данных наблюдений мониторингового типа по физическим, химическим и биологическим параметрам, использованным для оценки трофности, качества воды, токсического загрязнения, потенциальной устойчивости водоемов. В 4 моделях-классификациях оценки ЭС автором учитывалось от 37 до 49 параметров, агрегированных в 18 субиндексов разных уровней свертки. В работе использованы современные методы определения компонентного состава воды и гидробионтов. Это позволило автору объективно оценить экологический статус озера и его изменение по разным моделям-классификациям. В диссертации (глава 3) имеется отсылка к Базе данных для выявления экологического статуса и факторов массообмена в водной экосистеме на примере озера Суури (LAKE-SUURI-ECOSYSTEM, Патент России RU результатов, полученных при использовании разных моделей-классификаций для оценки ЭС и ЭБ озер. Важным моментом работы является исследование соискателем чувствительности моделей-классификаций к заданию отдельных функций и их параметров в алгоритмах построения ИП. В диссертации выполнено сравнение вариантов нормирования показателей в интегральной оценке с использованием линейных и нелинейных нормирующих функций (с разной степенью нелинейности) при построении композитных индексов ИПЭС и субиндексов трофности, качества воды, устойчивости. Показано, что возможный недоучет нелинейности взаимосвязи параметров, выбранных для оценки ИПЭС, даже в случае одного из трех субиндексов (ИПТ) может занижить оценку ИПЭС при слабо выраженной нелинейности в пределах до половины класса по сравнению с основным вариантом. В случае сильно выраженной нелинейности это может привести к завышению результата оценки ИПЭС в пределах целого класса (с.130 диссертации). Также исследовалась роль задания весовых множителей при свертке субиндексов при получении итогового результата. Изменение приоритетов в свертке субиндексов на фоне учета нелинейности может усилить отмеченный результат в том случае, если бóльший вес будет присвоен субиндексу, содержащему учет нелинейности в параметрах оценивания, что доказывает важность выбранного этапа в создании методики.

Научная обоснованность выводов опирается на системный подход и учёт эмерджентных свойств водоема как сложной геоэкологической (и социо-эколого-экономической) системы, а также на адаптацию предложенных моделей-классификаций для территории Северо-Запада России, что подтверждает их практическую применимость. Достоверность полученных положений дополнительно подтверждается апробацией результатов: ключевые выводы обсуждались на международных и российских научных конференциях, а отдельные аспекты исследования опубликованы автором в рецензируемых научных изданиях.

Теоретическая значимость полученных результатов состоит в разработке теоретико-методологических основ современного системного представления об ЭС и ЭБ водоемов и водосборных территорий на основе широкого спектра натурных данных, собранных в различных физико-географических и климатических условиях, или в условиях дефицита информации о критериях и приоритетах оценки и разработанных моделей-классификаций для построения интегральных показателей ЭС и ЭБ. Теоретическая

значимость раскрывается в структурировании разрозненных данных, в совершенствовании представлений об объектах исследования (эко-, гео-, социосистемах) как о сложных системах, имеющих аддитивные, а также присущие системам в целом, т.н. эмерджентные (сложные, неаддитивные, интегративные) свойства, в отказе от традиционных методов их оценки только на основе покомпонентного анализа и переходе на многокритериальный и многоуровневый учет этих свойств на основе разработанных моделей-классификаций их интегральной оценки. Авторский подход предполагает: обоснование и выбор критериев оценки, введение субиндексов для групп (уровней); введение новых категорий, отражающих специфику изучаемого объекта, учет его особенностей, обоснование научных гипотез и их проверку, создание типологии, оценку погрешностей расчетов. В качестве примера, в разделе 3.1.2 диссертации (стр. 95-97) соискателем приведена проверка гипотезы о существовании высокостатусных водоемов на основе антропоцентрических представлений по принципу «высокий статус = олиготрофия + высокое качество воды + очень высокая или высокая устойчивость (низкая уязвимость) водоема».

Практическая значимость состоит в возможности применения методик и подхода в системных геоэкологических исследованиях для получения количественной информации о состоянии природно-трансформированных систем в целом, оценке их системных свойств и функций. Созданы прикладные инструменты: алгоритмы и методики, оценочные шкалы и расчетные модули, модели классификации, типизация; получены рекомендации для построения интегральных показателей. Рассмотрены примеры использования искусственного интеллекта для расчета веса субиндексов по нечисловой информации о приоритетах оценивания; выполнения и проверки расчетов ИП с оценкой точности расчетов. Показаны возможности применения результатов работы для использования в системе поддержки принятия решений, при совершенствовании систем управления, мониторинга и принятия решений по оценке состояния сложных систем в природе и обществе; использования информационной базы и алгоритмов интегральной оценки для разработки и принятия природоохранными организациями решений по снижению негативных последствий воздействия опасных природных явлений, опасных гидрологических явлений на геосистемы и человека. Материалы диссертации могут применяться в учебном процессе для обучающихся по гидрометеорологическим и геоэкологическим направлениям и программам, при подготовке учебных дисциплин «Региональные проблемы управления территориями и водными объектами», «Современные проблемы оценки состояния водных объектов и геосистем», «Геоэкологический мониторинг и оценка воздействия на окружающую среду» и др., для планирования и осуществления грантовой деятельности. Важным для практического использования полученных результатов является опыт оценки точности задания приоритетов (весов) и результатов построения оценочных шкал и самих интегральных показателей, влияния на точность расчетов вида нормирующей функции и приоритетов в задании субиндексов, оценка внешнего воздействия на водные объекты; опыт и особенности оценки потенциальной устойчивости, трофического статуса, качества и загрязнения воды с позиции антропо- и биоцентризма.

Анализ структуры и содержания. Диссертационная работа Н.А. Панютина включает список сокращений и обозначений, введение, три главы, заключение, список использованной литературы и приложения. Работа содержит 169 стр., 22 рисунка и 23 таблицы. В **первой главе** (стр. 18-50) рассмотрены теоретико-методологические основы оценки экологического статуса и экологического благополучия водных объектов. Автор обобщает существующую терминологию, основные определения объектов и предметов исследования; историю развития основных представлений об экологическом статусе и экологическом благополучии водных объектов; рассматривает современные акценты исследования водных экосистем, их эмерджентных свойств и функций: антропо-, био-, экоцентризм как основу исследований. Во **второй главе** (стр. 51-90) рассмотрены: (1) индикаторы и индексы, применяемые в оценке состояния природных систем; (2)

современные тенденции в развитии методов интегрального оценивания водных объектов, приведены примеры использования искусственного интеллекта для расчета веса субиндексов и построения интегрального показателя экологического статуса водоема. Приведены методики интегральной оценки экологического статуса и экологического благополучия водных объектов. *К сожалению, в основных таблицах, содержащих оценочные шкалы всех параметров оценивания, не во всех случаях подписаны единицы измерения.* **Третья глава** (стр. 91-138) посвящена апробации методики интегральной оценки экологического статуса и экологического благополучия для ключевых объектов. Рассматриваются: (1) выбор ключевых систем; (2) проверка гипотезы о существовании высокостатусных водоемов на основе антропоцентрических представлений; (3) характеристики объектов исследования, информационной базы, субиндексов экологического статуса водоемов, информационная основа для классификации и типизации водоемов по результатам интегральной оценки экологического статуса и экологического благополучия. Соискатель в этой главе анализирует результаты интегральной оценки экологического статуса и экологического благополучия ключевых водоемов на примере двух высокогорных озер Алтая (оз. Лагерное в горном массиве Монгун-Тайга и оз. Барсово в горах Таван-Богдо-Ола) и озера Волковское в СЗ Приладожье. Рассматриваются результаты анализа учета нелинейности взаимосвязи между параметрами при построении субиндексов и учет изменения приоритетов субиндексов при построении интегральных показателей экологического статуса водоема. Приведена методика интегральной оценки ответной реакции водных экосистем на внешнее воздействие. В **заключении** (стр. 139-143) приведены основные выводы работы по задачам/защищаемым положениям. Список цитируемой литературы насчитывает 202 публикации. В приложениях 1 и 2 приводятся емкие таблицы, ссылки на которые содержатся в тексте работы.

В целом, можно отметить логику изложения содержания работы, достаточную полноту раскрытия темы и иллюстративного материала, ясность формулировок объекта, предмета, цели и задач работы. По теме исследования опубликовано 16 научных работ (13 на русском, 3 на английском языке). Все статьи опубликованы в периодических изданиях: 6 работ в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России (включая издания категорий K1 и K2), и 5 работ в изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus. Остальные публикации представлены в сборниках материалов конференций и индексируются в РИНЦ.

Замечания, вопросы и пожелания оппонента по диссертационной работе:

Для получения интегральных показателей экологического статуса (ИПЭС) на основе многокритериального и многоуровневого представления информации соискателем учтены субиндексы: продукционного потенциала системы (трофности), качества и токсического загрязнения воды в водоеме, потенциальной устойчивости водоема к изменению параметров естественного режима. Достаточно ли такого перечня групп субиндексов для выявления геоэкологического статуса водного объекта или авторские представления будет необходимо дополнить другими субиндексами. Если, да, то какими? Эта же проблема может возникнуть при оценке ЭС или ГЭС с разных позиций (антропо-, эко-, геоцентризм). Сильно ли это скажется на результатах интегральной оценки? Могут ли эти результаты оказаться различными, в каких случаях?

Для сравнения результатов интегральной оценки, выполненной по разным моделям и сценариям, автор предлагает вводить кодированное значение ИП в виде номера класса, записываемого латинскими цифрами (I, II, III, IV, V) и нижним индексом, записываемым справа от номера класса, характеризующими близость ИП к левой (л), правой (п) границам класса или его середине (с). Это происходит, когда автором сравниваются результаты моделей, содержащих разное количество параметров в отдельных блоках, или результаты моделей, в которых использовались разные нормирующие функции (линейная/нелинейная, или с разной степенью нелинейности). Для чего это необходимо, какие рекомендации предложены автором для сравнения результатов полученных по разным моделям?

В работе использованы современные методы определения состава воды и гидробионтов. В качестве основных средств анализа полученных данных автором в MS EXCEL использовались стандартные методы, включающие расчёт средних, показателей вариации и распределения: среднее арифметическое, стандартное отклонение, min - минимум, max – максимум и др. Для оценки относительного разброса данных в выборке автором использовался коэффициент вариации (CV). Однако перед описанием количественных данных в этих случаях рекомендуется проводить проверку распределения — например, проверить, является ли распределение нормальным (симметричным, колоколообразной формы) или нет, или отличается от нормального. Для такой проверки существуют графические методы (гистограммы и др.) и статистические критерии (тест Шапиро-Уилка и др.). В первом приближении можно воспользоваться результатом оценки асимметрии и эксцесса (для нормального распределения асимметрия близка к нулю, а эксцесс — к трём). Значение коэффициента вариации CV для распределений, не подчиненных нормальному закону, не характеризует однородность выборки. Высокий CV в случае «ненормальных» данных может отражать не столько реальную неоднородность (смесь разных групп), сколько особенности самого закона распределения. В связи с этим, соискателю следует вносить коррективы в оценку CV при реализации будущих исследований.

Заметно отсутствие в работе геоинформационных методов и ГИС. Многие параметры, измеряемые дистанционно, также логично использовать для совершенствования методики и моделей. Для этого можно было написать отдельный раздел в работе. Их присутствие в оценке интегративных свойств вывело бы исследование на новый междисциплинарный уровень. Действительно, на начальных этапах отсутствие учёта мультимодальности (разных типов входных данных) и пространственно-временного анализа на основе ГИС не так критично, но автор уже достаточно продвинулся в этом направлении, предложив вариант типизации ЭС, на который можно опираться при выполнении региональных исследований и выделения экорегионов. В этом случае, будет необходимо создание баз данных, содержащих десятки и сотни природных объектов для создания СППР территориального управления и мониторинга водных объектов, выделения экорегионов для различных масштабов исследования.

Предложенная в работе методика имеет выраженную практическую ценность для экологического мониторинга и управления водными ресурсами. Вместе с тем, для усиления её применимости в практике природоохранного управления целесообразно обратить внимание на следующие моменты: (1) в работе недостаточно раскрыты сценарии использования методики в условиях дефицита данных. При каком минимальном наборе показателей и с какой погрешностью возможно рассчитывать интегральные индексы? Это важно для реальных мониторинговых программ, где данные часто содержат нин-информацию об объектах исследования; (2) не проработаны рекомендации по периодичности обновления интегральных оценок и пороговых значений в зависимости от типа водного объекта (озеро, водохранилище, река) и характера антропогенной нагрузки; (3) отсутствует описание процедуры передачи результатов в информационные системы органов власти (например, в региональные кадастры водных объектов или ГИС мониторинга). Без этого практическая интеграция методики затруднена; (4) желательно более чётко соотнести классы экологического статуса и благополучия с возможными управленческими мерами (например, «класс III» — требуется усиленный мониторинг, «класс IV» — необходимы меры по снижению нагрузки и т.п.). Это сделает методику более ориентированной на принятие управленческих решений.

Заключение оппонента. Несмотря на отмеченные замечания, ряд которых носит дискуссионный характер, работа имеет целостный характер и оставляет благоприятное впечатление. Диссертация Панютина Н.А. является законченной научно-квалифицированной работой, в которой на основании выполненных соискателем

оригинальных исследований получены результаты, имеющие важное теоретическое и практическое значение для совершенствования территориального управления и мониторинга водных объектов. Все поставленные в диссертационном исследовании задачи решены. Основные положения диссертации нашли свое отражение в выводах и публикациях соискателя.

Диссертационная работа Панютина Николая Алексеевича «Интегральная оценка экологического статуса и экологического благополучия водных объектов» соответствует требованиям пп. 9-14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней». Соискатель Панютин Николай Алексеевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата географических наук по научной специальности 1.6.21. Геоэкология (географические науки).

Отзыв подготовил:

Субетто Дмитрий Александрович

доктор географических наук, 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле);

декан факультета географии, заведующий кафедрой физической географии и природопользования;

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена» (РГПУ им. А. И. Герцена).

Адрес организации: 191186, Санкт-Петербург, набережная р. Мойки 48

«14» августа 2026 г.



Согласие на обработку персональных данных

Я, Субетто Дмитрий Александрович, согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты кандидатской диссертации Панютина Николая Алексеевича, в том числе на размещение их в сети Интернет.

«14» августа 2026 г.

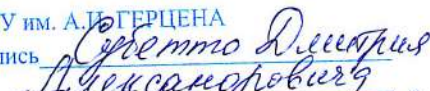


/ Субетто Дмитрий Александрович/

Подпись Субетто Дмитрия Александровича заверяю:

РГПУ им. А. И. ГЕРЦЕНА

подпись


удостоверяю «14» августа 2026 г.

Отдел кадров управления по работе с кадрами
и организационно-контрольному обеспечению

М.П.



Ведущий документов
отдела кадров
Кузминская В.С.

