

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

1.6.21. Геоэкология (географические науки)

Текущие климатические изменения и возрастающая антропогенная нагрузка на водные объекты определяют необходимость разработки современных интегральных подходов не только в оценке качества водных объектов, но и в части анализа их устойчивости к негативным воздействиям. В отличие от существующей системы мониторинга, основанной на ПДК или отдельных биотических индексах, интегральные оценки экологического состояния и потенциальной устойчивости водоема сохраняют принцип эмерджентности, что дает основание полагать эти оценки более состоятельными и объективными. Все это определяет **актуальность** диссертационного исследования Панютина Николая Алексеевича.

В работе Николая Алексеевича приводятся разработанные автором теоретико-методологические положения об экологическом статусе и экологическом благополучии водных объектов как интегративных свойствах водных эко- и геосистем. Также в работе представлена авторская методика интегральной оценки потенциальной устойчивости водоема, модели-классификации интегральной оценки экологического состояния водоемов и модель-классификация интегральной оценки экологического благополучия для системы «водоем - водосбор». Полученные методика и модели были апробированы на водоемах Северо-Запада России и Алтая.

Целью исследования является разработка теоретико-методологических положений об ЭС и ЭБ водоемов, моделей-классификаций их интегральной оценки, учитывающих многокритериальность, иерархичность организации природных систем, их эмерджентных свойств и функций.

Для достижения поставленной цели автором решены следующие **основные задачи**:

1. Обобщение и разработка теоретико-методологических положений и авторского представления об ЭС и ЭБ водных объектов как интегративных свойствах водных эко- и геосистем;
2. Разработка методики интегральной оценки потенциальной устойчивости водоема;
3. Разработка моделей-классификаций интегральной оценки ЭС и ЭБ водных объектов; оценка влияния параметров моделей-классификаций на полученные результаты интегральной оценки: учет нелинейности связей, использование ннн-информации для расчета весовых коэффициентов;
4. Применение моделей-классификаций

для интегральной оценки ЭС и ЭБ ключевых водоемов и системы «водоем+водосбор», создания типизации их интегративных свойств; 5. Выявление особенностей трансформации геосистем при внешнем воздействии на основе сценарного подхода и интегральной оценки ЭС и ЭБ ключевых объектов.

Автором вынесены на защиту 4 защищаемых положения. Первое защищаемое положение обуславливает необходимость выполнения интегральной оценки состояния водных объектов, их эмерджентных свойств и функций на основе моделей-классификаций их экологического состояния (статуса) и экологического благополучия с учетом дефицита информации о составе и приоритетах оценивания, и оценки точности полученных результатов. Второе защищаемое положение посвящено методике интегральной оценки потенциальной устойчивости водоема, которая базируется на одновременном учете адаптационного и регенерационного типов устойчивости. В третьем защищаемом положении акцентируются возможности апробации моделей на примере ключевых озер и исследование моделей классификаций. В четвертом защищаемом положении рассмотрены подходы и результаты интегральной оценки ответной реакции водных экосистем на естественное изменение параметров режимов и внешнее воздействие.

Новизну исследования определяют созданные автором модели-классификации и методики расчета интегральных показателей экологического статуса и экологического благополучия водных объектов на основе данных мониторинга, а также разработанная методика интегральной оценки потенциальной устойчивости водоемов.

Обоснованность научных положений, представленных в работе, определяется приведенными ссылками на работы отечественных и зарубежных ученых, полученными результатами и сопоставлением этих результатов с опубликованными прежде данными авторитетных исследователей.

Достоверность полученных результатов обеспечивается репрезентативностью эмпирической базы: для ключевого объекта исследования — озера Волковское (Суури) на севере Карельского перешейка — собрана обширная совокупность данных по физическим, химическим и биологическим параметрам (трофность, качество воды, токсическое загрязнение, показатели потенциальной устойчивости), что позволяет объективно оценить экологический статус. Обоснованность методики подтверждается сравнением результатов, полученных при разных подходах к моделированию: в работе сопоставлены варианты интегральной оценки с использованием нескольких моделей-классификаций, содержащих как линейные, так и нелинейные нормирующие функции при построении композитных индексов (субиндексов трофности, качества воды, устойчивости и итогового интегрального показателя экологического статуса — ИПЭС). Показано, что недоучёт нелинейности

взаимосвязи параметров может приводить к систематическим погрешностям (вплоть до сдвига оценки на полкласса по шкале), что доказывает важность выбранного методологического подхода. Научная обоснованность выводов опирается на системный подход и учёт эмерджентных свойств водного объекта как сложной геоэкологической 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 идеи и выводы обсуждались на профильных научных конференциях, а отдельные аспекты исследования опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Выводы, сформулированные в диссертации, полностью согласуются с современными исследованиями в геоэкологии, основанными на системном подходе, являющимся базовым принципом для комплексной геоэкологической оценки, в том числе водных объектов. Представленные в диссертационном исследовании методики и модели, основанные на системных принципах, позиционируются как универсальные, применимые для регионов с различными природными и техногенными условиями. Также в работе приведена разработанная автором типизация водоемов по пяти классам экологического состояния (125 типов). Выявлены типы водоемов с разным сочетанием морфометрии, трофического статуса, качества и токсического загрязнения воды, устойчивости к изменению параметров естественного режима. Методика была апробирована на примере трех водоемов, расположенных в разных физико-географических условиях с последующей оценкой их экологического статуса.

Работу Н.А. Панютина отличает масштабность и оригинальность исследования, к наиболее интересным *результатам* рассматриваемой работы целесообразно отнести:

1. Методологические и концептуальные результаты: 1 - учёт нелинейности в нормирующих функциях при построении интегральных показателей. Это не просто «ещё один индекс», а принципиальное улучшение методики: показано, что использование линейных функций может давать систематическую погрешность вплоть до сдвига на полкласса по оценочной шкале. Для геоэкологии это важно, потому что реакции экосистем на нагрузку часто нелинейны (пороговые эффекты, гистерезис и т. п.); 2 - многоуровневая структура интегральной оценки с выделением субиндексов по эмерджентным свойствам системы. Автор поэтапно оценивает трофность, качество воды и потенциальную устойчивость — это отражает системный подход, характерный для геоэкологии. Особенно ценно, что устойчивость рассматривается как самостоятельное свойство, а не «растворяется» в других параметрах; 3 - возможность гибкой расстановки приоритетов

через веса субиндексов. Методика позволяет менять акценты в зависимости от целей управления (например, приоритет качества воды при рекреационном использовании или приоритет устойчивости при планировании антропогенной нагрузки). Это делает подход прикладным и адаптивным.

2. Эмпирические и прикладные результаты: 1 - апробация методики на озере Волковское (Суури) с плотной и разнородной выборкой данных. Наличие обширной базы по физическим, химическим и биологическим параметрам (включая токсическое загрязнение и устойчивость) даёт хорошую доказательную базу и показывает, что методика работает на реальном объекте со сложной экологической ситуацией; 2 - количественные сценарии с варьированием параметра нелинейности и весов субиндексов. В работе есть расчёты, где при изменении параметра λ (степени нелинейности) итоговый интегральный показатель сдвигается по шкале. Это значимый результат: он показывает чувствительность методики и позволяет обоснованно выбирать параметры; 3 - типизация водных объектов и сценарии изменения их статуса при разных нагрузках. Автор классифицирует объекты по экологическому статусу и благополучию и показывает, как они могут переходить из одного класса в другой при изменении параметров, — это прямой вклад в геоэкологическое районирование и управление.

3. Результаты, важные для научной новизны: 1 - модели-классификации и алгоритмы построения оценочных шкал для ИПЭС (интегральный показатель экологического статуса) и ИПЭБ (интегральный показатель экологического благополучия). Автор разрабатывает шкалы и правила свертки с учётом региональных особенностей, это усиливает новизну и обосновывает применимость методики для выбранных ключевых озёр; 2 - алгоритм оценки ответной реакции водных экосистем на внешнее воздействие по сокращённой программе. Практический результат, который повышает ценность работы: он позволяет получать интегральные оценки даже при ограниченном наборе данных, что типично для реальных мониторинговых программ.

По теме диссертации автором опубликовано 16 научных работ, в том числе 6 работ в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России (включая издания категорий K1, K2, K3), 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. В диссертации 169 страниц текста, 22 рисунка, 23 таблицы и два приложения. Список литературы состоит из 202 наименований, в том числе 69 на иностранных языках.

В процессе работы над отзывом у оппонента возникают некоторые *вопросы* к соискателю и *замечания* к его диссертационной работе.

1. Формулировки защищаемых положений, изложенных в диссертации, несколько путаны и нечетко оформлены. Так, например, второе защищаемое положение звучит как «Методика интегральной оценки потенциальной устойчивости базируется на одновременном учете...» и т.д.
2. Непонятно, почему в главе 2 при цитировании фрагмента паспорта специальности 1.6.21 геоэкология дается ссылка на работу (Панютин, Дмитриев, 2025), а не на официальный документ, а именно на Приложение к приказу Минобрнауки России от 24 февраля 2021 года № 118 в соответствующей редакции.
3. В главе 2, подраздел 2.2.3. *Примеры использования...* написано: «Проверка крайних случаев. При $a=0,34$ единственное возможное $b=0,33$, тогда $c=0,33$. Это единственная комбинация для $a=0,34$ ». Непонятно, почему рассматривается такая комбинация, поскольку заданное условие $a > b > c$ не предполагает равенство b и c .
4. К этому же разделу: для распределений, не подчиняющихся нормальному закону сравнивать коэффициент вариации двух выборок некорректно, потому что эта величина зависит не только от разброса, но и от формы распределения. И если как чисто техническая характеристика среднее квадратическое отклонение корректно отражает отклонение значений от среднего, независимо от распределения, то коэффициент вариации для не нормальных распределений теряет свою интерпретацию. Например, две выборки с одинаковым значением коэффициента вариации, но разной скошенностью, будут иметь совершенно разную структуру разброса данных. В приведенной в Приложении 1 таблице распределение полученных рядов при нормировании ближе к треугольному закону распределения (распределение Симпсона) с некоторой асимметрией относительно медианы.
5. В этом же разделе «Расчет коэффициента вариации показал, что $CV=1,35\%$. Это свидетельствует, что данные плотно группируются вокруг среднего значения, разброс незначителен, выборка однородна». Значение коэффициента вариации для распределений, не подчиненных нормальному закону не характеризует однородность выборки.
6. Не очень понятно, зачем в табл. 2.7 одновременно приводятся интегральные показатели в соответствии с классом качества водного объекта, полученные в результате обобщения отдельных нормированных показателей качества водного объекта и экологическое состояние природной среды, социальных и экономических условий по отдельным компонентам. Было бы более уместно в отдельной таблице оценить интегральные показатели выбранных категорий и уже на одном структурном уровне для

всех интегральных показателей провести обобщения для оценки шкалы интегральной оценки экологического благополучия.

7. В формуле (2.9) техническая ошибка в записи матрицы векторов - горизонтальной черты, как в записи дробного выражения, быть не должно.

8. В работе не рассматривается погрешность в оценке интегральных показателей – из чего она складывается, какие пределы погрешности можно ожидать в расчетах, насколько устойчивы оценки интегральных показателей с учетом погрешности в части их граничных значений диапазонов для отдельных классов.

9. Для трех исследуемых водоемов, выбранных для апробации авторской методики, принимается для расчетов потенциальной устойчивости разное количество характеристик – 22 и 32. С чем это связано и как это отражается на точности расчетов?

10. Не является ли использование степени нелинейности для оценки весов субиндексов в расчете интегральных показателей в численных экспериментах автора субъективной процедурой, и не требует ли учет нелинейности вклада отдельных компонент более осознанного, физически обоснованного подхода?

Указанные замечания **не умаляют** значимости диссертационного исследования. Диссертационная работа Панютина Николая Алексеевича на тему: «Интегральная оценка экологического статуса и экологического благополучия водных объектов» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, обоснованность и достоверность выводов основных научных положений и практических рекомендаций которой не вызывает сомнений.

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 ученой степени кандидата географических наук по научной специальности 1.6.21. Геоэкология (географические науки).

Отзыв подготовила:

Шмакова Марина Валентиновна

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

ведущий научный сотрудник, руководитель Лаборатории математических методов моделирования;

Институт озераведения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»

Адрес организации: 196105, Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, д. 9

+7 (812) 387 02 60, ilras@spcras.ru

«14» августа 2026 г.



/Шмакова Марина Валентиновна/

Согласие на обработку персональных данных

Я, Шмакова Марина Валентиновна, согласна 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.



/Шмакова Марина Валентиновна/

Подпись Шмаковой Марины Валентиновны заверяю:

Должность заверяющего

_____ /

/

М.П.

Подпись руки  М.В. заверяю

Заместитель начальника отдела кадров СПб.ФИЦ РАН

 Н.В. Кивартсева

«14» августа 2026 г.

