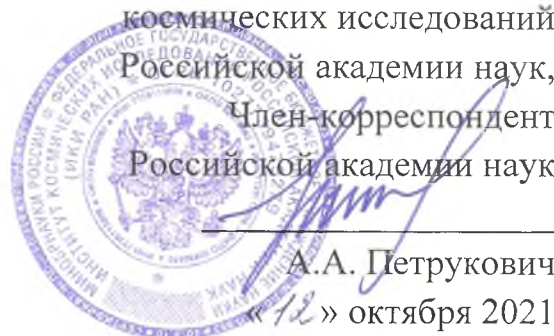


«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального  
государственного бюджетного  
учреждения науки Института  
космических исследований  
Российской академии наук,  
Член-корреспондент  
Российской академии наук



А.А. Петрукович

«12» октября 2021

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований РАН (ИКИ РАН) на диссертационную работу Бочарова Александра Вячеславовича на тему «Оценка современного состояния внутреннего водоема на основе методов дистанционного зондирования на примере Иваньковского водохранилища», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле).

### **1. Актуальность темы исследования**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук Бочарова Александра Вячеславовича посвящена достаточно актуальной теме – оценке современного состояния внутренних водоемов на основе методов дистанционного зондирования.

В современных условиях аквальные комплексы внутренних водоемов испытывают огромное антропогенное воздействие, превышающее пределы их способностей к самовосстановлению. В настоящее время для исследования природных объектов активно применяются методы, использующие данные дистанционного зондирования Земли. Они являются ценным источником информации для изучения земной поверхности особенно там, где традиционных полевых наблюдений недостаточно или они вовсе отсутствуют. Данные дистанционного зондирования Земли широко применяются в исследованиях морей и океанов. Однако, несмотря на

объективную необходимость, их применение в комплексных исследованиях внутренних водоемов в рамках геоэкологического мониторинга достаточно ограничено.

Научная проблема, на решение которой направлена диссертационная работа, – оценка возможности использования данных дистанционного зондирования в оптическом диапазоне для геоэкологического мониторинга внутренних водоемов.

Автором определены сложности применения космической съемки для исследования внутренних водоемов и предложены методики использования данных дистанционного зондирования в оптическом диапазоне для геоэкологического мониторинга озер и водохранилищ.

Работа посвящена результатам исследования Иваньковского водохранилища. Хозяйственное значение Иваньковского водохранилища исключительно велико, поскольку оно служит основным источником водоснабжения Московского мегаполиса с постоянным и мигрирующим населением более 15 млн. человек.

В связи с этим, диссертационное исследование Бочарова Александра Вячеславовича представляется актуальным, так как в нем предложены и апробированы решения для проведения геоэкологического мониторинга внутренних водоемов на основе данных дистанционного зондирования Земли, а также, на их основе, проведена оценка состояния Иваньковского водохранилища.

## **2. Выносимые на защиту научные положения:**

Автором диссертации сформулировано четыре новых научных результата:

1. Разработан алгоритм выделения береговой линии внутренних водоемов и границ зон зарастания воздушно-водной растительностью по данным спутника Landsat-8.

2. Получены региональные алгоритмы определения мутности, цветности, концентрации хлорофилла «а» в Иваньковском водохранилище по данным ДЗЗ оптического диапазона, а также построены картосхемы пространственного распределения исследуемых параметров.

3. Подтверждено тепловое загрязнение Иваньковского водохранилища в районе места сброса вод с Конаковской ГРЭС с превышением температуры воды в Мошковском заливе на 3–4°С. Наиболее сильной эвтрофикации подвержен Шошинский плес (средняя глубина 1,9 м), который имеет превышение средних значений концентрации хлорофилла «а» по сравнению с другими акваториями на  $4,7 \pm 1,4$  мкг/л, биомассы – на  $1,6 \pm 0,2$  г/м<sup>3</sup>, первичной продукции – на  $38,9 \pm 9,6$  г·С/м<sup>2</sup> в год и мутности – на  $2,8 \pm 0,9$  мг/л.

4. Разработан комплекс методических схем для проведения исследований внутренних водоемов на основе данных ДЗЗ оптического диапазона.

Все положения характеризуются ярко выраженной практической направленностью. Стоит отметить, что положения, выносимые на защиту достаточно полно отражены в опубликованных работах.

### **3. Новизна научных результатов**

Автором лично получены следующие научные результаты:

1. В течение июня – августа 2015 года впервые на акватории Иваньковского водохранилища были проведены комплексные подспутниковые исследования (то есть отбор проб во время проведения спутниковой съемки).

2. Разработан алгоритм выделения береговой линии и алгоритм выделения границ воздушно-водной растительности, на которые получен патент на изобретение.

3. Впервые для Иваньковского водохранилища разработаны региональные алгоритмы определения показателей мутности, цветности, концентрации хлорофилла «а» по данным ДЗЗ оптического диапазона.

4. Разработаны методические схемы проведения исследований внутренних водоемов на основе данных ДЗЗ оптического диапазона.

### **4. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений.**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений подтверждается следующим.

Автором проведен анализ научной литературы (всего – 101 источник, в том числе 46 – на английском языке), рассмотрены теоритические основы дистанционного зондирования водных объектов, приводятся комбинации спектральных зон, использованных другими авторами для исследования параметров внутренних водоемов, рассмотрены методы выделения границ водных объектов.

Сформулированные по результатам работы выводы апробированы и получили положительные заключения на конференциях и конгрессах.

На разработанный алгоритм выделения береговой линии и алгоритм выделения границ воздушно-водной растительности получен патент на изобретение.

### **5. Значимость результатов исследования для теории**

Теоретическая ценность работы состоит в разработке методик исследования внутренних водоемов по данным ДЗЗ оптического диапазона.

## **6. Практическая значимость результатов работы:**

1. Разработан алгоритм выделения береговой линии внутренних водоемов и границ зон зарастания воздушно-водной растительностью по данным ДЗЗ оптического диапазона (спутника Landsat-8), который был использован для уточнения областей развития воздушно-водной растительности на акватории Иваньковского водохранилища.

2. Исследованы гидрологические (актуализированы границы водоема), гидрофизические (температуры поверхностных вод, мутность), гидрохимические (цветность), гидробиологические (концентрация хлорофилла «а», биомасса фитопланктона, продуктивность, площади зарастания воздушно-водной растительности) параметры Иваньковского водохранилища и построены соответствующие картосхемы.

3. Разработаны методические схемы для исследований внутренних водоемов на основе современных технологий обработки данных ДЗЗ оптического диапазона.

## **7. Объем и структура диссертации**

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Общий объем рукописи составляет 139 страниц машинописного текста, 54 рисунка и 18 таблиц. Список использованной литературы содержит 101 наименование, в том числе 46 иностранных.

**Во введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, определена новизна полученных научных результатов, их теоретическая ценность и практическая значимость, приведены сведения об апробации и публикациях.

**В первой главе** автором рассмотрены подходы к исследованию водных объектов на основании данных дистанционного зондирования Земли в оптическом диапазоне.

**Во второй главе** автор дает характеристику объекта исследования и используемых материалов, а также обсуждает вопрос обработки данных сенсоров OLI и TIRS спутника Landsat-8.

**В третьей главе** автором описаны проведённые комплексные исследования Иваньковского водохранилища на основе данных дистанционного зондирования Земли (выделены границы водоема и зоны распространения воздушно-водной растительности, исследованы



термический режим, мутность, цветность и концентрация хлорофилла «а», трофический статус, биомасса фитопланктона, первичная продукция).

**В заключении** приведены основные результаты исследования.

**В приложении** приведены месторасположения и фотографии пунктов верификации модели оценки распространения воздушно-водной растительности на акватории Иваньковского водохранилища.

#### **8. Полнота публикаций и апробация результатов исследования**

Публикации, приведённые в автореферате и диссертации, непосредственно и достаточно полно отражают сущность вынесенных на защиту научных результатов. По теме диссертации опубликовано 7 статей, в том числе 3 статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (перечень ВАК), и 1 статья в журнале, включенном в международные библиографические и реферативные базы Scopus и Web of Science. Получен 1 патент на изобретение.

Результаты диссертационных исследований неоднократно докладывались на конференциях и конгрессах 2013–2020 гг.

Изложенное позволяет сделать вывод о достаточной полноте представления научных результатов диссертации в опубликованных автором работах и о хорошей апробации полученной научной продукции.

#### **9. Рекомендации по использованию полученных результатов**

Полученные в диссертации научные результаты целесообразно использовать:

- при комплексных геоэкологических исследованиях водоемов;
- при ведении мониторинговых наблюдений;
- при экологическом обеспечении проводимых и намечаемых гидротехнических работ для контроля изменения состояния водного объекта;
- при осуществлении картирования водных объектов;

Диссертация и автореферат не лишены **недостатков**, основными из которых являются следующие.

1. Небольшое количество исходных данных. Работа базируется только на четырех спутниковых изображениях Landsat-8 и данных девяти станций взятий проб под три пролета спутника в 2015 г. Опираясь на такой

ограниченный набор данных невозможно получить статистически значимые результаты.

2. Автор выносит на защиту следующее положение: «Получены региональные алгоритмы определения мутности, цветности, концентрации хлорофилла «а» в Иваньковском водохранилище по данным ДЗЗ оптического диапазона». Автором не получены региональные алгоритмы в стандартном понимании этого термина. Для трех дней наблюдений в 2015 г. подобраны комбинации каналов, для которых построены зависимости между показателями мутности, цветности воды, хлорофилла-а и значениями индексных изображений (комбинаций подходящих каналов). Стандартно под региональными алгоритмами, когда речь идет о спутниковых данных, подразумевается получение количественных характеристик мутности, концентрации взвешенного вещества, хлорофилла-а, поверхностной температуры и т.д. по спутниковым данным. И эти алгоритмы учитывают региональные особенности данных водных объектов. Результаты, полученные при их использовании, сравниваются с результатами синхронных натурных измерений.

3. Диаграммы рассеяния, представленные на рисунках 37, 40, 43, 44, 47 лучше было бы дополнить диаграммами за каждое число наблюдений, поскольку разброс рассматриваемых параметров сильно различается в различные месяцы (май, июль, август). Та же концентрация хлорофилла-а весной и в конце лета трудно сопоставима.

4. Автором в некоторых местах некорректно даются ссылки на литературные источники. Например, на стр. 46 написано: «Среди исследований крупных водохранилищ России следует отметить работы А.Б. Авакяна, Н.В. Буторина, Н.А. Зиминовой, В.П. Курдина, С.М. Драчева, С.Л. Вендрова, К.Н. Дьяконова, В.П. Салтанкина, Ю.С. Даценко, В.М. Савкина, Ю.М. Матарзина и др. ...Наиболее известными исследователями озер России в настоящее время являются В.А Румянцев, Н.Н. Филатов, А.В. Измайлова».

Нет ссылок на работы этих авторов или хотя указания, где эти ученые работают.

5. Часть рисунков, касающихся основ дистанционного зондирования, хотя и подверглись определенному редактированию, но взяты из других источников. Необходимо было дать ссылки под ними. Это, например, рисунки 1, 2, 3, 6, 8, 9 и др.

6. В первой главе дано неоправданно длинное описание основ дистанционного зондирования, есть не относящиеся к теме диссертации пункты.

Отмеченные недостатки не отменяют общей положительной оценки работы.

## **10. Выводы**

Диссертационное исследование Бочарова Александра Вячеславовича «Оценка современного состояния внутреннего водоема на основе методов дистанционного зондирования на примере Иваньковского водохранилища» выполнено на достаточно высоком теоретическом уровне и представляет собой законченную квалификационную работу, результаты которой вносят вклад в теоретические и практические представления о способах ведения геоэкологического мониторинга внутренних водоемов на основе данных дистанционного зондирования Земли.

Полученные научные результаты соответствуют паспорту научной специальности 25.00.36 – «Геоэкология»:

п. 1.8. Природная среда и геоиндикаторы ее изменения под влиянием урбанизации и хозяйственной деятельности человека: химическое и радиоактивное загрязнение почв, пород, поверхностных и подземных вод и сокращение их ресурсов, наведенные физические поля, изменение криолитозоны.

п. 1.9. Оценка состояния, изменений и управление современными ландшафтами.

п. 1.17. Геоэкологическая оценка территорий. Современные методы геоэкологического картирования, информационные системы в геоэкологии. Разработка научных основ государственной экологической экспертизы и контроля.

## **11. Заключение**

Представленная диссертация «Оценка современного состояния внутреннего водоема на основе методов дистанционного зондирования на примере Иваньковского водохранилища» по объему актуальности, научной новизне и практической значимости отвечает всем требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24.009.2013 г № 824), предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук,

а ее автор Бочаров Александр Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле).

Отзыв составлен кандидатом физико-математических наук, доцентом, ведущим научным сотрудником, заведующей лабораторией Лавровой Ольгой Юрьевной. Научная специальность «Аэрокомические исследования Земли, фотограмметрия», шифр специальности 25.00.34

Отзыв на диссертацию заслушан, обсужден и одобрен на заседании отдела 55 ИКИ РАН «Исследование Земли из космоса», протокол № 2021-9 от « 28 » сентября 2021 г.

Ведущий научный сотрудник,  
заведующая лабораторией ИКИ РАН,  
кандидат физико-математических наук, доцент *О. Лав* О.Ю. Лаврова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН)  
117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, 84/32  
+7(495) 333-52-12, факс +7(495) 333-12-48  
e-mail: iki@cosmos.ru

Подпись Лавровой Ольги Юрьевны удостоверяю  
Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения

науки Институт космических исследований РАН

кандидат физико-математических наук



А. М. Садовский