



ТРИНАДЦАТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ШКОЛА-СЕМИНАР

**СПУТНИКОВЫЕ
МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

**23–27 мая 2025 года
ИКИ РАН, Таруса**

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**МОСКВА
ИКИ РАН
2025**

ISBN 978-5-00015-069-6
DOI: 10.21046/2070-7401-13Tarusa2025

**Тринадцатая международная Школа-семинар
«Спутниковые методы и системы исследования Земли»
ИКИ РАН, Таруса, 23–27 мая 2025 г.**

Сборник материалов

Тринадцатая международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли» проходила в Тарусе, в представительстве «Интеркосмос» Института космических исследований РАН 23–27 мая 2025 г. Основная тематика была посвящена различным аспектам спутниковых методов исследования атмосферы и водных объектов. Состоялось семь заседаний, в рамках которых было прочитано 9 лекций и сделано 11 докладов. В работе Школы-семинара приняли участие учёные, аспиранты и студенты из 14 научных организаций и высших учебных заведений. Активными слушателями были студенты из Китайской народной республики, обучающиеся по магистратской программе на факультете космических исследований Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

С информацией о программе прошедшей школы-семинара, включая ссылки на презентации и сборник материалов, можно ознакомиться по адресу http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025.html.

**13th International School-Seminar
“Satellite Methods and Systems for Earth Exploration”
IKI RAS, Tarusa, 23–27 May 2025**

Proceedings

The 13th International School-Seminar “Satellite Methods and Systems for Earth Exploration” took place in the town of Tarusa, at the Intercosmos representative office of Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences on May 23–27, 2025. The main topics were devoted to various aspects of satellite methods of atmospheric and water objects studies. Seven sessions were held, during which 9 lectures were delivered and 11 reports were made. Researchers, postgraduates and students from 14 scientific organizations and higher educational institutions took part in the School-Conference. Students from the People’s Republic of China attended the School-Seminar.

Information about the program of the School-Seminar, including links to the presentations and the collection of materials, can be found at http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025.html.

Электронная версия сборника размещена на сайтах ИКИ РАН
http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025.html
и Российской научной электронной библиотеки <http://elibrary.ru/>

Сессия 1

ОТКРЫТИЕ ШКОЛЫ-СЕМИНАРА «СПУТНИКОВЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ»

О. Ю. Лаврова

Институт космических исследований РАН, Москва, olavrova@cosmos.ru

Ключевые слова: международная Школа-семинар, спутниковые методы и системы исследования Земли, дистанционное зондирование Земли, обработка спутниковых данных

Во вступительном слове, посвящённом открытию Тринадцатой международной Школы-семинара «Спутниковые методы и системы исследования Земли», обсуждались организационные вопросы Школы-семинара, представлены участники и слушатели, была уточнена программа лекций и докладов.

Школа семинар проводится в рамках государственного задания ИКИ РАН (тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8).

Сессия 2

СПУТНИКОВЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРА ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ И ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКОВ

И. А. Репина

Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН, Москва
iar.ifaran@gmail.com

Ключевые слова: шероховатость земной поверхности, турбулентные потоки, приземный слой атмосферы, радиолокационные данные, лидары, методы параметризации

Современные спутниковые технологии играют ключевую роль в исследовании параметров шероховатости земной поверхности и турбулентных потоков в приземном слое атмосферы. Одним из основных методов оценки шероховатости является анализ данных, полученных радиолокационным синтезированием апертуры (РСА), поскольку шероховатость поверхности влияет на интенсивность обратного рассеяния радиоволн. Спутниковые микроволновые радиометры также позволяют оценивать шероховатость, особенно в сочетании с данными оптических сенсоров, которые предоставляют информацию о растительном покрове и структуре поверхности.

Для определения турбулентных потоков тепла, импульса и влаги используются спутниковые измерения в инфракрасном и микроволновом диапазонах, позволяющие оценивать температурные градиенты и влажность воздуха. Ключевым инструментом являются скаттерометры, измеряющие ветровое напряжение на поверхности океана, что важно для моделирования турбулентных процессов. Кроме того, данные лидаров (например, со спутников ICESat, CALIPSO) помогают оценивать аэрозольную оптическую толщину и вертикальные профили ветра, что уточняет модели турбулентности.

Большое значение имеет интеграция спутниковых данных с наземными наблюдениями и численными моделями, такими как LES (*англ.* Large Eddy Simulation) или методы параметризации MOST (*англ.* Monin-Obukhov Similarity Theory). Это позволяет повысить точность оценок, особенно в регионах с недостаточной сетью метеостанций.

В лекции представлены основные методы определения параметров шероховатости поверхности и турбулентных потоков в системе «атмосфера – земная поверхность». Дана классификация подсеточных процессов и методов их параметризации, в том числе способов построения турбулентных замыканий. Показано различие между параметрами шероховатости для расчётов потоков тепла и импульса. Также дан обзор современных архивов данных, содержащих глобальное распределение составляющих теплового баланса, полученных из спутниковых данных.

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s02_Repina.pdf

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ СПУТНИКОВОЙ ПАССИВНОЙ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОМЕТРИИ

Д. М. Ермаков

Институт космических исследований РАН, Москва, pldime@gmail.com

Ключевые слова: пассивная микроволновая радиометрия, электромагнитное излучение, окна прозрачности атмосферы, радиофизические эксперименты

Представлен краткий обзор истории, включая современное состояние, и некоторых перспектив дальнейшего развития средств спутниковой пассивной микроволновой радиометрии. Отмечено, что идея пассивных микроволновых наблюдений природных сред Земли берёт начало в задачах радиоастрономии, где атмосфера Земли играет роль мешающего фактора. Целенаправленное исследование этого мешающего фактора на разных частотах наблюдений привело к выводу о возможности восстановления важных метеорологических параметров по измерениям собственного радиотеплового излучения атмосферы. В докладе кратко обсуждены особенности взаимодействия электромагнитного излучения в разных диапазонах спектра с природными средами, подробнее рассмотрен вопрос математического описания спектра собственного радиотеплового излучения атмосферы в приближении горизонтально однородной слабо рассеивающей слоистой среды. Особенности этого спектра являются широкие окна прозрачности атмосферы, разделённые отдельными линиями и полосами резонансного поглощения некоторыми газами составляющими — в первую очередь водяным паром и кислородом. Эти особенности определяют выбор частот измерительных каналов спутниковых пассивных микроволновых радиометров. Также обсуждены подходы к формированию широких полос обзора, обеспечивающих практически полное покрытие измерениями поверхности Земли за одни сутки. От первых экспериментов, осуществлявших трассовые измерения в надир, быстро перешли к технологиям сканирования либо в плоскости, перпендикулярной траектории полёта, либо по конусу при постоянном угле встречи луча визирования с горизонтальной поверхностью Земли. В последнее время быстро развиваются технологии пассивного синтеза апертуры, позволяющего строить двумерные картины распределения радиояркостной температуры без вращения приёмной антенны. В заключительной части доклада кратко обсуждены предлагаемые ИКИ РАН радиофизические эксперименты на создаваемой Российской орбитальной станции, а также необходимость проведения подспутниковых экспериментов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИКИ РАН (тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8).

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s02_Ermakov_istoria.pdf

ПРОЯВЛЕНИЕ ПЛЁНОК ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

С. В. Станичный, А. В. Куршева

Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь
sstanichny@mail.ru

Ключевые слова: дистанционное зондирование, оптические сканеры, плёнки ПАВ, нефтяные загрязнения

Рассмотрены возможности использования данных спутникового дистанционного зондирования для исследования проявлений плёночных загрязнений в данных оптических сканеров. Использованы данные сканеров OLI (*англ.* Operational Land Imager), MSI (*англ.* MultiSpectral Instrument), MODIS (*англ.* Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer).

- Выделены оптимальные условия наблюдений для детектирования загрязнений на данных оптических сканеров. Показано, что наилучшее проявление регистрируется в Северном полушарии при наблюдении спутника в южную полусферу, где находится Солнце.
- Продемонстрированы возможности оценки толщины плёнки и объёма загрязнений с использованием интерференционного эффекта и многоканальной съёмки.
- Рассмотрены примеры проявления ПАВ в виде цианобактерий и морской слизи в многоканальных данных.
- Приведены примеры регистрации проявления ПАВ от донных источников, индуцируемых даунвеллингом (*англ.* Downwelling).
- Рассмотрено проявление загрязнений и их распространение после аварии танкеров Волгонепфть в Керченском проливе и в процессе ликвидации последствий.

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s02_Stanichny.pdf

Сессия 3

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ СКАНЕРОВ ЦВЕТА

Д. И. Глуховец^{1,2}, И. В. Салинг¹, С. В. Вазюля¹, С. В. Шеберстов¹

¹ Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва

² Московский физико-технический институт (НИУ), Долгопрудный
glukhovets@ocean.ru

Ключевые слова: биооптические характеристики, сканеры цвета, региональные биооптические алгоритмы, концентрация хлорофилла, температура поверхности моря, MODIS, SeaWiFS, Карское море

Представлены результаты расчёта трендов временной изменчивости биооптических характеристик в субрегионах морей Баренцева (концентрация хлорофилла *a* и кокколитофорид за 1998–2024 гг.) и Карского (концентрация хлорофилла *a* за 2003–2024 гг.) на основе объединённых данных спутниковых сканеров цвета MODIS (*англ.* Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) и SeaWiFS (*англ.* Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor), обработанных с использованием региональных биооптических алгоритмов Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Обоснована необходимость применения таких алгоритмов в исследованных акваториях. Для оценки климатических изменений дополнительно проанализированы ряды температуры поверхности моря (ТПМ). Применены методы гармонического анализа, сингулярного спектрального анализа SSA (*англ.* Singular spectrum analysis) и квантильной регрессии. Значимые линейные тренды обнаружены только для ТПМ. В среднем субрегионе Баренцева моря анализ периодограмм концентрации хлорофилла *a* выявил выраженные годовой и полугодовой циклы. Квантильная регрессия показала значимые тренды для 10 % наибольших ($+0,86 \cdot 10^{-2}$ мг/м³ в год) и 10 % наименьших ($-0,38 \cdot 10^{-2}$ мг/м³ в год) значений концентрации хлорофилла *a* в юго-западном субрегионе Карского моря (доверительная вероятность 75 %). Метод SSA зарегистрировал колебания концентрации хлорофилла *a* с периодом 6–7 лет в среднем субрегионе Баренцева моря.

С использованием численных методов решения уравнения переноса излучения рассчитаны значения альbedo океана для набора биооптических характеристик, соответствующих ситуациям с различной концентрацией хлорофилла (1 и 10 мкг/л) и случаю интенсивного кокколитофоридного цветения (8–12 млн кл./л). Расчёты проводились в спектральном интервале 280–2800 нм для случаев безоблачного неба при разной скорости приводного ветра и пропускания атмосферы. Показано, что для вод первого оптического типа изменение концентрации хлорофилла от 1 до 10 мкг/л не приводит к изменениям альbedo. В случае интенсивного кокколитофоридного цветения альbedo оке-

ана может увеличиваться более чем в три раза. Расчёт среднемесячных значений альbedo для выбранных точек в Баренцевом и Чёрном морях показал, что наличие интенсивного кокколитофоридного цветения существенно увеличивает среднемесячные значения альbedo. Выполненный для этих точек расчёт величин поглощённого в толще морской воды излучения в зависимости от времени суток продемонстрировал, что наличие цветения существенно уменьшает величины поглощённой радиации. Показано, что используемый в литературе вклад в альbedo выходящего из воды излучения, составляющий $0,005 \pm 0,0005$, соответствует только водам первого оптического типа. Интенсивное цветение кокколитофорид может привести к увеличению этого вклада более чем в 14 раз. Предложена простая формула для коррекции значений альbedo с учётом влияния биооптических характеристик.

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s03_Glukhovets.pdf

Сессия 4

СПУТНИКОВАЯ АЛЬТИМЕТРИЯ — ОСНОВЫ МЕТОДА И ПРИЛОЖЕНИЯ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

С. А. Лебедев

Геофизический центр РАН, Москва, sergey_a_lebedev@mail.ru
Майкопский государственный технологический университет, Майкоп
Национальный исследовательский университет «Московский институт
электронной техники», Москва

Ключевые слова: радиовысотомер, антенна альтиметра, рассеяние электромагнитного излучения морской поверхностью, отражённый импульс, численное моделирование, алгоритмы ретрекинга

Лекция посвящена основам спутниковой альтиметрии как активному методу дистанционного зондирования Земли из космоса. Рассмотрена история развития данного метода, особенности обработки отражённого сигнала на борту космического аппарата и в наземном сегменте системы дистанционного зондирования. Приведены примеры использования данных спутниковой альтиметрии в науках о Земле. Лекция рассчитана на неспециалистов в области.

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s04_Lebedev.pdf

СПУТНИКОВЫЙ СЕРВИС «ВЕГА-ГИДРО»: ТЕКУЩИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*М. А. Бурцев¹, И. А. Уваров¹, Е. А. Лупян¹, М. В. Врублевский¹,
Е. А. Захарова², И. Н. Крыленко², В. О. Полянин²*

¹ Институт космических исследований РАН, Москва
vrublevsky@d902.iki.rssi.ru

² Институт водных проблем РАН, Москва

Ключевые слова: гидрология, «Вега-Гидро», спутниковый мониторинг, спутниковый сервис, информационная система

Аэрокосмические методы активно применяются для решения широкого ряда задач гидрологии, например, для проведения спутникового мониторинга отдельных водных объектов и процессов, происходящих в них (Шинкаренко и др., 2025).

Для решения подобного типа задач необходимо привлекать большой объём тематических разнородных продуктов различного типа и проводить комплексный анализ этих данных. Эффективнее всего такие задачи решаются в специализированных информационных системах, например, «Вега» (Лупян и др., 2019, 2021), осуществляющих сбор, хранение и предоставление данных пользователю совместно с соответствующим набором инструментов для проведения мониторинга наземных экосистем. В 2024 г. специалистами ИКИ РАН и Института водных проблем РАН для решения задач гидрологии внутренних водоёмов космическими методами был создан спутниковый сервис «Вега-Гидро» (Бурцев и др., 2024).

Доклад нацелен продемонстрировать возможности текущей очереди запуска сервиса: доступные данные, включая специфические для задач гидрологии, инструменты для работы с ними, в том числе инструменты BI-аналитики (*англ.* Business intelligence), а также показать примеры их применения для конкретных задач гидрологии. Также в работе приводятся платы и перспективы по развитию сервиса.

Работа выполнена в рамках темы ИКИ РАН «Мониторинг» (госрегистрация № 122042500031-8). Сервис создан на базе Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг».

Литература

Бурцев М. А., Уваров И. А., Лупян Е. А., Врублевский М. В., Захарова Е. А., Крыленко И. Н., Полянин В. О. «Вега-Гидро» — спутниковый сервис для задач гидрологии // Материалы 22-й Международ. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М.: ИКИ РАН, 2024. С. 354. DOI: 10.21046/22DZZconf-2024a.

- Лулян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А. и др.* Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151–170. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
- Лулян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А. и др.* Система «Вега-Science»: особенности построения, основные возможности и опыт использования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 6. С. 9–31. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-6-9-31.
- Шинкаренко С. С., Барталев С. А., Лулян Е. А.* Спутниковый мониторинг прохождения половодья в бассейне реки Урал в 2024 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. Т. 22. № 1. С. 268–282. DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-1-268-282.

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s04_Vrublevsky.pdf

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ И СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО НАУЧНОГО МОНИТОРИНГА КОНЦЕНТРАЦИИ И ПОТОКОВ МАЛЫХ ГАЗОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АТМОСФЕРЫ

Е. В. Пашинов, Д. М. Ермаков, С. А. Втюрин, Д. В. Лозин

Институт космических исследований РАН, Москва, pashinove@mail.ru

Ключевые слова: дистанционное зондирование, парниковые газы, выбросы CO, малые газовые составляющие, лесные пожары, прибор Tropomi, балансовая методика

В Институте космических исследований РАН открыта молодёжная лаборатория «Дистанционного мониторинга распределения концентрации и потоков малых газовых составляющих в атмосфере Земли». Одна из основных целей лаборатории заключается в создании технологии и системы дистанционного научного мониторинга потоков малых газовых составляющих атмосферы для различных территорий, в том числе регионов РФ. В докладе описаны текущие результаты выполнения данной задачи. Описываются подходы по обработке полей интегральной концентрации угарного газа в атмосфере по данным Tropomi с целью уменьшения пропусков данных из-за облачности и восстановления горизонтальной динамики с помощью алгоритмов технического баланса. Приводятся основные принципы методики восстановления баланса малых газовых составляющих, замкнутой относительно данных ДЗЗ. По оценке баланса угарного газа в областях сильных лесных пожаров показано, что средняя относительная ошибка балансовой методики составляет 30 %. Сравнение результатов расчёта балансов с модельными данными GFED (*англ.* Global Fire Emissions Database) выбросов от 21 крупного лесного пожара показало неплохое совпадение — $R^2 = 0,77$. Показаны первые результаты расчёта баланса угарного газа для регионов РФ за 2018–2023 гг. Результаты расчёта в тестовом режиме интегрированы в сервис «Углерод-Э» ЦКП «ИКИ-Мониторинг».

Работа выполнена при поддержке темы «Эмиссия» (госрегистрация № 122101700045-7)

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s04_Pashinov.pdf

РАБОТА В GOOGLE EARTH ENGINE НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ СУШИ

Д. М. Ермаков

Институт космических исследований РАН, Москва, pldime@gmail.com

Ключевые слова: интернет-платформа Google Earth Engine, загрязнение водной среды, речные стоки, минеральные взвеси, спектральные индексы, маска воды

В лекции в качестве методического примера рассмотрены возможности интернет-платформы GEE (*англ.* Google Earth Engine, драйвер цифровой Земли от компании Гугл) по исследованию загрязнений крупных водоёмов суши в результате выноса минеральной взвеси в речных стоках, а также процессов интенсивного цветения вод. Описаны и проиллюстрированы в интерактивном режиме следующие этапы работы:

1. Поиск и оконтуривание области исследования — в качестве примера выбрано Камское водохранилище.
2. Поиск и подбор необходимой спутниковой информации — в качестве примера выбраны данные наблюдений прибором MSI (*англ.* MultiSpectral Instrument, многоспектральный прибор), установленным на спутнике Sentinel-2 (от *англ.* страж, дозорный).
3. Отбор данных по интервалу времени, пересечению с областью исследования и дополнительным параметрам — в качестве примера выбраны данные за май, июнь и июль 2019 г. с низкой долей облачности (не более 5 % от общей площади наблюдений).
4. Визуализация данных в виде слоёв в картографическом интерфейсе с использованием различных приёмов контрастирования, построения псевдоцветовых изображений и настройки собственной цветовой гаммы.
5. Расчёт различных спектральных индексов для построения маски водного зеркала и зонирования вод различной степени загрязнённости.
6. Применение расчётных индексов в цикле для всех ранее отобранных фрагментов спутниковых многоканальных изображений, построение маски объекта интереса (водного зеркала Камского водохранилища и его притоков).
7. Создание отдельного картографического слоя объединённых спутниковых данных по пересечению с построенной маской водного зеркала и выполнение дополнительных расчётов на совокупности данных этого слоя.
8. Диагностика и отображение различными способами промежуточных и итоговых результатов, выявление и коррекция ошибок в программном коде.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИКИ РАН (тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8).

Сессия 5

CHATGPT В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЕКТАХ: ИСТОРИЯ С 2022 ГОДА И ВОЗМОЖНОСТИ 2025 ГОДА

Е. С. Подольская

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов им. А. С. Исаева,
лаборатория мониторинга лесных экосистем, Москва
ekaterina.podolskaia@gmail.com

Национальный исследовательский университет «Высшая школа
экономики», факультет географии и геоинформационных технологий
Москва

Ключевые слова: искусственный интеллект, архитектура нейросети,
ChatGPT, ГИС

Компьютерная программа ChatGPT представляет собой чат-бот с искусственным интеллектом (генеративный предобученный трансформер, Generative Pretrained Transformer), первый публичный релиз которого был продемонстрирован компанией-разработчиком OpenAI в ноябре 2022 года. Доклад состоит из двух частей. В первой изложена краткая история и факты о ChatGPT, рассмотрена архитектура нейросети, научные статьи по использованию трансформера, тематические примеры разных отраслей. В новостях по состоянию на май 2025 г. отмечается коммерческий характер использования ChatGPT, даётся характеристика его актуальной версии (4.5), представленной компанией OpenAI в феврале этого года. Вторая часть посвящена возможностям и ограничениям использования ChatGPT в геоинформационных проектах за время его развития 2022–2025 гг. Написание кода, подбор пространственных данных, геопространственные навыки трансформера — актуальные возможности трансформера. Основными ограничениями его использования по-прежнему остаются нехватка понимания геоконтекста решаемой задачи, а также определённый временной лаг в пополнении базы данных источников литературы и пространственных данных этой языковой модели.

В заключении доклада представлены результаты краткого анализа публикаций с использованием ChatGPT в российских электронных библиотеках (e-library и «Киберленинка»). ChatGPT является современным и широко используемым инструментом для повышения производительности труда, в геоинформатике у ChatGPT уже есть определённое место помощника в решении задач ГИС-специалиста. Необходимо отметить, что современные версии ChatGPT не заменяют полностью ГИС-специалиста в его работе.

Работа выполнена в рамках государственного задания ЦЭПЛ РАН по теме «Биоразнообразие и экосистемные функции лесов» (регистрационный номер НИОКТР 124013000750-1).

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s05_Podolskaya.pdf

СОЗДАНИЕ НАБОРА СНИМКОВ SENTINEL-2 ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ СЕГМЕНТАЦИИ ПРОСЕК ПОД ЛЭП

Я. О. Бахрамхан¹, Д. М. Ермаков^{2,4}, Е. С. Подольская^{1,3}

¹ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, ybahramhan@gmail.com

² Институт космических исследований РАН, Москва

³ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов им. А. С. Исаева РАН, Москва

⁴ Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН, Фрязино, Московская обл.

Ключевые слова: просеки, ЛЭП, YOLO, сегментация, аугментация, ручная разметка

Объекты энергетической инфраструктуры, такие как линии электропередач (ЛЭП) и просеки под ними, нередко подвергаются зарастанию высокорослой растительностью в таёжной зоне Восточной Сибири. Данная проблема усугубляется тем, что при контакте ЛЭП с сухой растительностью возникают перебои в подаче электроэнергии в населённые пункты. Учитывая, что просеки под ЛЭП в Восточной Сибири расположены на малонаселённых территориях с разреженной сетью дорог, задача их наземного мониторинга усложняется.

Для решения настоящей проблемы предлагается создать систему дистанционного мониторинга состояния просек под ЛЭП на основе геоинформационных технологий, данных дистанционного зондирования и свёрточных нейронных сетей. В такой системе нейросетевой алгоритм автоматически выделяет границы просек под линиями электропередач и создаёт маску сегментации. Для обучения нейронной сети сегментации космических снимков необходимо собрать набор данных размером в несколько тысяч изображений, однако для просек под ЛЭП отсутствуют открытые наборы данных об их расположении.

В настоящем докладе показан процесс подготовки набора спутниковых изображений на Мотыгинский район Красноярского края от автоматического сбора данных через платформу Google Earth Engine до применения методов аугментации. Среди снимков для формирования набора данных выбраны снимки спутника Sentinel-2 за высокое пространственное разрешение среди открытых данных ДЗЗ. В ходе визуального анализа нескольких изображений определены восемь классов для ручной разметки, включая целевой класс — просеки под ЛЭП. После сбора данных проведена их ручная разметка в программе DigitalSreeni Image Annotator, всего размечено 448 снимков. В качестве каналов на вход свёрточной нейронной сети YOLO (*англ.* You Only Look Once) выбраны красный, ближний инфракрасный и коротковолновый инфракрасный каналы. Далее для изображений синтеза Red-NIR-SWIR (*англ.* Near InfraRed/Short-Wave Infrared) была проведена аугментация, позво-

ляющая увеличить количество снимков в наборе данных и устранить дисбаланс между классами. В результате аугментации создано 1808 изображений. Показаны основные недостатки созданного набора данных: «утечка данных» из-за использования производных от исходных снимков валидационной выборки аугментированных снимков в обучающей выборке; отсутствие классов, которые нейронная сеть может спутать с просеками под ЛЭП и недостаток участков изгибов и разветвлений просек. Для устранения этих недостатков рассматривается дополнительный сбор снимков за пределы Мотыгинского района, создание новых классов и больший учёт участков разветвлений просек под линиями электропередач.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИКИ РАН (тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8) и государственного задания ЦЭПЛ РАН им. А. С. Исаева по теме «Биоразнообразие и экосистемные функции лесов» (регистрационный номер НИОКТР 124013000750-1).

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s05_Bahramkan.pdf

ВЫБОР АРХИТЕКТУРЫ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ СОЛЁНОСТИ ВОДЫ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА

Е. А. Морозов

Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, frisman@list.ru

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, солёность воды, спутниковое зондирование в видимом диапазоне, Чёрное море

Рассмотрена проблема выбора архитектуры искусственной нейронной сети (ИНС) для восстановления солёности поверхностных (0–5 м) вод Чёрного моря. Проведён поиск оптимального числа нейронов в каждом из трёх скрытых слоёв ИНС.

Солёность морской воды является одним из важнейших океанологических параметров, имеющих значение для гидрохимических процессов, определяющих, в частности, растворимость углекислого газа в воде (Takahashi et al., 1993). Разработка алгоритма, позволяющего определять солёность морской воды по спутниковым данным, является важным этапом в исследовании потоков CO_2 между морем и атмосферой с применением спутниковых данных. Существуют алгоритмы восстановления поверхностной солёности по данным микроволновых радиометров, использующие физическую взаимосвязь между солёностью морской поверхности и получаемым спутниковым датчиком излучением морской воды в микроволновом диапазоне. Недостатки таких алгоритмов — грубое пространственное разрешение и невысокая точность. Альтернативой становятся алгоритмы, использующие данные видимого диапазона (Chen, Hu, 2017). Основным недостатком таких алгоритмов является их чисто статистический характер: солёность непосредственно не влияет на оптические свойства вод. Тем не менее существует корреляция между содержанием оптически активных компонентов природных вод и солёностью, обусловленная поступлением терригенных минеральной взвеси, растворённого органического вещества и биогенных веществ с пресным стоком рек, которые можно использовать как основу алгоритма. Преимущества таких алгоритмов — детальное пространственное разрешение (обусловленное разрешением спутниковых датчиков видимого диапазона), относительно высокая точность восстановления солёности. Часто такие алгоритмы реализуются на основе искусственных нейронных сетей (ИНС).

Благодаря способности моделировать сложные взаимосвязи между переменными ИНС являются универсальным инструментом для построения алгоритма обработки мультиспектральных спутниковых данных. Одной из основных проблем при построении алгоритмов на основе ИНС является выбор архитектуры сети (Haykin, 1998).

В данном исследовании были проведены эксперименты с целью выявить оптимальное число нейронов в скрытых слоях нейронной сети, предназначенной для восстановления солёности по спектру видимого диапазона, определяемого на шести длинах волн. Таким образом, сеть состояла из входного слоя с шестью нейронами, трёх скрытых слоёв и выходного слоя с одним нейроном. Протестированные размеры скрытых слоёв составляли от 5 до 40, от 5 до 70 и от 5 до 40 нейронов (с шагом 5 нейронов) для первого, второго и третьего скрытых слоёв, соответственно. Использовались все комбинации размеров скрытых слоёв. Точность сетей оценивалась по коэффициенту корреляции и среднеквадратической ошибке восстановления значений солёности.

В качестве входные данные использовались объединённые мультисенсорные данные ОС-CCI (Sathyendranath et al., 2023). В качестве источника данных *in situ* использовался банк океанографических данных Морского гидрофизического института РАН (Банк океанографических данных Морского гидрофизического института РАН, <http://bod-mhi.ru/ru/ODB.shtml>).

Основные выводы об архитектуре скрытых слоёв в ИНС для восстановления поверхностной солёности в Чёрном море на основе использованного набора данных следующие: общее число нейронов в трёх скрытых слоях должно находиться в пределах 40–100; размер второго и третьего скрытого слоёв должен быть минимум 15 нейронов, третьего — 10; размеры соседних слоёв не должны различаться больше чем в 5–6 раз.

Работа в рамках темы государственного задания FNNN-2024-0012.

Литература

- Chen S., Hu C. Estimating sea surface salinity in the northern Gulf of Mexico from satellite ocean color measurements // *Remote Sensing of Environment*. 2017. V. 201. P. 115–132. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.09.004>.
- Haykin S. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1998.
- Sathyendranath S., Jackson T., Brockmann C. et al. ESA Ocean Colour Climate Change Initiative (Ocean_Colour_cci): Monthly climatology of global ocean colour data products at 4km resolution. Version 6.0 / NERC EDS Centre for Environmental Data Analysis, 2023. <https://catalogue.ceda.ac.uk/uuid/690fd8f229c4d04a2aa68de67beb733>.
- Takahashi N., Olafsson J., Godard J. G., Chipman D. W., Sutherland S. C. Seasonal variations of CO₂ and nutrients in the high-latitude surface oceans: a comparative study // *Global Biogeochemical Cycles*. 1993. V. 7. Iss. 4. P. 843–878. <https://doi.org/10.1029/93GB02263>.

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s05_Morozov.pdf

Сессия 6

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ LANDSAT

А. В. Бочаров^{1,2,4}, А. Г. Костяной^{2,5,6}, С. А. Лебедев^{3,6,7}

¹ Тверской государственный университет, Тверь, bochalex@bk.ru

² Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва

³ Геофизический центр РАН, Москва

⁴ Институт водных проблем РАН, Москва

⁵ Московский университет им. С. Ю. Витте, Москва

⁶ Майкопский государственный технологический университет, Майкоп

⁷ Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники», Москва

Ключевые слова: дистанционное зондирование, климатическая изменчивость, термогидродинамический режим, температура поверхности моря, Landsat, дрейфующие датчики

Температура водной поверхности играет важную роль в глобальном энергетическом балансе и мониторинге климатических изменений. Для обширных акваторий, таких как Каспийское море, получение обширных пространственных данных возможно только с помощью дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Программа Landsat предоставляет непрерывные данные более 50 лет, включая тепловые каналы, позволяющие оценивать температуру поверхности. Однако точность таких оценок зависит от уровня обработки данных, а также атмосферных условий в регионе исследования.

В предыдущем исследовании (Bocharov et al., 2024) авторами проводилось сравнение между спутниковыми данными Landsat (Level-1 и Level-2) и *in situ* измерениями температуры, полученными с дрейфтеров SVPB (*англ.* Surface Velocity Program Barometer) в 2006–2008 гг. Обработка снимков проводилась через онлайн-сервис от компании Гугл Google Earth Engine. Учитывались только измерения без облачного покрова, определённые по битовой маске QA_PIXEL. Для анализа точности использовались два подхода: сопоставление значений с временной разницей не более двух часов и в пределах одного дня. По результатам проведённых исследований было рекомендовано использовать данные продукта Landsat Level-2, при этом для Каспийского моря рекомендовано использовать поправку в +1 °С. Результаты того исследования показали, что использование нескорректированных данных Landsat Level-1 нежелательно.

В продолжение той работы был проведён анализ сезонных изменений точности определения температуры поверхности моря по данным Landsat Level-2. В результате исследований выявлено, что для Каспийского моря в летние месяцы данные продукта Landsat Level-2 хорошо

соответствуют фактической температуре *in situ*. При анализе измерений с разницей не более двух часов с пролётом спутника усреднённая поверхностная температура по данным Landsat Level-2 оказалась незначительно меньше фактической температуры поверхности моря — на 0,04 °С (при анализе всех измерений за день на 0,06 °С). В зимние месяцы поверхностная температура по данным Landsat Level-2 также оказалась меньше фактической температуры поверхности моря, при анализе измерений с разницей не более двух часов с пролётом спутника ошибка равна 1,43 °С (при анализе всех измерений за день 1,24 °С).

Установлено, что алгоритм получения Landsat Level-2 достаточно хорошо работает для вод с температурой около 12–22 °С. Для вод с температурой более 22 °С увеличивается амплитуда отклонений, но среднее значение хорошо соответствует фактической температуре моря. Для холодного моря с температурой меньше 8 °С поверхностная температура по данным Landsat Level-2 в большинстве случаев была занижена и имела максимальные отклонения от показаний с дрейфтеров.

Исследования по уточнению алгоритмов расчёта температуры поверхности моря по данным продуктов Landsat выполнены при поддержке гранта РФ № 23-77-00027 «Исследование климатической изменчивости термогидродинамического режима Каспийского моря по данным дистанционного зондирования», <https://rscf.ru/project/23-77-00027/>. Часть работы, связанная с автоматизацией обработки больших массивов данных дистанционного зондирования на основе платформы Google Earth Engine с целью разработки новых методических подходов к оценке гидроэкологического статуса водного объекта, выполнена в рамках темы № FMWZ-2025-0002 «Исследования процессов формирования качества поверхностных и подземных вод, природных и антропогенных механизмов изменения экологического состояния водных объектов, разработка методов и технологий управления водными ресурсами и качеством вод».

Литература

Bocharov A. V., Kostianoy A. G., Lebedev S. A. Assessment of the accuracy of determining the Caspian Sea surface temperature by Landsat-5, -7 satellites based on the measurements of drifters // *Ecologica Montenegrina*. 2024. V. 76. P. 1–13. <https://doi.org/10.37828/em.2024.76.1>.

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s06_Bocharov_temperatura.pdf

ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ ВОДНОГО ЗЕРКАЛА ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ SENTINEL-2

А. В. Бочаров^{1,2,6}, М. Г. Гречушникова^{2,7}, С. И. Биденко³,
С. А. Лебедев^{4,8,9}, И. Л. Григорьева⁵

¹ Тверской государственный университет, Тверь, bochalex@bk.ru

² Институт водных проблем РАН, Москва

³ АО «НПО «Импульс», Санкт-Петербург

⁴ Геофизический центр РАН, Москва

⁵ Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок

⁶ Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва

⁷ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Москва

⁸ Майкопский государственный технологический университет, Майкоп

⁹ Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники», Москва

Ключевые слова: Иваньковское водохранилище, площадь зеркала водоёма, подпорный уровень, спутниковые изображения, Landsat-1, -2 и Sentinel-2

Нормальный подпорный уровень (НПУ) Иваньковского водохранилища равен 123,89 м БС, при нём, согласно большинству литературных источников, площадь зеркала водоёма равна 327 км² (Гидрометеорологический..., 1975; Иваньковское..., 1978; Экологические..., 2001). В государственном водном реестре указано такое же значение. Впервые эта величина была приведена в отчёте о строительстве канала Москва – Волга (Канал..., 1940). В более поздних источниках площадь водохранилища при НПУ указывается равной 316 км² (Приказ..., 2019). Авторами было обнаружено, что фактическая площадь Иваньковского водохранилища значительно не соответствует указываемой в литературе. По данным дистанционного зондирования Земли, площадь зеркала водохранилища существенно меньше.

Для установления причин значительных расхождений в данных о площади Иваньковского водохранилища был проведён анализ картографических материалов и данных дистанционного зондирования Земли, охватывающий период с начала заполнения водоёма. В качестве исходных данных были использованы карты 1937–1947 гг., спутниковые снимки Landsat-1, -2 и Sentinel-2.

Ретроспективное исследование показало, что на картах, выпущенных в первые годы после заполнения водохранилища, площадь водоёма существенно больше официальных данных. Наибольший вклад в неточность информации о площади, вероятно, вносит участок правобережья в верховьях Шошинского плёса, который исчезает с карт после 1941 г. Также начиная с 1941 г. площадь водохранилища на картах меньше официальных данных.

Одним из первых спутниковых изображений, на котором Ивановское водохранилище не сильно перекрыто облачностью, стал снимок, полученный сенсором спутника Landsat-2 в 1975 г. Площадь водохранилища по данному снимку, составляет 232 км², что значительно меньше справочных данных, но близко к оценкам площади водоёма по современным данным ДЗЗ.

Для оценки фактической современной площади водохранилища при НПУ было решено оценить спутниковые снимки последних лет. Из данных дистанционного зондирования, находящихся в открытом доступе, наилучшим пространственным разрешением, обладают снимки программы Sentinel-2. Большое количество малооблачных снимков на данную территорию было получено в 2019 г. В исследовании использовано шесть снимков Sentinel-2. При обработке снимков учитывался среднесуточный уровень воды в Ивановском водохранилище в 2019 г.

Анализ ДДЗ показал, площадь водоёма по данным ДЗЗ при уровнях, близких к НПУ в большинстве случаев находится в пределах **220–240 км²**. Фактическая площадь водного зеркала Ивановского водохранилища на 22–33 % меньше значений, представленных в литературе, и ниже величины, приведённой в приказе Росводресурсов от 31.05.2019 № 125 «Об утверждении Правил использования водных ресурсов Ивановского водохранилища на р. Волге».

В большинстве литературных источников, вероятно, было использована площадь водоёма из технического отчёта о строительстве канала Москва–Волга. Отчёт был выпущен в первые годы существования водохранилища, и в нём представлены проектные значения. Площадь, приведённая в отчёте, совпадает с площадью водохранилища на карте-схеме канала Москва–Волга в Большом советском атласе мира 1939 г.

Карты, изданные в первые годы после создания Ивановского водохранилища, сильно генерализованные и отличаются значительной изменчивостью расположения границ водохранилища. Авторы предполагают, что в существенной степени это обусловлено не зарастанием, а недостаточным обследованием водоёма. Следует с осторожностью использовать эти материалы для оценки зарастания водоёма. Также следует учитывать, что приводимые в других исследованиях площади зарастания водоёма могут быть завышены, так как, вероятно, они базировались на официальных данных о площади водохранилища.

Одним из первых спутниковых изображений Ивановского водохранилища стал снимок, полученный сенсором спутника Landsat-2 в 1975 г. Это более достоверный источник и с этого периода его площадь не претерпела значительных изменений.

Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2025-0002 «Исследования процессов формирования качества поверхностных и подземных вод, природных и антропогенных механизмов изменения экологического состояния водных объектов, разработка методов и технологий управления водными ресурсами и качеством вод».

Литература

- Гидрометеорологический режим озёр и водохранилищ СССР: Водоохранилища Верхней Волги. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 292 с.
- Иваньковское водохранилище и его жизнь. Л.: Наука, Ленинградское отд-ние. 1978. 304 с.
- Канал Москва-Волга. 1932–1937: Технический отчёт. Л.: Стройиздат, 1940. 316 с.
- Приказ Росводресурсов от 31.05.2019 № 125 «Об утверждении Правил использования водных ресурсов Иваньковского водохранилища на р. Волге».
- Экологические проблемы Верхней Волги: коллективная монография. Ярославль: ЯГТУ. 2001. 427 с.

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s06_Bocharov_otsenka.pdf

КАСПИЙСКОЕ МОРЕ КАК ПРИРОДНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ МОРСКОГО ВОЛНЕНИЯ

С. И. Бадулин^{1,2}, А. Г. Костяной², С. А. Лебедев³, А. П. Попов²

¹ Сколковский институт науки и технологий, Москва, badulin.si@ocean.ru

² Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва

³ Геофизический центр РАН, Москва

Ключевые слова: морское волнение, спутниковые альтиметры, Jason-3, CFOSAT, Каспийское море

Каспийское море является крупнейшим внутренним водоёмом. Сильные и устойчивые ветры регулярно возникают вдоль его главной оси протяжённостью более 1000 км от Прикаспийской низменности до побережья Ирана. Во время этих событий скорость ветра может превышать 20 м/с, а значительная высота волн — 5 м. Эти направления ветра оказываются близки к трекам спутниковых альтиметров, которые с высокой точностью измеряют параметры морской поверхности с сентября 1992 г. Такое совпадение позволяет рассматривать Каспийское море как акваторию, на которой воспроизводятся условия роста ветровых волн, близкие к идеальным, и, кроме того, обеспечиваются высокоточные измерения волнения существующей сетью спутниковых альтиметров.

Форма береговой линии и преобладающие направления ветра позволяют рассматривать море как полномасштабную лабораторную установку для исследований морского волнения. Нерегулярные *in situ* измерения и наблюдения за состоянием морской поверхности в Каспийском море неточны, тогда как альтиметры обеспечивают готовую к использованию высококачественную измерительную сеть. Мы анализируем данные спутниковых миссий Jason-3 за 2016–2022 гг. и CFOSAT (*англ.* China France Oceanographic SATellite) за 2019–2023 гг., чтобы оценить потенциал этой полномасштабной экспериментальной установки. Рассмотренные миссии предоставляют ценные данные, представляющие Каспийское море как реалистичную модель Мирового океана с минимальным влиянием эффектов зыби, приливов и течений. Это делает «чистые случаи» Каспийского моря особенно ценными как для фундаментальных исследований физики морского волнения, так и для региональных проектов изучения динамики Каспийского моря (Badulin et al., 2025).

Литература

Badulin S. I., Kostianoy A. G., Lebedev S. A., Popov A. P. The Caspian Sea as a full-scale experimental facility supported by altimetry measurements of wind-driven waves // Dynamics of Atmospheres and Oceans. 2025, V. 110. Article 101554. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2025.101554>.

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s06_Badulin.pdf

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ С SENTINEL-2С

П. Д. Жаданова

Институт космических исследований РАН, Москва
zhadanova.pd@phystech.edu

Ключевые слова: спутниковый мониторинг, мутность воды, Sentinel-2A, -2B, -2C

Мониторинг мутности водных объектов играет ключевую роль в экологическом контроле, управлении водными ресурсами и обеспечении безопасности судоходства. Традиционные методы измерений, основанные на полевых исследованиях, обладают высокой точностью, но ограничены в пространственном и временном охвате. Спутниковые технологии дистанционного зондирования позволяют решить эту проблему, обеспечивая регулярный мониторинг больших акваторий. До недавнего времени основными инструментами для таких исследований были спутники Sentinel-2A и Sentinel-2B, предоставляющие мультиспектральные данные с периодичностью около пяти дней. Однако запуск Sentinel-2C открывает новые возможности за счёт увеличения частоты съёмки, улучшения радиометрической стабильности и снижения влияния облачности.

Использование трёх спутников (Sentinel-2A, -2B и -2C) позволит значительно повысить детализацию и оперативность мониторинга, приблизившись к режиму, близкому к реальному времени. Это особенно важно для динамичных водных объектов, где быстрые изменения мутности могут быть связаны с антропогенными воздействиями, природными процессами или климатическими факторами.

Таким образом, интеграция данных Sentinel-2C в существующие системы мониторинга не только улучшит точность оценок, но и расширит возможности прогнозирования и управления качеством водных ресурсов. Дальнейшие исследования могут быть направлены на автоматизацию обработки данных и разработку новых алгоритмов для более полного анализа состояния водных экосистем.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 24-17-00182 «Развитие методов дистанционной диагностики распространения речных вод в прибрежной зоне морей» (<https://rscf.ru/project/24-17-00182/>) в Институте космических исследований РАН.

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s06_Zhadanova.pdf

Сессия 7

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ

Н. Ю. Комарова

Институт космических исследований РАН, Москва
nata.komarova@cosmos.ru

Ключевые слова: оформление научных статей, рукопись, текст, формулы, таблицы, публикации, иллюстрации, векторные рисунки

Доклад посвящён требованиям к оформлению рукописей научных статей в журнал «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Рассматриваются все составляющие рукопись элементы: непосредственно текст статьи в плане соответствия грамматике и орфографии русского языка, соблюдения правил стилистики, устранения тавтологии, повторов; построение таблиц; оформление формул; особенности составления и правильность написания списка источников (литературы, публикаций) и ссылок на них в тексте. Особое внимание уделяется правильному предоставлению иллюстраций (рисунков, картинок), особенностям и различию растровой и векторной графики.

http://d33.infospace.ru/d33_conf/tarusa2025/s07_Komarova.pdf

**Тринадцатая международная Школа-семинар
«Спутниковые методы и системы исследования Земли»
ИКИ РАН, Таруса, 23–27 мая 2025 г.**

Сборник материалов

Издатель: Институт космических исследований
Российской академии наук (ИКИ РАН)
117997, Москва, Профсоюзная ул., 84/32