

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИКИ РАН)

УДК 531.01 004.09 004.04

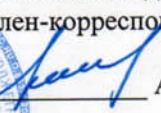
Номер государственной регистрации АААА-А18-118022790133-1

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Института космических исследований  
Российской академии наук  
член-корреспондент РАН



 А.А. Петрукович

«    » \_\_\_\_\_ 2018 г.

М.П.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследования в области динамики сложных механических систем, проектирования орбит и построения математических моделей планирования космических экспериментов

Тема УПРАВЛЕНИЕ  
0028-2014-0005

Научный руководитель

д.т.н.  Р.Р. Назиров

«    » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Москва  
2018

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

### СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы  
зав. отд., д.т.н.



Назиров Р.Р.

Ответственные  
исполнители разделов  
темы:

в.н.с., д.ф.-м.н.



Ковалёва А.С.

глав. спец.

Боярский М.Н.

с.н.с., к.т.н.



Коноплёв В.В.

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

### СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Должность, ученая степень, ученое звание	Подпись	ФИО	Номера разделов отчета, в которых принимал участие исполнитель
В.н.с., д.н.		Алтайский М.В.	2.8, 2.9
Гл. спец.		Андреев А.В.	2.5, 2.6, 2.7
Вед. мат., к.т.н.		Аксенов С.А.	1.3
Н.с.		Балтер Б.М.	2.10, 2.11
Прогр.		Бобер С.А.	1.3
Гл. спец.		Гаврилова Е.А.	2.12
С.н.с., к.т.н.		Гришин В.А.	2.14
С.н.с., к.т.н.		Егоров В.В.	2.10, 2.11
В.н.с., д.т.н.		Золотарев В.В.	2.16
Н.с., к.т.н.		Коваленко И.Д.	1.2
Рук. сектора		Батанов О.В.	2.4
Зав. лаб., к.т.н.		Чесалин Л.С.	2.4
Нач. отд.		Назаров В.Н.	2.4
С.н.с., к.ф.-м.н.		Прохоренко В.И.	1.4, 1.5
Г.н.с., д.н.		Пулинец С.А.	2.17
Прогр.		Полякова Т.В.	1.6
Вед. матем.		Рязанова Е.Е.	1.5.1
М.н.с.		Стальная М.В.	2.10, 2.11
Гл. спец.		Старостина О.А.	2.3, 3
В.н.с., д.ф.-м.н.		Суровяткина Е.Д.	1.7
Вед. матем.		Федяев К.С.	1.3
Зам. зав. отд.		Шевченко М.И.	2.1, 2.2
В.н.с., к.т.н.		Эйсмонт Н.А.	1.2

## РЕФЕРАТ

Отчет 46 с., 7 рисунков, 98 источников.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ, НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА, АСТЕРОИДНО-КОМЕТНАЯ ОПАСНОСТЬ, НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИЕЙ, НАВИГАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ, ОРБИТЫ ИСЗ, АРХИВЫ НАУЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ, НАЗЕМНЫЕ НАУЧНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 Раздел 1. Математические модели планирования космических экспериментов	9
1.1 Разработка методов анализа и управления сложными механическими системами. Исследование возможностей гашения нежелательных колебаний в системах переменной структуры.....	9
1.2 Работы по навигационному обеспечению проектов Спектр-Рентген-Гамма, Венера-Д, Трабант, Бумеранг, Радиоастрон.....	9
1.3 Оценивание точности определения параметров движения естественных и искусственных небесных тел (астероидов, космических аппаратов). .....	10
1.4 Анализ и обобщение накопленных знаний и опыта в области выбора орбит ИСЗ, исходя из задач космических экспериментов и с учетом особенностей эволюции орбит и времени их баллистического существования, а также технических ограничений. ....	11
1.5 Баллистическое обеспечение эксперимента “Плазма–Ф” на борту КА СПЕКТР-Р.....	12
1.5.1 Определение ориентации научного прибора эксперимента «Плазма-Ф» в солнечно-эклиптической системе и расчет направления солнечного ветра.....	12
1.6 Продолжение выполнения расчетов, связанных с дискретным представлением непрерывных объектов сложных пространственных форм, методом конечных элементов. ....	12
1.7 Исследования нелинейной динамики систем испытывающих бифуркации и разработка методов управления такими системами. Исследования условий возникновения и завершения летнего Индийского муссона в 2016-2018 гг.....	13
2 Раздел 2. Интеллект. Телекоммуникационные технологии .....	15
2.1 Информационная поддержка научно-организационной деятельности ИКИ в сети Интернет.....	15
2.2 Поддержание и развитие архива научных космических данных на базе распределено-реплицируемой сетевой файловой системы GlusterFS.....	16
2.3 Экспериментальный консолидированный высокопроизводительный вычислительный сегмент в центре обработки данных ИКИ РАН.....	16
2.4 Наземные научные комплексы (ННК). Разработка концептуальных, технологических и методологических подходов повышения научной отдачи научных космических экспериментов за счет организации эффективной наземной информационной поддержки, а также их экспериментальная отработка .....	17
2.5 Разработка алгоритма детектирования рыболовных судов в ночное время во всей акватории мирового океана по данным с панхроматического диапазона DNB мультиспектрального радиометра VIIRS, установленного на американском метеорологическом спутнике Suomi NPP. Алгоритм должен быть устойчив к помехам от лунной засветке облаков, полярного сияния, космических лучей, газовых факелов и электрических огней на морских нефтяных платформах и бликов в телескопе спутника.....	18
2.6 Разработка алгоритма оценки объемов сжигания попутного газа в 2012-2019 гг. по инфракрасным спектрам от газовых факелов на ночных снимках с мультиспектрального радиометра VIIRS, установленного на американском метеорологическом спутнике Suomi NPP.....	18
2.7 Разработка алгоритма детектирования вулканических извержений по инфракрасным спектрам от газовых факелов на ночных снимках с мультиспектрального радиометра VIIRS, установленного на американском метеорологическом спутнике Suomi NPP.....	19

2.8	Теоретические исследования, связанные с применением квантовых нейронных сетей для перспективных квантовых бортовых систем искусственного интеллекта.....	19
2.9	Теоретические исследования связанные с применением непрерывного вейвлет-преобразования для определения зависимости турбулентной вязкости от масштаба измерения и времени жизни когерентных структур в атмосфере.....	20
2.10	Исследование возможностей применения космических данных для улучшения оценок риска для здоровья населения от загрязнения атмосферы. Разработка методики использования космических данных при оценке и управлении риском. Продолжение практических работ по оценке и управлению риском для здоровья населения в связи с загрязнением атмосферы от действующих и строящихся предприятий, а также от транспортных потоков в городах.....	20
2.11	Продолжение разработки теоретических и алгоритмических основ применения теории оптимального управления к информационному циклу управления состоянием экологических объектов с использованием аэрокосмических данных, включая оптимизацию средств наблюдений. Тестирование такого цикла на компьютерных имитационных моделях с использованием реальных данных.....	21
2.12	Развитие математического обеспечения для первичной и вторичной обработки прибора BMSW, входящего в состав эксперимента «Плазма-Ф». Проведение систематической обработки и архивации данных.....	21
2.13	Разработка и исследование адаптивного статистического кодера низкой сложности для использования в алгоритмах сжатия изображений.....	22
2.14	Обработка изображений линии горизонта в интересах решения навигационных задач.....	22
2.15	Разработка методов прецизионной астронавигации в пределах Солнечной системы. Сейфертовская галактика NGC 1275 (3C 84).....	24
2.16	Разработка методов помехоустойчивого кодирования для гауссовских каналов связи с космическими аппаратами, реализуемых на ПЛИС. Подача заявок на патентование технических решений. Компьютерное моделирование методов кодирования.....	25
2.17	Исследование связи вариаций галактических космических лучей с интенсивностью тропических ураганов и циклонов. Статистический анализ связи уменьшения интенсивности потоков галактических космических лучей (Форбуш-эффект) с развитием ураганов в Атлантическом океане и тайфунов в Тихом океане в 2016-2017 гг.....	26
2.18	Разработка интерактивной системы визуализации движения марсохода на Web-ресурсах.....	29
3	Раздел 3. Космос.....	32
3.1	Модернизация и развитие научной космической сети «КОСМОС»	32
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>33</b>
	<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	
	Публикации по теме <b>УПРАВЛЕНИЕ.....</b>	<b>35</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Институт космических исследований Российской академии наук проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в соответствии с государственным заданием ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ по следующим научным направлениям.

- научные исследования в области астрофизики и радиоастрономии (номер направления в Программе 16, 14)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области Физики космической плазмы, энергичных частиц, Солнца и солнечно-земных связей (номер направления в Программе 16, 14)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планет и малых тел Солнечной системы (номер направления в Программе 16, 71)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планеты Земля (номер направления в Программе 79,80)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области механики, систем управления и информатики (номер направления в Программе 21)
- Развитие исследовательской, конструкторской, опытно-экспериментальной базы научного космического приборостроения и методов экспериментальной физики (номер направления в Программе 16)

Эти направления НИР и ОКР соответствуют следующим направлениям фундаментальных исследований, указанным в Программе фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013 - 2020 годы, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 03 декабря 2012 г., № 2237-р

п/п	Направление фундаментальных исследований	Номер направления в «Программе»
1	Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач	16
2	Современные проблемы физики плазмы, включая физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы её применения в технологических процессах	14
3	Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли. Космохимия планет и других тел Солнечной системы. Возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.	129
4	Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии.	138

5	Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества	137
6	Общая механика, навигационные системы, динамика космических тел, транспортных средств и управляемых аппаратов, механика живых систем.	21

Фундаментальные и прикладные научные исследования в области механики, систем управления и информатики проводятся по теме 0028-2014-0005 УПРАВЛЕНИЕ.

Тема 0028-2014-0005 УПРАВЛЕНИЕ является частью государственного задания ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ.

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2018 г. по теме УПРАВЛЕНИЕ Исследования в области динамики сложных механических систем, проектирования орбит и построения математических моделей планирования космических экспериментов.



## УПРАВЛЕНИЕ

Исследования в области динамики сложных механических систем, проектирования орбит и построения математических моделей планирования космических экспериментов

Гос.рег. № АААА-А18-118022790133-1

### **Раздел 1 Математические модели планирования космических экспериментов**

#### **1.1 Разработка методов анализа и управления сложными механическими системами. Исследование возможностей гашения нежелательных колебаний в системах переменной структуры.**

Исследованы возможности возбуждения резонансных режимов в существенно нелинейных осцилляторных цепях при помощи периодического возбуждения с постоянной или медленно меняющейся частотой. Существенное отличие от ранее рассмотренных квазилинейных систем состоит в отсутствии характерной частоты малых (линейных) колебаний системы и, следовательно, в невозможности зафиксировать резонансную частоту возбуждения, равную частоте свободных линейных колебаний. Для ангармонической системы рассматривается обратная задача: ищутся параметры системы, обеспечивающие нелинейный резонанс с частотой, равной частоте периодического возбуждения. Впервые установлены условия резонансного возбуждения для обоих типов систем. Доказано, что в недиссипативной цепи проявляется равномерное распределение энергии между всеми осцилляторами на больших интервалах времени. В диссипативных цепях обнаружена характерная локализация резонансных колебаний на участке цепи, прилегающем к источнику возбуждения. Обнаружено возрастание амплитуды колебаний в цепи слабо связанных нелинейных осцилляторов, к одному из которых приложено периодическое возбуждение с медленно возрастающей частотой (авторезонанс). Теоретические положения иллюстрируются численными результатами. Полученные результаты открывают возможности управления резонансными режимами в многомерных существенно нелинейных системах.

#### **1.2 Работы по навигационному обеспечению проектов Спектр-Рентген-Гамма, Венера-Д, Трабант, Бумеранг, Радиоастрон.**

##### **Исследования и разработки по проекту Венера-Д.**

Были предложены методы анализа возможностей посадки аппарата на поверхность Венеры в условиях ограничений перегрузки при входе в атмосферу и требований по выведению орбитального аппарата на высокоапоейную орбиту спутника Венеры. При этом учитывались требования передачи информации на Землю через спутник,

используемый как ретранслятор. Были изучены возможности работы долговременного посадочного аппарата с точки зрения достижимой длительности его связи с Землёй.

### **Исследования и разработки по проекту «Трабант».**

Была подготовлена баллистическая часть эскизного проекта, включающая предложения по управлению движением аппарата с помощью газореактивного двигателя. Были проведены оценки необходимой массы рабочего тела для выполнения задач поддержания заданного взаимного положения аппаратов. Разработаны методы безопасного отделения аппаратов от корабля «Прогресс».

Кроме этого, были разработаны методы управления космическим аппаратом Радиоастрон в режиме его перевода на траекторию заключительной фазы его эксплуатации. Построены варианты соответствующих орбит.

Было подготовлено более 100 интервью масс медиа (для радио и телеканалов).

Был проведён выездной семинар в Тарусе, в котором приняли участие 26 человек из 6 академических организаций и Роскосмоса, 5 вузов, которые представили 15 докладов.

### **1.3 Оценивание точности определения параметров движения естественных и искусственных небесных тел (астероидов, космических аппаратов). Результат: программное обеспечение для расчета изохронных производных в различных моделях движения, численные результаты расчетов точностных характеристик по заданным начальным условиям для реальных объектов.**

Выполнено исследование видимости короткоживущего и долгоживущего посадочных модулей с орбитального аппарата в проекте Венера-Д. Выполнены расчеты для нескольких подлетных окон, набора наклонов орбиты орбитального аппарата и положений посадочных модулей. Выполнена интеграция результатов с ПО Cosmographia и визуализированы: подлетные траектории, посадочные аппараты с плоскостями локальных горизонтов, орбитальный аппарат с орбитой в движении в течение венерианского года.

Выполнено исследование возможностей попадания отдельного модуля Венера-Д на орбиты в окрестности точки Лагранжа L1 системы Солнце-Венера. Применен разработанный в прошлом году код, доступный по ссылке ([github.com/BoberSA/crtbp](https://github.com/BoberSA/crtbp)).

Рассчитаны окна видимости на два года вперед для наземного пункта «Медвежья Озера» и космических аппаратов: Vepi-Colombo, Exomars-2016 (с учетом перекрытия Марсом), Спектр-РГ.

Во всех исследованиях алгоритмы реализованы с использованием библиотеки SPICE (NASA) на языке Python в среде Jupyter Notebook.

Разработан ряд компьютерных инструментов, позволяющих осуществлять моделирование движения КА в окрестности коллинеарных точек либрации. Исследованы стратегии коррекции движения КА, произведена оценка их эффективности в зависимости от точности определения его положения и скорости. Исследованы некоторые возможности безимпульсных перелетов между орбитами вокруг точек либрации L1 и L2 системы Солнце-Земля.

#### **1.4 Анализ и обобщение накопленных знаний и опыта в области выбора орбит ИСЗ, исходя из задач космических экспериментов и с учетом особенностей эволюции орбит и времени их баллистического существования, а также технических ограничений.**

Прогноз эволюции орбиты **КА Спектр-Р**, запущенного на околоземную орбиту в 2011 г., свидетельствует об угрозе соударения этого КА с Землёй в середине 2022 г. Исследования показывают, что эта угроза является результатом эволюции орбиты под влиянием внешних гравитационных возмущений от Луны и Солнца и обусловлена влиянием прецессии орбиты Луны, при значительной величине большой полуоси а орбиты КА.

Основываясь на опыте предыдущих коррекций, выполненных в 2012 г. и в 2017 г., необходимо заранее выбрать оптимальную дату и время коррекции, исходя из различных ограничений (по величине корректирующего импульса, зонам видимости из наземных пунктов, длины тени Земли на орбите и т.д.) Для этого необходимо выполнить исследование возможных участков орбиты КА Спектр-Р для выполнения коррекции, исходя из имеющихся орбитальных данных, и быть готовыми к тому, чтобы выполнить коррекцию в середине 2020 г. Следует отметить, что дата и время и импульс для предыдущей коррекции было выбрано не очень удачно (поэтому требуется новая коррекция). При коррекции следует учитывать, что возрастание большой полуоси приближает орбиту к границе области неизбежного соударения с Землёй при больших наклонениях орбиты к плоскости эклиптики в процессе эволюции орбиты.

Расчёты показывают, что для преодоления угрозы соударения с Землёй необходимо сделать коррекцию орбиты в середине 2020 года, когда значение аргумента перицентра орбиты находится около  $270^\circ$  и высота перицентра растёт. При этом апоцентр находится в северном полушарии и это выгодно. Нужно заняться исследованием этого вопроса,

потому что перенос коррекции на год позже может оказаться опасным, потому что в этом случае коррекция может оказаться данной орбиты уже бесполезной.

В процессе выбора орбит, исходя из задач проекта **СТРАННИК**, рассматривались орбиты с запуском не с конкретного полигона и с высотой перицентра не столь ограниченной, как в предыдущих проектах. В процессе выбора орбит проекта **СТРАННИК** рассматривался также ситуационный анализ орбит, исходя из моделей солнечно-земной магнитосферы, а также области околоземного пространства, достижимые орбитой в процессе её эволюции под влиянием возмущающих факторов.

### **1.5 Баллистическое обеспечение эксперимента “Плазма–Ф” на борту КА СПЕКТР-Р.**

Продолжение работ по баллистическому обеспечению эксперимента “Плазма-Ф” на КА СПЕКТР-Р. Прогноз эволюции орбиты КА, расчет навигационных параметров вдоль орбиты и моделирование времени прохождения исследуемых областей магнитосферы и солнечного ветра для задач долгосрочного и оперативного планирования эксперимента. Подготовка прогноза баллистической информации на каждый месяц для участников эксперимента и для группы управления, а также заблаговременное размещение его на сайте ИКИ [http://ftp2.plasma-f.cosmos.ru/orbit/campaign/p\\_pf\\_flg/camp1.htm](http://ftp2.plasma-f.cosmos.ru/orbit/campaign/p_pf_flg/camp1.htm).

#### **1.5.1 Определение ориентации научного прибора эксперимента «Плазма-Ф» в солнечно-эклиптической системе и расчет направления солнечного ветра.**

В ходе астрофизического эксперимента «Плазма-Ф» (на борту КА СПЕКТР-Р) проводилась систематическая обработка и архивация экспериментальных данных по определению ориентации научного прибора БМСВ в солнечно-эклиптической системе координат GSE. Результаты, представленные в виде матриц перехода из систем КА и БМСВ в систему GSE, регулярно размещаются на сервере [plasma-f.cosmos.ru](http://plasma-f.cosmos.ru).

Разработана методика оценки стабильности ориентации прибора БМСВ по полученным матрицам ориентации объекта, в ряде случаев позволяющая рассчитать изменение направления Солнечного ветра при перерывах в информации от прибора ДСС. Совместно с лабораторией 821 проводилась в обработке текущих данных прибора БМСВ, используемых при физической интерпретации данных о Солнечном ветре.

### **1.6 Продолжение выполнения расчетов, связанных с дискретным представлением непрерывных объектов сложных пространственных форм, методом конечных элементов.**

Обзор работ по анализу колебаний, напряженно-деформируемому состоянию, динамике управляемого космического аппарата. Суперэлементная расчетная схема для сложных механических систем. Использование уравнений теории упругости в расчетах колебаний роторов. Работа над геометрической моделью для космического прибора (БУСНИ-ТГК) для задачи анализа динамики с использованием метода статической и динамической конденсации в системах Patran/Nastran.

Исследование напряженно-деформированного состояния структурной составляющей фрагмента челюсти на примере дефекта зубного ряда с искусственными включениями на основе метода конечных элементов при различных типах нагрузок (точечные, распределенные, нагрузки на линии). Разработана параметрическая модель оптимизации расстановок имплантатов.

### **1.7 Исследования нелинейной динамики систем испытывающих бифуркации и разработка методов управления такими системами. Исследования условий возникновения и завершения летнего Индийского муссона в 2016-2018 гг.**

Индийский муссон – важный элемент климатической системы Земли. Причины возникновения муссона связывают с двумя основными факторами: локальные сезонные изменения атмосферной циркуляции, вызванные асимметричным нагревом суши и моря, и глобальное сезонное перемещение Внутритропической зоны конвергенции.

Характерной чертой муссона является внезапность начала и завершения, даты которых могут варьироваться от года к году в течение месяца. Поэтому прогноз муссона представляет собой весьма сложную научную проблему. Долгосрочный прогноз муссона крайне важен для Индии, 70 % населения которой заняты в сельскохозяйственном производстве, которое чрезвычайно зависит от сезона дождей.

В нашей работе [1] представлен новый подход к исследованию явления муссона, основанный на теории критических переходов. Показано, что в пространственной организации муссона существуют такие регионы, в которых критические условия для его возникновения зарождаются раньше, чем в других. Эти регионы являются системообразующими элементами системы муссона. Локализация критических элементов обусловлена формой Внутритропической зоны конвергенции и орографией Индостана. Таким образом, концепция критических элементов объединяет два различных описания явления муссона, основанных на глобальных и локальных причинах.

Полученный результат положен в основу нового метода прогноза муссона, в котором сравнительный анализ данных внутри областей критического поведения

позволяет определять даты наступления и завершения муссона в центральной части Индии. В настоящее время официальный прогноз муссона осуществляется только для южной оконечности Индостана за 15 дней до средней даты начала муссона, а завершение муссона не прогнозируется вообще в силу отсутствия методов прогнозирования. Предложенный метод позволяет осуществлять долгосрочный прогноз начала муссона (за 40 дней) и завершение муссона (за 70 дней), впервые прогноз осуществляется для региона, расположенного в центральной части Индии.

В течение трех лет (2016-2018) проводилось тестирование метода долгосрочного прогноза начала и завершения летнего Индийского муссона в центральной части Индии.

Тестирование метода прогноза проводилось на основе данных ре-анализа NCEP/NCAR и ERA-40 о среднесуточной приповерхностной температуре, давлении и относительной влажности с пространственным разрешением 2.5° за период 2000–2018 гг. Результаты тестирования представлены в Таблице.

<i>Годы</i>	<i>Публикация прогноза</i>	<i>Прогноз</i>	<i>Факт</i>	<i>Публикация прогноза</i>	<i>Прогноз</i>	<i>Факт</i>
	<i>Начало муссона</i>			<i>Завершение муссона</i>		
2016	6 мая	13 июня +/-4 дня	17 июня	27 июля	5 октября +/-5 дней	10 октября
2017	8 мая	18 +/-4 дня	16-18 июня	30 июля	12 октября +/-5 дней	15-16 октября
2018	7 мая	15 +/-4 дня	9-19 июня	30 июля	18 октября +/-5 дней	18-21 октября

*Таблица 1.7.1.*

Прогнозы были опубликованы на сайте [2], Twitter, Facebook и в Индийских средствах массовой информации, представлены на конференциях, Индийскому Метрологическому обществу [3] и Метеорологическому Департаменту Индии [4].

Тестирование показало, что даты прогнозов начала муссона в 2016, 2017 и 2018 г.г., представленные за 40 дней до начала муссона в центральной части Индии, и даты завершения муссона, представленные за 70 дней, попали в предсказанный диапазон, что подтверждается фактическими значениями, зафиксированными постфактум Департаментом метеорологии Индии [[http://www.imd.gov.in/pages/monsoon\\_main.php](http://www.imd.gov.in/pages/monsoon_main.php)].

Таким образом, все шесть прогнозов начала и завершения Индийского муссона в 2016, 2017 и 2018 оказались успешными. Принимая также во внимание ретроспективные

тесты за период 1964-2015 гг. [Stolbova et al.,2016] можно заключить, что предложенная методология долговременного прогноза Индийского муссона достаточно надежна для предоставления раннего прогноза муссона в центральной части Индии.

В заключении необходимо отметить, что прогноз даты начала муссона является самым ранним, а прогноз окончания муссона является единственно доступным в Индии. Такой прогноз начала и окончания сезона, основанный на физических подходах, является уникальным, даты других климатических сезонов не прогнозируются вообще, а только фиксируются метеорологическими службами постфактум.

[1] Stolbova, V., E. Surovyatkina, B. Bookhagen, and J. Kurths. *Tipping elements of the Indian monsoon: Prediction of onset and withdrawal*. *Geophys. Res. Lett.*, 43, 1–9, 2016, doi:10.1002/2016GL068392

[2] <https://www.pik-potsdam.de/services/infodesk/forecasting-indian-monsoon/>

[3] Elena Surovyatkina. *Monsoon Forecast Under Climate Change*, Indian Meteorological Society. Delhi, India, 22<sup>th</sup> June, 2018, Invited lecture <http://imetsociety.org/lecture-by-prof-elena-surovyatkina/>

[4] Elena Surovyatkina. *Tipping Elements Approach for Forecasting Monsoon in Central India: Results 2016 – 2018*. TROPMET 2018, India, 22-24 October 2018. Invited talk <http://imetsociety.org/plenary-talks-tropmet-2018/>

## **Раздел 2 Интеллект. Телекоммуникационные технологии**

### **2.1 Информационная поддержка научно-организационной деятельности ИКИ в сети Интернет.**

Обеспечивалось функционирование и развитие аппаратной, программной и информационной частей серверов телематических служб института, включая почтовый сервер, Web-сервер, серверов службы доменных имен (DNS), FTP-сервер, облачное хранилище файлов на базе ПО Seafile.

Проводилась разработка и оперативное обновление информации на веб-сайте института, включая подготовку и эксплуатацию следующих новых сайтов:

Дни космической науки — 2018.

Девятый московский международный симпозиум по исследованиям Солнечной системы (9MS3).

Международная конференция «Турбулентность, токовые слои и пересоединение в космической и астрофизической плазме».

Международная конференция Грингауз 100: "Плазма в солнечной системе".

Четырнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе".

XVI Конференция молодых ученых "Фундаментальные и прикладные космические исследования".

Сайт аспирантуры ИКИ РАН с функционалом личного кабинета обучающегося.

Проводилась разработка нового сайта ИКИ РАН на базе современных веб-технологий и тенденций веб-дизайна.

## **2.2 Поддержание и развитие архива научных космических данных на базе распределено-реплицируемой сетевой файловой системы GlusterFS.**

Производилась эксплуатация и обновление программно-аппаратного узла файлового архива с общим объемом резервированного хранения 12 Терабайт. Выполнялось регулярное пополнение архива новыми данными проекта «Плазма-Ф». Общий объем хранимых данных проекта «Плазма-Ф» на 1-е декабря 2018г. составляет 2.8ТБ. Осуществлен перенос виртуальной машины - узла оперативного хранения и распределения данных «Плазма-Ф» на новую аппаратную платформу с заменой файловой системы хранилища на ZFS, что позволило существенно повысить эффективность использования доступного дискового пространства за счет встроенного в ZFS сжатия данных. При использовании алгоритма сжатия LZ4 коэффициент сжатия общего объема данных проекта «Плазма-Ф» составляет 3.3 раза.

## **2.3 Экспериментальный консолидированный высокопроизводительный вычислительный сегмент в центре обработки данных ИКИ РАН.**

В течение 2018 года производились штатная эксплуатация и дальнейшее развитие мульти-проектного программно-аппаратного комплекса (ПАК) SCARP для хранения и обработки научных данных. Введен в эксплуатацию дополнительный модуль хранения объемом до 140ТБ. Проведено предварительное макетное исследование новой версии параллельной файловой системы Lustre (2.10) для оценки применимости в комплексе SCARP. Доработаны механизмы управления виртуальными резервными копиями хранилища, устранены ошибки с блокированием работы пользователей при исчерпании дисковой квоты. Проведены предварительные работы по переводу подключения вычислительных серверов комплекса SCARP на технологию 10G. Введен в эксплуатацию резервный шлюз для взаимодействия с публичными сегментами ЛВС ИКИ РАН и сети Интернет. Разработана концепция увеличения скорости загрузки больших объемов данных с публичных ресурсов сети Интернет для использования в научных проектах ИКИ РАН.



## **2.4 Наземные научные комплексы (ННК). Разработка концептуальных, технологических и методологических подходов повышения научной отдачи научных космических экспериментов за счет организации эффективной наземной информационной поддержки, а также их экспериментальная отработка.**

К одной из ключевых проблем проведения космического эксперимента следует отнести отсутствие единого инструмента, позволяющего стратегически планировать наиболее актуальные и взаимодополняющие исследования. В рамках решения данной проблемы предлагается концепция совместного центра данных, который будет представлять уникальный центр компетенции, обеспечивающий хранение всей доступной тематической информации, средства ее обработки и интерпретации, а также средства тактического и стратегического планирования предстоящих исследований.

К основным задачам совместного Центра данных следует отнести:

- Получение максимальной научной отдачи на фоне снижения затрат и парирования потенциальных рисков реализации космических проектов.
- Создания многоцелевой информационной платформы для совместных космических исследований.
- Подготовка нового поколения научных сотрудников и специалистов для будущих космических проектов.

Для решения задач, представленных выше, предполагается создание центра данных на основе иерархической архитектурной модели, содержащей следующие основные уровни:

- Технический уровень, объединяющий базовые технические средства распределенного центра данных.
- Функциональный уровень, обеспечивающий реализацию всего функционала задач необходимых для информационной поддержки научных космических операций в особенности для исследования Луны.
- Экспертный уровень, на котором на основе анализа, и что важно, интерпретации результатов формируются и суммируются новые представления о физической природе тех или иных изучаемых явлений, а также подготавливаются предложения по формированию направлений дальнейших работ.

Данная концепция была представлена на ряде международных встреч и была выбрана в качестве базы для проработки возможности создания такой информационной системы в области исследования Луны, однако, область применения данной концепции может быть и существенно расширена.

Работы по дальнейшему развитию данной концепции, а также разработка новых концептуальных подходов и проектных обликов информационных систем обеспечения космического эксперимента планируется на следующих этапах.

**2.5 Разработка алгоритма детектирования рыболовных судов в ночное время во всей акватории мирового океана по данным с панхроматического диапазона DNB мультиспектрального радиометра VIIRS, установленного на американском метеорологическом спутнике Suomi NPP. Алгоритм должен быть устойчив к помехам от лунной засветке облаков, полярного сияния, космических лучей, газовых факелов и электрических огней на морских нефтяных платформах и бликов в телескопе спутника.**

Разработан алгоритм детектирования рыболовных судов в ночное время во всей акватории мирового океана по данным с панхроматического диапазона DNB мультиспектрального радиометра VIIRS, установленного на американском метеорологическом спутнике Suomi NPP. Алгоритм устойчив к помехам от лунной засветке облаков, полярного сияния, космических лучей, газовых факелов и электрических огней на морских нефтяных платформах и бликов в телескопе спутника. Алгоритм позволяет работу в реальном времени на приемных станциях и был апробирован в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в Петропавловске-Камчатском. Получен патент на Программу для ЭВМ «SatelliteBoatDetector», предназначенную для автоматического определения и мониторинга бортовых судовых огней с использованием многоспектральных спутниковых данных, получаемых с ночной стороны Земли на станциях прямого приема.

**2.6 Разработка алгоритма оценки объемов сжигания попутного газа в 2012-2019 гг. по инфракрасным спектрам от газовых факелов на ночных снимках с мультиспектрального радиометра VIIRS, установленного на американском метеорологическом спутнике Suomi NPP.**

Алгоритм должен позволять работу с данными, полученными с планируемого с запуску в 2017 г. спутника JPSS-1, на котором будет установлен аналогичный радиометр. Калибровка метода будет осуществляться по данным консорциума CEDIGAZ. На основе этой калибровки получить оценки объемов сжигания попутного газа за 2012-2019 гг. по всем странам и по отдельным нефтяным месторождениям и нефтеперегонным заводам.

Разработан алгоритм оценки объемов сжигания попутного газа в 2012-2019 гг. с учетом данных по инфракрасным спектрам от газовых факелов на ночных снимках с мультиспектрального радиометра VIIRS. Алгоритм позволяет использовать данные с нового спутника JPSS-1 (NOAA-20).

Получен патент на Программу для ЭВМ «NocturnalSatelliteImageProcessor», предназначенная для автоматической поточной обработки и выделения источников видимого теплового излучения на мультиспектральных спутниковых данных, получаемых с ночной стороны Земли, в почти реальном времени на станциях прямого приема, а также для ретроспективного анализа сверхбольших архивов спутниковых изображений.

### **2.7 Разработка алгоритма детектирования вулканических извержений по инфракрасным спектрам от газовых факелов на ночных снимках с мультиспектрального радиометра VIIRS, установленного на американском метеорологическом спутнике Suomi NPP.**

Алгоритм должен позволять работу в реальном времени на приемных станциях, например в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в Петропавловске-Камчатском. Результатом работы алгоритма должны быть карты и временные ряды очагов вулканизма с оценкой их температуры, площади энергии и объемов выброса лавы. Откалибровать разработанный метод на извержениях Камчатки и сравнить результаты с существующим алгоритмом MODVOLC.

Разработан алгоритм детектирования вулканических извержений по инфракрасным спектрам от газовых факелов на ночных снимках с мультиспектрального радиометра VIIRS, установленного на американском метеорологическом спутниках Suomi NPP и JPSS-1 (NOAA-20). Алгоритм позволяет работу в реальном времени на приемных станциях и был апробирован в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в Петропавловске-Камчатском.

### **2.8 Теоретические исследования, связанные с применением квантовых нейронных сетей для перспективных квантовых бортовых систем искусственного интеллекта.**

В области квантовых систем искусственного интеллекта, перспективных для бортового применения, проводились следующие исследования:

Численно и аналитически исследовалась динамика квантовых состояний системы из трех квантовых точек, диполь-дипольно взаимодействующих между собой, и линейно взаимодействующих с общим фононным термостатом за пределами марковского

приближения. Рассмотрена простейшая модель вентиля NOT XOR на основе трех квантовых точек с диполь-дипольным взаимодействием и общим фононным термостатом. Теоретически исследовались методы охлаждения многокубитных систем в присутствии фононного термостата.

## **2.9 Теоретические исследования связанные с применением непрерывного вейвлет-преобразования для определения зависимости турбулентной вязкости от масштаба измерения и времени жизни когерентных структур в атмосфере.**

В области теории гидродинамической турбулентности проводились теоретические исследования, связанные с вычислением парного коррелятора поля скорости в многомасштабной ренормгрупповой модели турбулентности, построенной на основе непрерывного вейвлет преобразования. Проводился также статистический анализ данных компьютерного моделирования изотропной турбулентности (JHTD) на предмет сравнения этих данных с разработанной многомасштабной моделью.

## **2.10 Исследование возможностей применения космических данных для улучшения оценок риска для здоровья населения от загрязнения атмосферы. Разработка методики использования космических данных при оценке и управлении риском. Продолжение практических работ по оценке и управлению риском для здоровья населения в связи с загрязнением атмосферы от действующих и строящихся предприятий, а также от транспортных потоков в городах.**

Продолжены работы по развитию предложенной ранее (патент РФ № 2586405) методики использования корреляционных портретов космических многоспектральных и гиперспектральных данных («двойная корреляция») для уточнения классификации категорий наземных объектов, применяемых в модели рассеяния атмосферных промышленных загрязнений и при оценке риска для здоровья населения от этих загрязнений. Проведено сравнение используемой в отечественной практике модели рассеяния промышленных загрязнений (ОНД-86 и ее развитие) с активно используемой в зарубежной практике моделью AERMOD. Сравнение впервые проведено не на материале специальных экспериментов с изолированными источниками загрязнения, а на материале реальных крупных производственных комплексов – пятнадцати отечественных НПЗ. Продолжены практические работы по расчету загрязнения и оценке риска для ряда предприятий с выдачей рекомендаций по управлению риском.

**2.11 Продолжение разработки теоретических и алгоритмических основ применения теории оптимального управления к информационному циклу управления состоянием экологических объектов с использованием аэрокосмических данных, включая оптимизацию средств наблюдений. Тестирование такого цикла на компьютерных имитационных моделях с использованием реальных данных.**

Продолжено развитие ноосферного подхода к сочетанию природных экосистем и антропогенных индустриальных систем. Подход основан на применении теории оптимального управления к информационным циклам в природных и антропогенных системах. Начаты работы по сочетанию теории оптимального управления с активно развиваемым в последние годы эмергетическим подходом к эколого-экономическому моделированию. Такое сочетание позволяет включить в указанные модели информационные циклы наблюдения и управления загрязнением окружающей среды и вызванным им риском для здоровья населения.

**2.12 Развитие математического обеспечения для первичной и вторичной обработки прибора BMSW, входящего в состав эксперимента «Плазма-Ф».**

**Проведение систематической обработки и архивации данных.**

1. Продолжалась работы по разработке новых и модификации существующих программ для первичной обработки данных эксперимента BMSW, входящего в состав эксперимента "Плазма-Ф", полученных с помощью штатной телеметрической системы и через ВИРК.
2. Регулярно проводилась систематическая обработка полетных испытаний прибора BMSW, включая работы в Группе управления. Выполнена обработка данных для 795 сеансов связи.
3. Регулярно проводилась сверка бортового времени прибора BMSW и московского декретного времени. По полученным результатам проводилась привязка измерений к всемирному времени (UT).
4. Осуществлялся поиск больших возмущений в солнечном ветре, регистрируемых прибором BMSW.
5. Регулярно проводилась работа по определению уровней фототоков для детекторов прибора BMSW. Разработано новое математическое обеспечение (написаны три программы) для определения текущих уровней фототоков в сеансах, содержащих измерения гелия.
6. Результаты первичной обработки заносились в систему архивации и распределения данных приборов эксперимента "Плазма-Ф" на КА СПЕКТР-Р.

### **2.13 Разработка и исследование адаптивного статистического кодера низкой сложности для использования в алгоритмах сжатия изображений.**

Была разработана улучшенная однократная адаптивная модификация энтропийного кода Голомба (АКГ), ориентированная на использование в системах сжатия данных в качестве эффективной альтернативы коду Хаффмана и арифметическому кодированию, не требующая применения кодовых таблиц и вычислений с плавающей точкой. Улучшение в случае кодирования стационарного источника с известной статистикой было достигнуто за счёт использования разработанного совместно с В.Ф.Бабкиным и А.Г.Кривульцом метода подстановок, позволяющего сократить относительную избыточность кодирования высокоэнтропийных источников ( $1 < H < 0.6148$ ) с  $4 \cdot 10^{-2}$  до  $6 \cdot 10^{-3}$ . В случае нестационарного источника с неизвестной статистикой оценка параметра кодирования происходит по серии уже закодированных отсчётов, причём длина оценочной серии и значения весовых коэффициентов определяются в общем случае характером кодируемых данных. Тем не менее, на практике возможно использование статического подхода с однократно подобранными экспериментально весовыми коэффициентами. Была построена улучшенная статическая процедура оценки, в которой весовые коэффициенты остаются постоянными. Замена динамического хаффменовского и арифметического кодирования модифицированным АКГ в схеме сжатия JPEG продемонстрировала преимущества последней как по эффективности сжатия (главным образом за счёт гибкого адаптивного механизма), так и по скорости кодирования. Выигрыш от использования модифицированной схемы сжатия по сравнению с исходной (также построенной на основе АКГ) составил от 3 до 5%. В дальнейшем для оценки параметров кодирования представляется целесообразным использовать процедуру анализа контекстного окружения на основе нейросетевого подхода.

### **2.14 Обработка изображений линии горизонта в интересах решения навигационных задач.**

В связи с крайне низкой устойчивостью систем спутниковой навигации к искусственным помехам в настоящее время в развитых странах активно проводятся исследования по расширению числа источников навигационной информации. Линия горизонта используется в системах оптической навигации для оценки ориентации местной вертикали, что в сочетании со звездными датчиками, либо с результатами наблюдения Солнца, Луны или планет Солнечной системы позволяет определить текущие координаты.

Для накопления статистики положения линии горизонта (которая зависит не только от нестабильности атмосферной рефракции, но и в некоторых случаях от неоднородности и нестабильности содержания аэрозолей в атмосфере) продолжали круглосуточно функционировать три камеры, установленны на площадке телескопа Цейсс-1000 Института астрономии РАН, вблизи п. Симеиз на высоте 370 м над уровнем моря. Две камеры из трех оснащены ортогонально ориентированными поляризационными светофильтрами. Камеры управляются дистанционно по сети Internet.

За отчетный период выполнены следующие работы:

1. Накопление статистики изображений линии горизонта.
2. В декабре 2017 г. была произведена калибровка камер. Для этого они были направлены в зенит и произведена съемка звездного неба. Это позволило более точно получить требуемые параметры камер, поскольку звезды заполняли все поле зрения, и существенно уменьшилось влияние рефракции в атмосфере Земли.

3. Проведены работы по анализу стабильности ориентации камер.

Выявлены заметные колебания камер по углу места. Эти колебания имеют две компоненты. Первая компонента – короткопериодическая, обуславливается, по-видимому, температурными деформациями корпуса прибора вследствие неравномерного прогрева его Солнцем. Вторая компонента дрейфа меняется медленно, на протяжении нескольких месяцев. Причина этого дрейфа остается неясной. Стабильность ориентации проверялась по ориентиру – фрагменту изображения вышки электропередач – рис 1.



*Рисунок 2.14.1.*

Изображения линии горизонта на дневном (слева) и ночном (справа) снимке. Эллипсом отмечена часть изображения вышки электропередач, используемая в качестве ориентира при оценке стабильности положения камер.

Множество полученных изображений подвергалось сначала анализу специальной программой, которая выбраковывала снимки при наличии облаков или тумана в районе

горизонта, слишком темных снимков, а также снимков, в которых отдельные фрагменты линии горизонта были пересвечены. Затем снимки подвергались «ручному» отбору по тем же критериям. Измеренное положение горизонта корректировалось по результатам визирования ориентира (фрагмента вышки электропередач). Гистограмма положения линии горизонта в одной из десяти полос представлена на рис. 2.

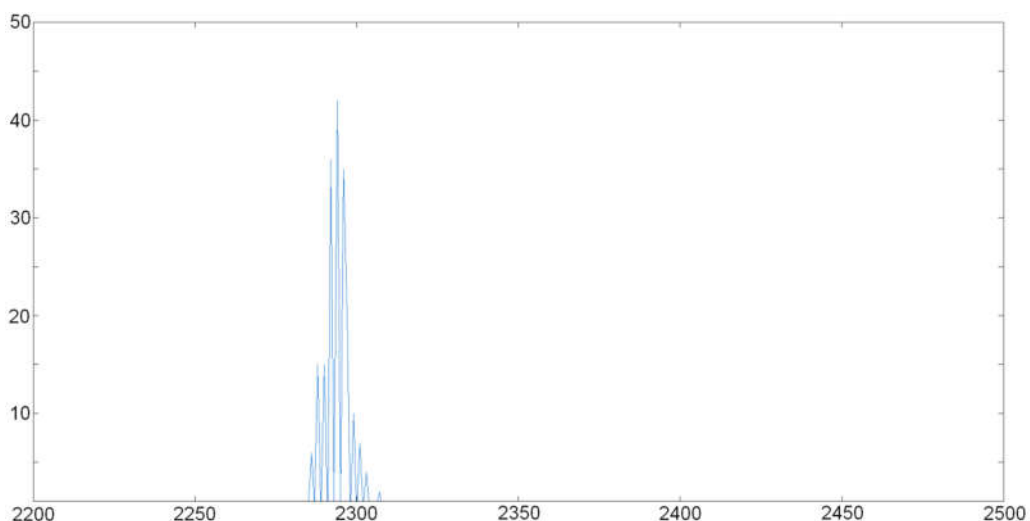


Рисунок 2.14.2.

Гистограмма положения линии горизонта по вертикали в одной из десяти полос анализа по азимуту. Зубчатый вид диаграммы обусловлен дискретностью оценки сдвига горизонта в 1 пиксел. По горизонтальной оси отложены пиксели.

Гистограмма показывает значительный интервал разброса положения линии горизонта по вертикали – порядка  $0,4^\circ$  (цена одного пиксела – порядка  $0,02^\circ$ ). Это очень большая величина. Такая ошибка оценки положения линии горизонта даст ошибку определения координат в 24 морские мили или в 44,45 км. Этот разброс обусловлен, по-видимому, нестабильностью рефракции воздуха над морской поверхностью на оптических трассах длиной порядка 72 км (с высоты 370 м над уровнем моря). Существенного снижения нестабильности оценки ориентации местной вертикали можно добиться при одновременном измерении положения линии горизонта по всем азимутам.

## 2.15 Разработка методов прецизионной астронавигации в пределах Солнечной системы. Сейфертовская галактика NGC 1275 (3C 84).

Получена тонкая и сверхтонкая тонкая структура объекта  $\lambda=7$  мм и  $\lambda=2$  см, в том числе в поляризованном свете, разрешением  $\leq 20 \mu\text{as}$ , более 50 эпох, период 1995-2017 гг. Предварительный анализ установил наличие трех активных зон – вихрей, рис 2.15.1. В начале рассматриваемого периода вещество поступает в северную зону №1 по двум рукавам с восточного и западного направлений и эжектируется в южном направлении в



виде пустотелой трубки – стенки которой наблюдаются в виде двух полосок. Большая масса и скорость поступающего вещества определяют диаметр эжектора  $\hat{O} \approx 0.15$  мсек. На расстоянии 1.5 мсек формируется вихрь зоны №2, ориентированный параллельно потоку, из которого эжектируются потоки диаметрами  $\hat{O}_{21} \approx 0.4$  и  $\hat{O}_{22} \approx 1.0$  мсек в западном направлении. На расстоянии 0.8 мсек расположен вихрь №3 и потоки  $\hat{O}_{31} \approx 0.25$  и  $\hat{O}_{32} \approx 0.8$  мсек, эжектируемые в северном направлении. По мере удаления активность зон. Структура практически повторяется на длине волны  $\lambda = 2$  см.

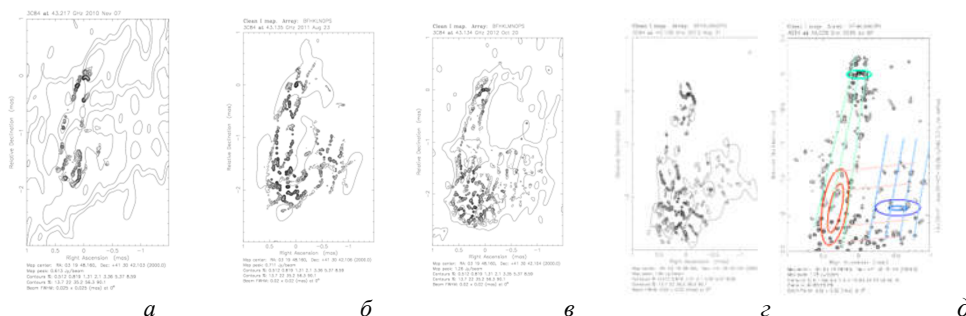


Рисунок 2.15.1.

Тонкая структура источника 3C 84, эпохи 2010-2014, разрешение  $\theta \leq 25$   $\mu$ ас,  $\lambda = 7$  мм (a-г); Вихри представлены в виде эллипсов –(д).

## 2.16 Разработка методов помехоустойчивого кодирования для гауссовских каналов связи с космическими аппаратами, реализуемых на ПЛИС. Подача заявок на патентование технических решений. Компьютерное моделирование методов кодирования.

Материалы для монографии по методам оптимизационной теории кодирования переданы в издательство "Горячая линия - Телеком". Книга напечатана тиражом 300 экз. Монография представлена на конкурс научных работ ИКИ РАН и попала в число призеров.

2. Получен патент на изобретение "Способ декодирования линейного каскадного кода" от 19.09.2018 г. Подана заявка на ещё один патент на изобретение по методам многопорогового декодирования в каналах с большим уровнем шума.

3. Разработаны методы ускорения набора статистики при моделировании алгоритмов МПД. Для ряда конкретных декодеров преимущество новых методов по скорости декодирования моделировавшихся алгоритмов составило 1.8. - 3,4 раза, что для алгоритмов такого типа составляет большую величину. Именно на эти методы и подана новая заявка, указанная выше в п.2.

Изданная в 2018 году под научной редакцией академика Н.А. Кузнецова монография В.В. Золотарёва "Теория кодирования как задача поиска глобального

экстремума" представила полное решение главной проблемы цифрового мира, сформулированной К. Шенноном: простое поддержание высокой достоверности передачи и хранения цифровых потоков в непосредственной близости к пропускной способности каналов связи. В ней изложены завершающие результаты по теме, представленные ранее в монографии по Оптимизационной Теории кодирования на английском языке, изданной Международным союзом электросвязи (МСЭ/ITU) в электронной форме: Zolotarev V.V., Zubarev Y.B., Ovechkin G.V. Optimization Coding Theory and Multithreshold Algorithms. Published in Switzerland by ITU, March 2016, 158 p. URL <http://www.itu.int/pub/S-GEN-OCTMA-2015>. В конце своей вводной статьи научный редактор монографии автора отчёта академик Н.А. Кузнецов написал: "2018 год является юбилейным для теории кодирования. 70 лет назад Клод Шеннон выдвинул проблему простого и эффективного декодирования перед наукой и техникой в своей замечательной статье "Математическая теория связи". Отрадно найти её успешное решение в юбилейном году в монографии российского учёного". Таким образом, в монографии автора отчёта текущего года полностью решена важнейшая прикладная задача теории помехоустойчивого кодирования, сформулированная 70 лет К. Шенноном. Российская научная школа стала абсолютным лидером в разработке цифровых методов передачи и хранения цифровых данных для нашей информационной цифровой цивилизации. Проблема помехоустойчивого кодирования российской научной школой ОТ полностью решена! Зарубежные работы в этой области какими-либо подобными же методами даже не начинались.

За 2018 год большие двуязычные сетевые порталы ИКИ РАН, [www.mtdbest.iki.rssi.ru](http://www.mtdbest.iki.rssi.ru) и РГРТУ [www.mtdbest.ru](http://www.mtdbest.ru) по теории кодирования, содержащие более 350 информационно-справочных и научно-методических блоков данных в каждом, развитием которых также руководит автор отчёта, посетили свыше 92 тыс. специалистов из более 80 стран мира, что подтверждает исключительно высокую оценку мировым научным сообществом тематики нового направления в кодировании на базе Оптимизационной Теории (ОТ) и новых парадигм помехоустойчивого кодирования, развиваемых автором отчёта и его научной школой. Сайт РГРТУ [www.mtdbest.ru](http://www.mtdbest.ru) обновлялся в 2018 году 3 раза.

**2.17 Исследование связи вариаций галактических космических лучей с интенсивностью тропических ураганов и циклонов. Статистический анализ связи уменьшения интенсивности потоков галактических космических лучей (Форбуш-**

## **эффект) с развитием ураганов в Атлантическом океане и тайфунов в Тихом океане в 2016-2017 гг.**

В исследованиях последних лет по проблеме глобальных изменений климата помимо антропогенных факторов большое внимание уделяется роли естественных причин в его формировании, одной из которых являются вариации галактических космических лучей. В частности, была установлена корреляционная связь вариаций потоков галактических космических лучей с облачным покровом Земли. Модуляция потоков галактических космических лучей солнечной активностью позволяет выделить различные временные периоды в погодных изменениях, начиная от 11-летнего цикла солнечной активности, и заканчивая кратковременными вариациями во время магнитных бурь – Форбуш-эффектом космических лучей. Повышение плотности плазмы солнечного ветра и межпланетного магнитного поля во время активных событий на Солнце приводит к рассеянию галактических космических лучей и понижению их потока, достигающего поверхности Земли, в особенности, в низких широтах. Кроме процессов нуклеации, связанных с образованием новых ионов в результате ионизации, и приводящих к образованию облаков, необходимо обратить внимание на термодинамику этого процесса. До настоящего времени роль космических лучей рассматривалась как фактор, модулирующий количество ядер нуклеации. При этом тепловые эффекты, связанные с присоединением молекул воды к ионам, не учитывались. Нами было показано, что в результате гидратации ионов и их роста до размеров ядер нуклеации выделяется скрытая теплота, и что эффективность этого процесса велика: при соответствующем уровне ионизации может повышаться температура воздуха. Следует рассматривать и обратный эффект: при понижении уровня ионизации температура воздуха должна понижаться. Такой эффект был обнаружен при развитии урагана 5-й категории Катрина, когда на уровне тропопаузы в результате Форбуш-эффекта температура понизилась почти на 9 градусов, что привело к резкому увеличению конвекции из-за увеличения разности температур между поверхностью океана и температурой тропопаузы, что в итоге привело к интенсификации урагана Катрина на стадии его зарождения. Корреляционная связь подтверждается данными статистических исследований для сильных ураганов в Атлантическом океане. Учитывая, что Форбуш-эффект возникает в результате развития геомагнитных бурь, возникает возможность прогнозирования возникновения ураганов на основе анализа геомагнитной активности и вариаций космических лучей.

Проанализирована динамика развития всех ураганов в Атлантическом океане и тайфунов в Тихом океане 4-й и 5-й категории за 2016-2017 гг. Уникальным оказался 2017 г., когда в Атлантическом океане развивалось по три урагана одновременно (рис. 2.17.1).

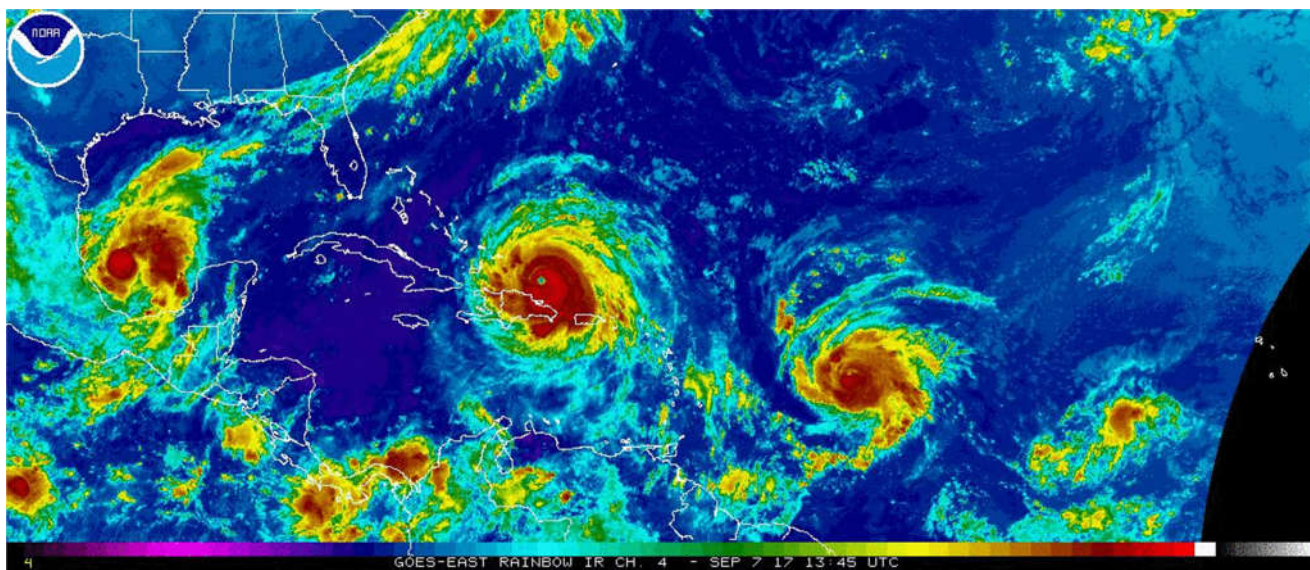


Рисунок 2.17.1.

Ураганы Irma, Jose и Katia в Атлантическом океане 7 сентября 2017 г.

Отличительной особенностью 2017 г. было то, что если в случае урагана Катрина было одно хорошо выраженное Форбуш-понижение, то в сентябре 2017 г. они следовали сериями, причем 7 сентября поток ГКЛ уменьшился на 9%, что само по себе уникальное событие, т.к. обычно понижения составляют 1-2%.

Усредненная зависимость соотношения времени развития Форбуш-понижения относительно момент резкого развития интенсивности урагана для ураганов 5-й категории показан на рис. 2.17.2.



Рисунок 2.17.2.

Как видно из рисунка, усиление урагана имеет место примерно через 2 суток после минимума Форбуш-понижения.

Была проведена оценка эффективности процесса ионизации как источника тепла в зависимости от скорости ионообразования, а также изменения температуры при уменьшении интенсивности ионизации. Была проанализирована корреляционная связь развития 6 ураганов в Атлантическом океане 13 тайфунов в Тихом океане 4-й и 5-й категории с Форбуш-понижениями ГКЛ, и во всех случаях во время интенсификации ураганов наблюдалось Форбуш-понижение.

К сожалению, не удалось найти прямых измерений вертикальных профилей температуры над ураганами с помощью метеозондов, как это было в случае урагана Катрина, а модельные данные усредняют картину и не дают реальных значений в заданной точке.

Обнаружен эффект серийной генерации ураганов, предположительно инициируемый сериями геомагнитных возмущений и соответствующими Форбуш-понижениями потоков ГКЛ. Практическую значимость имеет возможность оценки вероятности развития тропических депрессий в ураганы и тайфуны в результате краткосрочных вариаций потоков ГКЛ.

## **2.18 Разработка интерактивной системы визуализации движения марсохода на Web-ресурсах.**

В 2018 году проект претерпел значительные изменения. Был выполнен переход на новую систему 3-D визуализации (трёхмерный движок) на Web-ресурсах под названием Verge3D. Движок разработан в России компанией «Софт Эйт Софт».

Verge3D это движок нового поколения, предназначенный для создания онлайн конфигураторов, презентаций товаров, интернет-магазинов, а также обучающих приложений и игр. Verge3D успешно применяется NASA Jet Propulsion Laboratory для создания интерактивных веб-приложений Curiosity Rover 3D Interactive Tour и InSight Mars Lander.

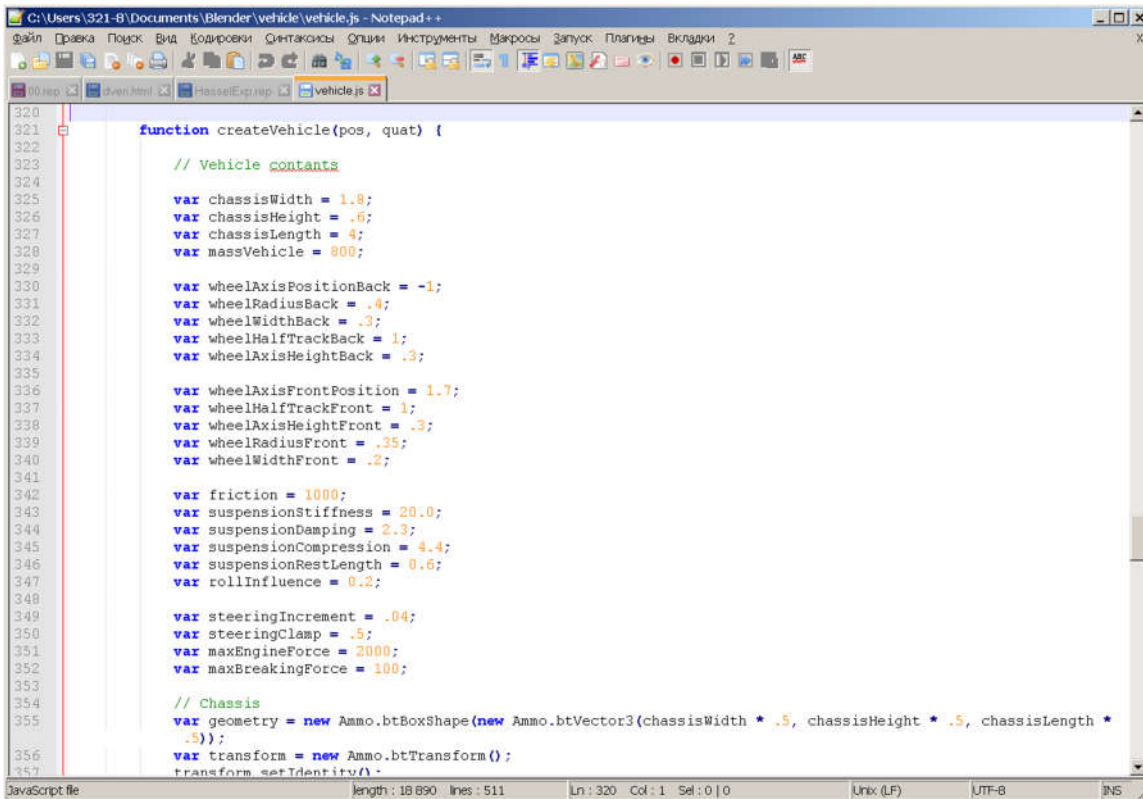
Движок работает в любых современных веб-браузерах без установки каких-либо дополнительных плагинов. Для создания контента может использоваться пакет 3D-моделирования 3ds Max или Blender, а также визуальный редактор логики Puzzles. Приложения могут быть развёрнуты на собственных веб-сайтах, в облачном сервисе Verge3D Network и в социальных сетях.

Verge3D основан на Three.js — легковесной кроссбраузерной библиотеке JavaScript, используемой для создания и отображения анимированной компьютерной 3D графики при разработке веб-приложений.

Основными требованиями к параметрам системы визуализации являются: максимально приближенная к реальной сцена, показывающая место нахождения объекта на Марсе, освещённость, тени. Также модель должна передавать механику взаимодействия ровера с поверхностью Марса с учетом гравитации, особенностей поверхности и т.д. Для создания модели марсианского ландшафта использовались данные высокого разрешения HIGH RESOLUTION IMAGING SCIENCE EXPERIMENT (HIRISE). Разрешение составляет 1 м на поверхности Марса. Данные высокого разрешения представлены в виде коллекции из 468 изображений отдельных участков поверхности Марса в растровом формате \*.IMG и импортируются в Blender при помощи специального модуля (add-on) импорта.

В соответствии с поставленными требованиями специалистами компании «Софт Эйт Софт» при участии сотрудников ИКИ РАН был разработан пилот-проектное интерактивное демонстрационное веб-приложение «Vehicle».

Небольшая часть исходного кода показана на рис 2.18.1. Здесь инициализируются переменные, отвечающие за физику шасси ровера. Смысл многих понятий по имени.



```
320
321 function createVehicle(pos, quat) {
322
323     // Vehicle constants
324
325     var chassisWidth = 1.8;
326     var chassisHeight = .6;
327     var chassisLength = 4;
328     var massVehicle = 800;
329
330     var wheelAxisPositionBack = -1;
331     var wheelRadiusBack = .4;
332     var wheelWidthBack = .3;
333     var wheelHalfTrackBack = 1;
334     var wheelAxisHeightBack = .3;
335
336     var wheelAxisFrontPosition = 1.7;
337     var wheelHalfTrackFront = 1;
338     var wheelAxisHeightFront = .3;
339     var wheelRadiusFront = .35;
340     var wheelWidthFront = .2;
341
342     var friction = 1000;
343     var suspensionStiffness = 20.0;
344     var suspensionDamping = 2.3;
345     var suspensionCompression = 4.4;
346     var suspensionRestLength = 0.6;
347     var rollInfluence = 0.2;
348
349     var steeringIncrement = .04;
350     var steeringClamp = .5;
351     var maxEngineForce = 2000;
352     var maxBreakingForce = 100;
353
354     // Chassis
355     var geometry = new Ammo.btBoxShape(new Ammo.btVector3(chassisWidth * .5, chassisHeight * .5, chassisLength *
356     .5));
357     var transform = new Ammo.btTransform();
358     transform.setIdentity();
```

Рисунок 2.18.1.



На рис. 2.18.2 показан экран работающего приложения. Виден реальный марсианский ландшафт и условная пока модель ровера.

Управление ровером осуществляется нажатием клавишей W – ускорение, S – замедление, A – поворот налево и D – поворот направо.

Приложение может быть загружено по ссылке:  
<https://cdn.soft8soft.com/AROAJSY2GOENMOFUVPIOE:f7f9328fcb/applications/vehicle1/vehicle.html>



*Рисунок 2.18.2.*

## Раздел 3 КОСМОС

### 3.1 Модернизация и развитие научной космической сети «КОСМОС»

Разработан оригинальный подход по оценке качества связности территориально распределенной компьютерной сети на основе анализа топологической базы данных в протоколе маршрутизации класса «состояние связей». На базе данного подхода реализован программный агент по анализу работоспособности каналов связи с использованием топологической базы протокола OSPF. Предложен и реализован механизм быстрой интеграции агента в действующие системы сетевого мониторинга. Разработанный агент позволяет существенно расширить возможности систем сетевого мониторинга с минимальными затратами на доработку и настройку системы мониторинга. Развертывание системы не требует дополнительных настроек сетевого оборудования, реализуя принцип работы «из коробки». Программный агент введен в опытную эксплуатацию в третьем квартале 2018г. в составе системы сетевого мониторинга ИКИ РАН для средств связи РКПНИ и ННК (проекта ЭкзоМарс). Готовится материал для публикации в рецензируемом издании.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2018 г. по теме «Управление: Исследования в области динамики сложных механических систем, проектирования орбит и построения математических моделей планирования космических экспериментов». По результатам этих исследований сотрудниками ИКИ РАН в 2018 г. было опубликовано 98 научных публикаций. Из них опубликовано:

- статьи в зарубежных изданиях - 15
- статьи в отечественных научных рецензируемых журналах - 20
- монография - 3
- статьи в сборниках материалов конференций - 23
- доклады, тезисы, циркуляры - 33
- препринты - 3
- патент - 1
- статьи в научно-популярных изданиях - 1
- публикации, подготовленные в соавторстве с зарубежными учёными – 10

### **Наиболее важные результаты, полученные по теме «Управление»:**

Индийский муссон: концепция критических элементов, прогноз начала и завершения

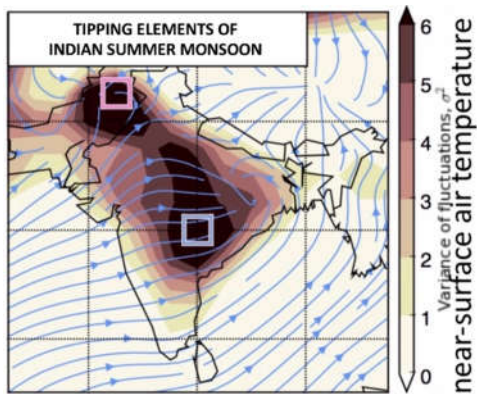
*(д.ф.-м.н., в.н.с. Е.Д.Суровяткина)*

В пространственной организации Индийского Муссона обнаружены регионы, в которых зарождаются критические условия для его возникновения. Сравнительный анализ данных внутри критических регионов позволяет определять даты наступления и завершения муссона в центральной части Индии за 40 дней и за 70 дней, соответственно. Тогда как Индийский Департамент Метеорологии дает прогноз начала Муссона только за 15 дней, и только для одного штата Керала на юге Индии, а прогноз завершения не производится вообще, предложенный долгосрочный прогноз начала и окончания Муссона является беспрецедентно ранним, уникальным и необходимым для Индии. Результат имеет фундаментальное значение, так как даты климатических сезонов в настоящее время не прогнозируются вообще, а только фиксируются метеорологическими службами постфактум.

Ретроспективные тесты за период 1964-2015 гг. показали успешный результат в 75% [1]. Тестирование прогноза будущих муссонов в 2016, 2017 и 2018 показало – все шесть прогнозов начала и завершения муссона оказались успешными [2].

[1] Stolbova, V., E. Surovyatkina, B. Bookhagen, and J. Kurths. Tipping elements of the Indian monsoon: Prediction of onset and withdrawal. *Geophys. Res. Lett.*, 43, 1–9, 2016, doi:10.1002/2016GL068392

[2] <https://www.pik-potsdam.de/services/infodesk/forecasting-indian-monsoon>



Критические Элементы Индийского Муссона, полученные в результате анализа флуктуаций приповерхностной температуры.

По результатам работ за 2018 год приняты в печать следующие статьи:

1. Vishnu R. Unni, Syam Kumar K. S., E. A. Gopalakrishnan, E. Surovyatkina, Ju. Kurths & R. I. Sujith. Noise effect on critical power at slow passage to thermoacoustic instability. Submitted to Chaos, 2018.
2. K.S. Suchithra, E.A.Gopalakrishnan, and Elena Surovyatkina. Two critical points in transition to instability in in power systems. Submitted to Chaos, 2018.
3. Krishna Manoj, Samadhan A. Pawar, Suraj Dange, Sirshendu Mondal, R. I. Sujith, Elena Surovyatkina, Jurgen Kurths. The route to chaotic synchronization in four candle-flame oscillators. Submitted to Scientific Reports, 2018

В заключение отметим, что работы по теме «Управление» проводились в соответствии с утвержденным планом и полностью выполнены.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Публикации по теме *УПРАВЛЕНИЕ*

#### Статьи в зарубежных изданиях

1. A. Kovaleva. Resonance-induced energy localization in a weakly dissipative nonlinear chain. *Physical Review E*, vol. 98, 012205 (1-10), 2018. ( **IF 2.284, Q1**)
2. A. Kovaleva. Autoresonance in a strongly nonlinear chain driven at one end *Physical Review E*, vol. 102, 002200 (1-8). ( **IF 2.284, Q1**)
3. M.V.Altaisky, M.Hnatich and N.E.Kaputkina. Renormalization of viscosity in wavelet-based model of turbulence. *Physical Review E* 98 (2018) 033116, <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.98.033116> ( **IF 2.284, Q1**)
4. Kovalenko, I. D.; Eismont, N. A. Lunar Gravity-Assist Maneuver As a Way of Reducing the Orbit Amplitude in the Spectrum-Rontgen-Gamma Project, *Astronomy Letters-a Journal of Astronomy and Space Astrophysics* Volume: 44 Issue: 4 Pages: 289-295 Published: APR 2018 DOI: 10.1134/S1063773718040059 (IF 1.160, **Q4**)
5. Kovalenko, I.D.; Shustov, B.M.; Eismont, N.A. Trajectory design for the System of Observation of Daytime Asteroids *Acta Astronautica* Volume: 148 Pages: 205-209 Published: 2018 DOI: 10.1016/j.actaastro.2018.05.007 ( **IF 2.227, Q1**)
6. Grishin V. A., Maslov I. A. (2018) Horizon Line Stability Observations over the Sea // *The Journal of Navigation*. Print publication: March 2018, Volume 71, Issue 2, pp. 437-453. <https://doi.org/10.1017/S0373463317000650> ( **IF 1.58, Q2 SJR**)
7. Christopher D. Elvidge, Mikhail Zhizhin, Kimberly E. Baugh, Hung Quang Bui et al. Rating the Effectiveness of Fishery Closures With Visible Infrared Imaging Radiometer Suite Boat Detection Data. April 2018, *Frontiers in Marine Science* 5:132 <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00132> (IF -, **Q1 SJR**)
8. Christopher D.Elvidge, Morgan D.Bazilian, Mikhail Zhizhin, Tilottama Ghosh, KimberlyBaugh, Feng-Chi Hsu. The potential role of natural gas flaring in meeting greenhouse gas mitigation targets. *Energy Strategy Reviews*, Volume 20, April 2018, Pages 156-162 (IF 2.164, **Q3**)
9. Dimitar Ouzounov, Sergey Pulinets, Katsumi Hattori, Patrick Taylor, Pre-Earthquake Processes: A Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction Studies, American Geophysical Union, Book Series: [Geophysical Monograph Series](#), No 234, AGU/Wiley, 2018, 384 p., DOI:10.1002/9781119156949 (RG\_IF 0.71, **Q4 SJR**)
10. Sergey Pulinets, Dimitar Ouzounov, Alexander Karelin, and Dmitry Davidenko, Lithosphere–Atmosphere–Ionosphere–Magnetosphere Coupling — A Concept for Pre-

- Earthquake Signals Generation in Pre-Earthquake Processes: A Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction Studies, American Geophysical Union, Book Series: [Geophysical Monograph Series](#), Vol. 236, AGU/Wiley, 2018, p. 77-98, [doi.org/10.1002/9781119156949.ch6](https://doi.org/10.1002/9781119156949.ch6) (RG\_IF 0.71, **Q4** SJR)
11. Dimitar Ouzounov, Sergey Pulinets, Menas C. Kafatos, and Patrick Taylor, Thermal Radiation Anomalies Associated with Major Earthquakes, in: Pre-Earthquake Processes: A Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction Studies, American Geophysical Union, Book Series: [Geophysical Monograph Series](#), Vol. 234, AGU/Wiley, 2018, p. 259-274, [doi.org/10.1002/9781119156949.ch15](https://doi.org/10.1002/9781119156949.ch15) (RG\_IF 0.71, **Q4** SJR)
  12. Dimitar Ouzounov, Sergey Pulinets, Jann-Yenq (Tiger) Liu, Katsumi Hattori, and Peng Han, Multiparameter Assessment of Pre-Earthquake Atmospheric Signals, in: Pre-Earthquake Processes: A Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction Studies, American Geophysical Union, Book Series: [Geophysical Monograph Series](#), Vol. 234, AGU/Wiley, 2018, p. 339-359, [doi.org/10.1002/9781119156949.ch20](https://doi.org/10.1002/9781119156949.ch20) (RG\_IF 0.71, **Q4** SJR)
  13. Pulinets S. A., A. D. Legen'ka, V. V. Hegai, V. P. Kim, and L. P. Korsunova, Ionosphere Disturbances Preceding Earthquakes According to the Data of Ground based Station of the Vertical Ionospheric Sounding Wakkanai, *Geomagnetism and Aeronomy*, 2018, Vol. 58, No. 5, pp. 686–692, [doi.org/10.1134/S0016793218050110](https://doi.org/10.1134/S0016793218050110) (IF 0,555 **Q4**)
  14. Pulinets S.A., Davidenko D.V., (2018) The Nocturnal Positive Ionospheric Anomaly of Electron Density as a Short-Term Earthquake Precursor and the Possible Physical Mechanism of its Formation, *Geomagnetism and Aeronomy*, 58, 559-570, [doi.org/10.1134/S0016793218040126](https://doi.org/10.1134/S0016793218040126) (IF 0,555 **Q4**)
  15. Aksenov S.A., Bober S.A. Calculation and Study of Limited Orbits around the L2 Libration Point of the Sun–Earth System // *Cosmic Research*. 2018. Vol. 56. No. 2. P. 144-150 (IF 0,444 **Q4**)

#### **Статьи в отечественных научных рецензируемых журналах**

16. M.V.Altaisky, N.E.Kaputkina and V.A.Krylov. Symmetry and Decoherence-Free Subspaces in Quantum Neural Networks. *Physics of Atomic Nuclei* 81(6) (2018), 758-764, DOI:10.1134/S1063778818060030 (**IF 0.524, Q3 SJC**)
17. M.V.Altaisky, Wavelets and Renormalization Group in Quantum Field Theory Problems. *Physics of Atomic Nuclei* 81(6)(2018) 752-757, DOI : 10.1134/S1063778818060029 (**IF 0.524, Q3 SJC**)

18. B. Balter, D. Balter, V. Egorov, M. Stalnaya, M. Faminskaya. Landsat Land Use Classification for Assessing Health Risk from Industrial Air Pollution. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics/ Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2018. V. 9. № 54. (Импакт-фактор РИНЦ 2017 0.894) (IF 0.457 **Q4**)
19. Balter B., Faminskaya M. NOOSPHERE AS OPTIMAL CONTROL. PART 2. REFLECTIVE NOOSPHERE. *Philosophy and Cosmology*. 2018. V. 20. pp. 54-73. (Импакт-фактор РИНЦ 2017, 0,181).
20. Авалиани С.Л., Балтер Б.М., Балтер Д.Б., Егоров В.В., Ревич Б.А., Стальная М.В., Фаминская М.В. РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИЙ И ОСТРЫХ РИСКОВ, СВЯЗАННЫХ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОЗДУХА НПЗ, ПО ПДВ И ПО МОДЕЛИ РАССЕЙЯНИЯ AERMOD: СРАВНЕНИЕ ПО КЛЮЧЕВЫМ ТОЧКАМ И ИСТОЧНИКАМ. *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2018. № 3. С. 24-31. (Импакт-фактор РИНЦ 2017 0,957).
21. Авалиани С.Л., Балтер Б.М., Балтер Д.Б., Егоров В.В., Ревич Б.А., Стальная М.В., Фаминская М.В. РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИЙ И ОСТРЫХ РИСКОВ, СВЯЗАННЫХ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОЗДУХА НПЗ, ПО ПДВ И ПО МОДЕЛИ РАССЕЙЯНИЯ AERMOD: СРАВНЕНИЕ ПО КАРТАМ КОНЦЕНТРАЦИЙ. *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2018. № 4. С. 21-29. (Импакт-фактор РИНЦ 2017 0,957).
22. А.Н.Виноградов, Д.С.Демидова, В.В.Егоров, А.А.Ильин, А.П.Калинин, А.И. Родионов, И.Д.Родионов, И.П.Родионова. Возможности дистанционного мониторинга объектов земной поверхности с помощью гиперспектрального комплекса в диапазоне длин волн 400 -1700 нм //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т . 15. № 3. С. 21-28. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-3-21-28. (IF РИНЦ 2017 0.821, **Q3** SJR)
23. М.Н. Жижин, А.А. Пойда, Е.О. Тютляева, В.В. Коноплев, К. Элвидж. Мониторинг ночных судовых огней по данным VIIRS. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2018. Т. 15. № 1. С. 101-119. (IF РИНЦ 2017 0.821, **Q3** SJR)
24. Д.В. Мельников, М.Н. Жижин, Г.М. Трифионов, А.А. Пойда. Динамика извержения вулкана Сноу (о. Чирпой, Курильские острова) в 2012–2017 гг.: результаты применения алгоритма VIIRS Nightfire. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2018. Т. 15. №3. С. 69–79 (IF РИНЦ 2017 0.821, **Q3** SJR)
25. А.И.Баскаков, В.В.Егоров, В.А.Мельников, М.С.Михайлов, В.А.Телегин. Спутниковая альтиметрия океана: состояние и проблемы//*Морские*

- информационно-управляющие системы. 2018. № 1(13). С. 26-35. (Импакт фактор РИНЦ 2017 0,620).
26. В.В. Золотарёв, Г.В. Овечкин. Дивергентное каскадное многопороговое декодирование свёрточных кодов. "Радиотехника", 2018, №5, с.23-29.
  27. Прохоренко В.И. О динамических основах теории Лидова–Козаи // Письма в Астрон. журн. 2018, том 44, №1, с. 52-70. (IF 1.160, Q4)
  28. И. Д. Коваленко, Н. А. Эйсмонт. Гравитационный маневр у Луны как способ уменьшения амплитуды в проекте Спектр-Рентген-Гамма. Письма в Астрономический Журнал. 2018, том 44, №4, стр.307-314. (IF 1.160, Q4)
  29. Л.В. Засова, Д.А. Горинов, Н.А. Эйсмонт, И.Д. Коваленко, А.С.Аббакумов, С.А. Бобер. «Венера-Д» - проект автоматической станции для исследования Венеры. Вестник НПО им. С.А.Лавочкина. 2018, №13/41 стр.13-17.
  30. Н.А. Эйсмонт, Л.В. Засова, А.В. Симонов, И.Д. Коваленко, Д.А. Горинов, А.С. Аббакумов, С.А. Бобер. Сценарий и траектория миссии «Венера-Д». Вестник НПО им. С.А.Лавочкина. 2018, №14/42, стр.
  31. В. В. Ивашкин, Р. Р. Назиров, Н. А. Эйсмонт. Механика космического полёта от первого витка Ю.А. Гагарина до управляемого движения естественных небесных тел. Сб. Динамика космического полёта, теоретическая механика, управление движением. 2018, стр. 238-249.
  32. Пулинец С.А., Легенька А.Д., Хегай В.П., Ким В.П., Корсунова Л.П., Возмущения ионосферы, предшествующие землетрясениям, по данным наземной станции вертикального зондирования ионосферы Wakkanai, Геомагнетизм и Аэрономия, том 58, № 5, с. 713–719, 2018, DOI: 10.1134/S0016794018050127
  33. Пулинец С.А., Давиденко Д.В., Положительная ночная аномалия электронной концентрации в ионосфере как краткосрочный предвестник землетрясений и возможный физический механизм ее формирования, Геомагнетизм и Аэрономия, том 58, № 4, с. 579–591, 2018, DOI: 10.1134/S0016794018040120
  34. Аксенов С.А., Бобер С.А. Расчет и исследование ограниченных орбит вокруг точки либрации I2 системы солнце-земля, Космические исследования, 2018, №2, стр. 160-167. (IF 0,444, Q4)
  35. Полякова Т.В., Харах Я. Н., Арутюнов С.Д. Основы геометрического моделирования несъемных временных зубных протезов-прототипов // Российский журнал биомеханики. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2018. Т. 22, № 1: 101–108. Q4 SJC  
<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100776473&tip=sid&clean=0>

### **Монографии, учебники**

36. М.В.Фаминская, Б.М.Балтер. Теоретико-методологические основы проектирования энергетических моделей природных, социальных, экономических процессов с учетом риска для здоровья населения и информационных циклов управления этими процессами. «Теоретические и практические проблемы ноосферогенеза в условиях информатизации и глобализации современного общества: коллективная монография». М.: Издательство РГСУ, 2018, с. 5 - 250.
37. В.В. Золотарёв "Теория кодирования как задача поиска глобального экстремума", М., "Горячая линия - Телеком", 2018, 222 с.
38. Zhizhin M. «Performance and Energy Analysis of Nighttime Satellite Image Archive Processing Module: 1 2th International Conference, PCT 2018, Rostov-on-Don, Russia, April 2–6, 2018. Глава в книге Parallel Computational Technologies, DOI: 10.1007/978-3-319-99673-8\_8

### **Статьи в сборниках материалов конференций**

39. Irina Kovalenko; Natan Eysmont Final manoeuvre from highly elliptical orbit towards Lagrangian points, Conference: 15th International Conference on Space Operations Year: 2018, (AIAA 2018-2673), DOI: 10.2514/6.2018-2673
40. М.В.Алтайский, Н.Н.Зольникова, Н.Е.Капуткина, В.А. Крылов. Квантовые нейронные сети: перспективы и реализация. Труды XX международной конференции “Нейроинформатика 2018”, часть 2. стр. 45-54, МИФИ, 2018. ISBN 978-5-7262-2503-6, 8-12 октября, г.Москва, Нейроинформатика 2018 <http://neuroinfo.ru/index.php/en/>
41. Никитина Н.И., Балтер Б.М., Фаминская М.В., Падылин Н.Ю. ЭМЕРГЕТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И РИСКА ЗДОРОВЬЮ. В сборнике: Актуальные направления научных исследований: перспективы развития. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. 2018. С. 49-52. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29664795>
42. Балтер Б.М., Фаминская М.В., Никитина Н.И., Падылин Н.Ю. НАКОПЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В МНОГОУРОВНЕВЫХ МОДЕЛЯХ И РЕФЛЕКСИЯ. В сборнике: Трансформация мирового научно-технического знания. Сборник научных трудов по материалам VI Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Е.П. Ткачевой. 2018. С. 62-65. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29664795>



43. Балтер Б.М., Фаминская М.В., Никитина Н.И., Падылин Н.Ю. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ. В сборнике: Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы. Сборник статей VI Международной научно-практической конференции. 2018. С. 214-216. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29664795>
44. Балтер Б.М., Фаминская М.В., Никитина Н.И., Падылин Н.Ю. ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАК ЯЗЫК ДЛЯ НООСФЕРЫ. В сборнике: Инновационные исследования: проблемы внедрения результатов и направления развития. Сборник статей VI Международной научно-практической конференции. 2018. С. 299-303. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29664795>
45. Никитина Н.И., Балтер Б.М., Фаминская М.В., Падылин Н.Ю. ДЕКОНСТРУКЦИЯ ПОДХОДА LCA: ПЕРЕНОС КОЭФФИЦИЕНТОВ НА ЛОКАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ. В сборнике: Научные исследования: векторы развития. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Редколлегия: О.Н. Широков [и др.]. 2018. С. 24-29. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29664795>
46. В.В. Золотарёв, Г.В. Овечкин. Дивергентное мультикаскадное кодирование в гауссовских каналах вблизи границы Шеннона. - 20-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA-2018», Москва, Россия, Доклады. Выпуск XIX; Том 1. – М.: РНТОРЭС им. А.С.Попова, 2018, с.71-76.
47. Elena Surovyatkina and Jurgen Kurths. From Critical Fluctuations to Prediction of Indian Summer Monsoon. European Geosciences Union General Assembly 2018, Vienna, Austria, 8–13 April 2018, Geophysical Research Abstracts Vol. 20, EGU2018-9521, 2018 EGU General Assembly 2018. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2018/EGU2018-9521.pdf>
48. Elena Surovyatkina. Critical Fluctuations for Prediction of Monsoon Timing: Observational Evidence. The 40th PIERS in Toyama, Progress In Electromagnetics Research Symposium, Toyama, 1 - 4 August 2018, JAPAN. <https://www.piers.org/piers2018Toyama/programfinal.php>
49. Суровяткина Е. Д. Индийский муссон: концепция критических элементов, прогноз начала и завершения. Шестнадцатая Всероссийская открытая конференция Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 12-16 ноября 2018, ИКИ РАН, Москва, [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=153&thesis=7361](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=153&thesis=7361)



50. *Ковалева А.С.* Авторезонанс в связанных осцилляторах с медленно убывающей жёсткостью // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 7–18. DOI: 10.21046/aspects-2018-7-18.
51. *Гришин В.А.* Классическая теория управления и методы искусственного интеллекта. Проклятие размерностей // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 19–26. DOI: 10.21046/aspects-2018-19-26.
52. *Алтайский М.В., Зольникова Н.Н.* Квантовые системы искусственного интеллекта // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 27–52. DOI: 10.21046/aspects-2018-27-52.
53. *Суровяткина Е.Д.* Индийский муссон: концепция критических элементов, прогноз начала и завершения // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 53–64. DOI: 10.21046/aspects-2018-53-64.
54. *Прохоренко В.И.* Об орбитальных торах во вращающихся системах координат // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 65–81. DOI: 10.21046/aspects-2018-65-81.
55. *Золотарёв В.В., Овечкин Г.В., Назиров Р.Р.* О передаче Оптимизационной Теории лидерства от прикладной классической теории помехоустойчивого кодирования // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 82–90. DOI: 10.21046/aspects-2018-82-90.
56. *Балтер Б.М., Балтер Д.Б., Егоров В.В., Стальная М.В., Фаминская М.В.* Программный комплекс «Геодиалог»: модель экологического управления // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 91–98. DOI: 10.21046/aspects-2018-91-98.
57. *Кузнецов Н.А., Золотарёв В.В., Овечкин Г.В., Назиров Р.Р., Аверин С.В.* Многопороговые алгоритмы на базе оптимизационной теории вблизи границы Шеннона // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 99–120. DOI: 10.21046/aspects-2018-99-120.
58. *Маслов И.А., Гришин В.А., Николенко И.В.* Аппаратура для исследования положения линии морского горизонта в видимой области спектра с использованием поляризационных светофильтров // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 121–130. DOI: 10.21046/aspects-2018-121-130.

59. *Ивашкин В.В., Назиров Р.Р., Эйсмонт Н.А.* Динамика космического полёта, теоретическая механика, управление движением // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 131–142. DOI: 10.21046/aspects-2018-131-142.
60. *Аксенов С.А., Бобер С.А.* Управление движением космического аппарата на гало-орбите при наличии ограничений на направления корректирующих манёвров // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 166–174. DOI: 10.21046/aspects-2018-166-174.
61. *Крючков С.В., Маслов И.А., Николенко И.В., Угольников О.С.* Комплекс управления телескопом Zeiss-1000 с возможностью проведения наблюдений в режиме удалённого доступа // Некоторые аспекты современных проблем механики и информатики: сб. науч. ст. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 188–192. DOI: 10.21046/aspects-2018-188-192.

#### **Доклады, тезисы, циркуляры**

62. A. Kovaleva. Energy transport and localization in weakly dissipative resonant chains. In: Book of abstracts of the IUTAM Symposium on Exploiting Nonlinear Dynamics for Engineering Systems, Novi Sad, 15 - 19 July, 2018. I. Kovacic, S. Lenci (Eds.). Novi Sad : Faculty of Technical Sciences, 2018. ISBN 978-86-6022062-4.
63. M.V.Altaisky, N.E. Kaputkina, and V.A.Krylov, Simulation of 3 quantum dot network dynamics. IEEE, 4-8 июня, г. Санкт-Петербург Days on Diffraction, 2018, [www.pdmi.ras.ru/~dd/](http://www.pdmi.ras.ru/~dd/)
64. Капуткина Н.Е., Алтайский М.В. Квантовые точки и квантовые вычисления. Стр.38-39, Тезисы докладов, ФИАН, Москва, 2018, ISBN 978-5-902622-38-3, 14 -23 сентября, г.Сочи, XVII Международная школа-конференция “Проблемы физики твердого тела и высоких давлений” <http://school.lpi.ru/>
65. Б.М. Балтер, В.В. Егоров, В.А. Котцов, М.В. Фаминская. Распознавание категорий наземных объектов на основе корреляционных портретов: применение в модели рассеяния атмосферных загрязнений. Шестнадцатая Всероссийская Открытая конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)». Тезисы докладов. 12 - 16 ноября 2018 г. Москва. Программа Конференции (см сайт [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/))

66. А.Н.Виноградов, В.В.Егоров, А.П.Калинин, А.И.Родионов, И.Д.Родионов, И.П.Родионова. Бортовой авиационный узкоугольный гиперспектрометр видимого и ближнего инфракрасного диапазона, работающий в режиме перенацеливания Шестнадцатая Всероссийская Открытая конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)». Тезисы докладов. 12 - 16 ноября 2018 г. Москва. Программа Конференции (см сайт [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/)).
67. Виноградов А.Н., Егоров В.В., Калинин А.П., Родионов А.И. , Родионов И.Д. Техническое зрение на основе оптоэлектронных сенсоров (на примере УФ-С приборов и гиперспектрометров) Научно-техническая конференция «Техническое зрение в системах управления - 2018». Тезисы докладов. Москва. 2018. С. 37-38. <http://tvcs2018.technicalvision.ru/>
68. Виноградов А.Н., Егоров В.В., Калинин А.П., Родионов А.И. , Родионов И.Д. Бортовой гиперспектральный комплекс диапазона 400-1700 нм: повышение распознаваемости объектов земной поверхности Научно-техническая конференция «Техническое зрение в системах управления - 2018». Тезисы докладов. Москва. 2018. С. 35-36. <http://tvcs2018.technicalvision.ru/>
69. M.V.Altaisky, Wavelet view on exact renormalization group. Доклад. 9 – 13 июля, г.Париж, Exact Renormalization Group 2018 <https://erg2018.sciencesconf.org/>
70. Прохоренко В.И. Об опыте выбора орбит для космических экспериментов, исходя из задач проектов и на основе динамики ограниченной задачи трёх тел // Международная конференция Грингауз-100 Плазма в Солнечной системе, Институт космических исследований РАН, 13 – 15 июня 2018.
71. Прохоренко В. И. Орбитальные торы в трёхмерном пространстве и во времени // X Всероссийская конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики», посвященная 50-летию НИИ ПММ ТГУ и 140-летию ТГУ», 3 – 5 сентября 2018.
72. Sergey Aksenov, Stanislav Bober, Konstantin Fedyaev. Mapping of the initial conditions for calculation of quasi-periodic orbits around the collinear Lagrangian point (IAA-AAS-SciTech-127), IAA SciTech Forum on Space Flight Mechanics and Space Structures and Materials, November 13-15, 2018, Moscow, Russia. <http://scitechforum.iaaweb.org>
73. Книжный И.М. Разработка и исследование адаптивного статистического кодера низкой сложности для использования в алгоритмах сжатия изображений. Тезисы

- конференции «Техническое зрение в системах управления – 2018», Москва, ИКИ РАН, 13-15 марта 2018 г. <http://tvcs2018.technicalvision.ru/docs/Tezis-2018.pdf>
74. Матвеев А. М., Жижин М.Н., Пойда А.А. «Алгоритм мониторинга сжигания попутного нефтяного газа VIIRS Nightfire». Доклад на XVI всероссийской конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса" (2018)
75. Пулинец С.А., Космические, планетарные и антропогенные источники глобальных изменений климата, возможности их мониторинга и прогноза, Академия Гражданской Защиты МЧС, круглый стол «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций, обусловленных глобальными климатическими изменениями», 17 мая 2018 г.
76. Пулинец С.А., Основные механизмы взаимодействия геосфер, VI Международная конференция «Атмосфера, ионосфера, безопасность», Калининград, 3-9 июня 2018г.
77. Pulinets S.A., Intergospheres interaction as a source of earthquake precursor's generation, EMSEV 2018 International Workshop, Potenza, Italy, September 17-21, 2018
78. Sergey Aksenov, Stanislav Bober, Konstantin Fedyaev, Mapping of the initial conditions for calculation of quasi-periodic orbits around the collinear Lagrangian point. IAA SciTech Forum on Space Flight Mechanics and Space Structures and Materials, November 13-15, 2018, Moscow, Russia. Программа: <http://scitechforum.iaaweb.org/?q=ipc> Доклад: (IAA-AAS-SciTech-127)
79. Аксенов С.А., Бобер С.А., Управление движением космического аппарата на гало-орбите при наличии ограничений на направления корректирующих маневров. Расширенный научный семинар «Управление движением естественных небесных тел», Россия, г.Таруса (Калужская обл.), 21–23 марта, 2018
80. Бобер С.А., Аксенов С.А., Исследование возможностей безимпульсного перелета с гало-орбит вокруг точки L2 на орбиты вокруг точки L1 системы Солнце-Земля. Расширенный научный семинар «Управление движением естественных небесных тел», Россия, г.Таруса (Калужская обл.), 21–23 марта, 2018
81. Elena Surovyatkina. From Critical Fluctuations to Prediction of Indian Summer Monsoon. *European Geosciences Union General Assembly 2018*, Vienna, Austria, 8–13 April 2018, <https://www.egu2018.eu/>

82. Elena Surovyatkina. Prediction of Indian summer monsoon: from Complex Network to Tipping elements approach, ICTS, Bangalore, India, 26<sup>th</sup> June, 2018 , <https://www.icts.res.in/sites/default/files/dcs2018-2018-06-26-Elena-Surovyatkina.pdf>
83. Elena Surovyatkina. Critical Fluctuations for Prediction of Monsoon Tipping: Observational Evidence. *The 40th PIERS in Toyama, Progress In Electromagnetics Research Symposium*, Toyama, 1 - 4 August 2018, JAPAN, <https://www.piers.org/piers2018Toyama/files/programfinal.pdf>
84. Elena Surovyatkina Monsoon Forecast for Central India: Evidence from Observations. *Conference on Nonlinear Systems and Dynamics*, New Delhi, India, 11-14 October 2018. *Invited talk* <http://cnsd.in/speakers.html>
85. Elena Surovyatkina. Tipping Elements Approach for Forecasting Monsoon in Central India: Results 2016 – 2018. *TROPMET 2018*, India, 22-24 October 2018. *Invited talk* <http://imetsociety.org/plenary-talks-tropmet-2018/>
86. Elena Surovyatkina. Monsoon Forecast Under Climate Change, *Indian Meteorological Society*. Delhi, India, 22<sup>th</sup> June, 2018, Invited lecture <http://imetsociety.org/lecture-by-prof-elena-surovyatkina/>
87. Elena Surovyatkina. Predicting onset and withdrawal of Indian Summer Monsoon: Observational evidence for results of Tipping elements approach. *Indian Meteorological Society*. Pune, India, 12th January, 2018. Invited lecture [http://imetsociety.org/wp-content/pdf/vayumandal/2018441/2018441\\_11.pdf](http://imetsociety.org/wp-content/pdf/vayumandal/2018441/2018441_11.pdf)
88. Elena Surovyatkina. Predicting onset and withdrawal of Indian Summer Monsoon: observational evidence for results of Tipping elements approach. Indian Institute of Science Education and Research, Pune, India, Jan 13, 2018. <http://www.iiserpune.ac.in/colloquia-seminars/873>
89. Elena Surovyatkina. How to predict the upcoming spatially organized critical transition? Workshop on Data-Driven Modelling 2018, Amrita University Coimbatore, 8th Jan, 2018, <https://www.amrita.edu/event/workshop-data-driven-modelling>
90. Elena Surovyatkina. Monsoon Forecast under Climate Change. Science Circle Lecture. Lecture at the German Embassy on 16th October 2018, Invited Lecture, <http://www.dwih.in/content/science-circle-lecture-monsoon-forecast-under-climate-change>, <https://india.diplo.de/in-en/aktuelles/-/2149604>
91. Суровяткина Е. Д. Индийский муссон: концепция критических элементов, прогноз начала и завершения. Шестнадцатая Всероссийская открытая конференция Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 12-16

ноября 2018, ИКИ РАН, Москва,  
[http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=153&thesis=7361](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=153&thesis=7361)

92. В.Н. Назаров, В.В. Коноплев, А.А. Петрукович. Координация российско-китайского сотрудничества в рамках создания совместного Центра данных по исследованию Луны и дальнего космоса. «Исследования дальнего космоса». Пятое Российско-Китайское ЭКСПО 9-12 июля 2018 г., г. Екатеринбург, Россия. <http://russia-china-expo.com/>
93. M.I. Malenkov, V.N. Nazarov, R.R. Nazirov, D.S. Rodionov, V.A. Volov. EXOMARS - 2020 PROGRAM: ON THE CONCEPT OF THE MARSOKHOD LOCOMOTION SYSTEM. THE NINTH MOSCOW SOLAR SYSTEM SYMPOSIUM 9M-S3 SPACE RESEARCH INSTITUTE MOSCOW, RUSSIA October 8-12, 2018, <https://ms2018.cosmos.ru>.
94. Polyakova T.V., Gavriushin S.S. Biomechanical modeling of dentures fixed on transitional implants // Biomechanics Days - 2018. Sofia, 31.10 - 02.11.2018.

#### **Препринты**

95. А.Н. Виноградов, В.В. Егоров, А.П. Калинин, А.И. Родионов, И.Д. Родионов, И.П. Родионова. Разработка и исследование гиперспектрометра ближнего инфракрасного диапазона БИК1. Препринт ИКИ РАН Пр-2182. 2017. 22 с. (ISBN 978-5-00015-015-3).
96. А.Н. Виноградов, В.В. Егоров, А.П. Калинин, А.И. Родионов, И.Д. Родионов, И.П. Родионова. Исследование возможностей бортового гиперспектрального комплекса в решении задач дистанционного зондирования Земли. Препринт ИКИ РАН Пр-2184. 2017. 23 с. ISBN 978-5-00015-033-7.
97. Волошин А.Э., Егоров В.В., Калинин А.П., Маноменова В.Л., Родионов А.И., Родионов И.Д., Родионова И.П., Руднева Е.Б. Автоматизированный кластер кристаллизационных установок под общим управлением. Препринт ИКИ РАН Пр-2185. 2018. 20 с. ISBN 978-5-00015-035-1.

#### **Патенты**

98. В.В. Золотарёв. Патент на изобретение "Способ декодирования линейного каскадного кода" RU2667370C1 от 19.09.2018 г.