

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
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



« 25 » декабря 2020 г.

М.П.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

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

Тема УПРАВЛЕНИЕ
0028-2019-0019

Научный руководитель

д.т.н.  Р.Р. Назиров

« 25 » декабря 2020 г.

Москва
2020

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы
зав. отделом, д-р техн. наук

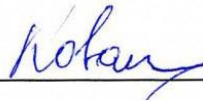


18.12.20 г.

Назиров Р.Р.
(введение, заключение)

подпись, дата

Ответственный исполнитель,
вед. научн. сотр.,
д-р физ.-мат. наук



18.12.20 г.

Ковалёва А.С.
(раздел 1)

подпись, дата

Ответственный исполнитель,
главный специалист



18.12.20 г.

Боярский М.Н.
(раздел 2)

подпись, дата

Ответственный исполнитель,
ст. научн. сотр.,
канд. техн. наук

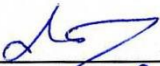


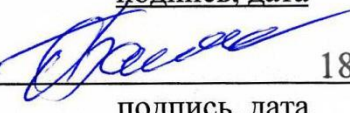
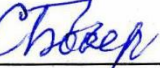



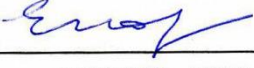




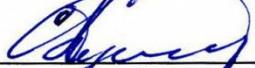








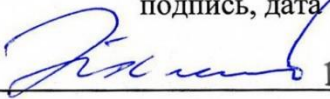
18.12.20 г.

Коноплёв В.В.
(раздел 3)

подпись, дата

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Вед. научн. сотр., д-р физ.-мат. наук	 _____	18.12.20 г.	Алтайский М.В. (раздел 2)
	подпись, дата		
Главный специалист	 _____	18.12.20 г.	Андреев А.В. (раздел 2)
	подпись, дата		
Вед. математик, канд. техн. наук	 _____	18.12.20 г.	Аксенов С.А. (раздел 1)
	подпись, дата		
Рук. сектора	 _____	18.12.20 г.	Батанов О.В. (раздел 2)
	подпись, дата		
Программист	 _____	18.12.20 г.	Бобер С.А. (раздел 1)
	подпись, дата		
Главный специалист	 _____	18.12.20 г.	Боярский М.Н. (раздел 2)
	подпись, дата		
Вед. математик	 _____	18.12.20 г.	Гаврилова Е.А. (раздел 2)
	подпись, дата		
Ст. научн. сотр., канд. техн. наук	 _____	18.12.20 г.	Гришин В.А. (раздел 2)
	подпись, дата		
Ст. научн. сотр., канд. техн. наук	 _____	18.12.20 г.	Егоров В.В. (раздел 2)
	подпись, дата		
Вед. научн. сотр., д-р техн. наук	 _____	18.12.20 г.	Золотарев В.В. (раздел 2)
	подпись, дата		
Вед. научн. сотр., д-р физ.-мат. наук	 _____	18.12.20 г.	Ковалёва А.С. (раздел 1)
	подпись, дата		
Ст. научн. сотр., канд. техн. наук	 _____	18.12.20 г.	Коноплев В.В. (раздел 2,3)
	подпись, дата		
Нач. отдела	 _____	18.12.20 г.	Назаров В.Н. (раздел 2)
	подпись, дата		
Глав. научн. сотр., д-р физ.-мат. наук	 _____	18.12.20 г.	Пулинец С.А. (раздел 1)
	подпись, дата		
Программист	 _____	18.12.20 г.	Полякова Т.В. (раздел 1)
	подпись, дата		

Вед. математик	 _____ 18.12.20 г. подпись, дата	Рязанова Е.Е. (раздел 1)
Мл. научн. сотр.	 _____ 18.12.20 г. подпись, дата	Стальная М.В. (раздел 2)
Главный специалист	 _____ 18.12.20 г. подпись, дата	Старостина О.А. (раздел 2,3)
Вед. математик, канд. физ.-мат. наук	 _____ 18.12.20 г. подпись, дата	Федяев К.С. (раздел 1)
Зам. зав. отделом	 _____ 18.12.20 г. подпись, дата	Шевченко М.И. (раздел 2)
Вед. научн. сотр., канд. техн. наук	 _____ 18.12.20 г. подпись, дата	Эйсмонт Н.А. (раздел 1)

РЕФЕРАТ

Отчет 52с., 13 рисунков, 54 источника.

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	8
1	Раздел 1. Математические модели планирования космических экспериментов	10
1.1	Разработка аналитических и численных методов решения задач управления сложными механическими системами переменной структуры с целью создания требуемых режимов движения	10
1.2	Работы по навигационному обеспечению проектов Спектр-Рентген-Гамма, Венера-Д, Экзомарс и других	10
1.3	Анализ особенностей движения и управления КА в окрестности точек либрации. Моделирование и анализ режимов работы исследовательского оборудования	11
1.4	Баллистическое проектирование межпланетных перелетов в рамках перспективных проектов по исследованию малых тел Солнечной системы	12
1.5	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	13
1.7	Исследования нелинейной динамики систем, испытывающих бифуркации и разработка методов управления такими системами	15
1.7.1	Две ветви Индийского летнего муссона в условиях изменения климата: динамика исходящего длинноволнового излучения	15
1.7.2	Прогнозирование Индийского муссона	17
1.8	Исследования катастроф и критических явлений в распределенных динамических системах	18
2	Раздел 2. Интеллект. Телекоммуникационные технологии	25
2.1	Информационная поддержка научно-организационной деятельности ИКИ в сети Интернет	25
2.2	Исследование и опытное внедрение концепции программно-определяемых сетей на основе открытых стандартов (openflow и д.р.). Оценка экономической эффективности и технологических ограничений данной технологии. Выработка рекомендаций по их использованию	25
2.3	Дальнейшее исследование и штатное внедрение технологий программно-определяемых параллельных и распределенных систем хранения, включающих механизмы повышенной надежности хранения, поддержку твердотельных накопителей в качестве промежуточного "кэширующего" уровня, а также средства интеграции в облачные инфраструктуры. Оценка экономической эффективности и технологических ограничений данных технологий. Выработка рекомендаций по их использованию	26
2.4	Разработка концептуальных подходов построения информационных систем наземного сопровождению космических экспериментов	26
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	28

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	28
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	29
2.8	Теоретические исследования, связанные с применением квантовых нейронных сетей для перспективных квантовых бортовых систем искусственного интеллекта	29
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	29
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	30
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	31
2.12	Развитие математического обеспечения для первичной и вторичной обработки прибора BMSW, входящего в состав эксперимента «Плазма-Ф». Проведение систематической обработки и архивации данных	32
2.13	Обработка изображений линии горизонта в интересах решения навигационных задач	33
2.14	Разработка методов улучшения сходимости алгоритмов декодирования на базе МПД декодеров при большом уровне шума. Подготовка материалов и работа с издательством по изданию новой монографии по корректирующим кодам на английском языке. Продолжение работы по сопровождению процесса патентования новых методов помехоустойчивого кодирования	36
3	Раздел 3. Космос	38
3.1	Разработка и внедрение обобщенной отказоустойчивой и масштабируемой архитектуры для территориально распределенной проектно-ориентированной сети в рамках поддержки научных наземных комплексов для сопровождения космических экспериментов	38
3.2	Разработка и внедрение обобщенной отказоустойчивой и масштабируемой архитектуры сети научного центра данных для сопровождения космических экспериментов	38
3.3	Разработка и внедрение перспективных методов сетевого мониторинга для объективного контроля связности и загрузки базового сетевого графа	39
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	41
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	43
	Публикации по теме УПРАВЛЕНИЕ	51

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 2020 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 аналитических и численных методов решения задач управления сложными механическими системами переменной структуры с целью создания требуемых режимов движения

Исследованы возможности возбуждения авторезонансных режимов в цепи слабо связанных квазилинейных осцилляторов при действии гармонического возбуждения с медленно возрастающей частотой, приложенного к начальному осциллятору. Предыдущие исследования уделяли внимание возбуждению резонанса в недиссипативных цепях, и в текущих работах ранее полученные результаты впервые распространены на цепи со слабой диссипацией. Впервые показано, что слабая диссипация в квазирезонансной системе вызывает возбуждение авторезонанса во всей цепи на конечном интервале времени, но рост диссипации приводит к последовательному срыву резонанса во всех осцилляторах, начиная с максимально удаленных от источника возбуждения. Разработанные асимптотические процедуры позволяют выделить простые авторезонансные решения и оценить длительность авторезонанса и величину критической диссипации, допускающей резонансное возбуждение. Полученные оценки хорошо согласуются с теоретическими предсказаниями для полностью авторезонансной или полностью нерезонансной цепи, но возбуждение на отдельных участках цепи должно исследоваться специальным образом. Отметим, что полученные результаты представляют интерес для практических приложений, в частности, для задач об управлении колебаниями в макро-, микро- и наноструктурах.

1.2 Работы по навигационному обеспечению проектов Спектр-Рентген-Гамма, Венера-Д, Экзомарс и других

В составе запланированных задач управления космическими аппаратами в окрестности коллинеарных точек либрации были разработаны сценарии маневров коррекции параметров движения с учётом возмущающих воздействий в операциях по выполнению ориентацией для миссии обсерватории Спектр-Рентген-Гамма. Реальное выполнение этих операций подтвердило эффективность предложенных методов. Кроме

того, была разработана и успешно выполняется программа манёвров по обеспечению требуемых интервалов видимости аппарата с наземных станций. Подготовлены и опубликованы статьи на эту тему. Подготовлено математическое обеспечение, необходимое для решения задач управления научными экспериментами на борту обсерватории Спектр-Рентген-Гамма в части, относящейся к навигации аппарата, планированию наблюдений его телескопами и выполнению соответствующих операций системой аппарат-наземный комплекс в целом. Функционирование этой системы описано в соответствующей научной публикации.

В развитие задач управления орбитальным движением малых астероидов, в состав которых входит разработка гравитационных манёвров, были исследованы способы использования таких подходов для миссий исследования Венеры, в частности в рамках проекта Венера-Д. Были предложены концепции гравитационных облётов Венеры, которые позволяют обеспечить доступность для посадки почти любой области поверхности Венеры при сохранении существующих технических ограничений на параметры миссии и характеристики аппарата. Полученные результаты представлены на Королёвских Чтениях по космонавтике. Подготовлена публикация по указанной проблеме.

Как составляющая работ по подготовке проекта Венера-Д подготовлено математическое обеспечение для проведения исследований и разработок в баллистической части проекта. Были выполнены соответствующие исследования с использованием этого математического обеспечения, позволившие существенно расширить возможности планируемых экспериментов по изучению Венеры и снять значительную часть изначально ожидавшихся технических и небесно-механических ограничений. Подготовлены материалы для публикации результатов этих работ.

Разработаны алгоритмы и математические программы для планирования операций по управлению аппаратами проекта «Экзомарс» с учетом навигационных задач полета орбитального аппарата, функционирующего в условиях взаимодействия с марсоходом и неподвижной платформой на поверхности Марса.

1.3 Анализ особенностей движения и управления КА в окрестности точек либрации.

Моделирование и анализ режимов работы исследовательского оборудования

Продолжены работы по исследованию особенностей движения космического аппарата в окрестностях коллинеарных точек либрации. В частности, выполнены предварительные расчеты по оценке возможностей размещения космических аппаратов на орбите вокруг точки либрации L1 в системе Солнце-Земля в рамках реализации программы по созданию системы обнаружения дневных астероидов (СОДА). Проведено исследование

возможностей использования орбит вокруг точек либрации для снижения затрат характеристического импульса при перелете полярную Лунную орбиту. Построены оценки затрат характеристического импульса при таких перелетах.

Продолжены исследования по развитию компьютерных методов построения периодических и квазипериодических решений ограниченной задачи трех тел. Алгоритмы решения данной задачи востребованы при проектировании миссий, использующих орбиты вокруг точек либрации, актуальность которых подтверждена рядом успешных космических миссий, включая проект Спектр-РГ.

Выполнены расчеты обстоятельств попадания кометы Africano (C/2018 W2) в поле зрения КА СРГ в режиме сканирования небесной сферы 23-25 октября 2019 года.

Созданы алгоритмы и выполнен расчет орбиты, высоты тени, моментов входа в заданную область (напр. Авроральную) и выхода из нее для КА Ионозонд.

Подготовлены и верифицированы ядра (файлы) для системы информационной поддержки миссии ExomarsRSP (Экзомарс-2020).

Продолжены работы по построению компьютерных моделей технологических процессов обработки металлов давлением, применяемых при производстве элементов корпусов бортового оборудования и несущих конструкций.

1.4 Баллистическое проектирование межпланетных перелетов в рамках перспективных проектов по исследованию малых тел Солнечной системы

В рамках развития перспективных направлений исследований космоса были продолжены исследования по баллистическому проектированию исследовательских миссий к малым телам Солнечной системы, включая потенциально опасные околоземные астероиды. Был выполнен детальный анализ возможных траекторий перелета к транснептуновому объекту Седна, который является наиболее важным с научной точки зрения из найденных на сегодняшний день транснептуновых объектов, изучение которых может предоставить ценную информацию о происхождении и ранних стадиях эволюции Солнечной системы. Показано, что с применением серии гравитационных маневров перелет к Седне возможен технически, причем с относительно небольшими топливными затратами. Полученные результаты существенно улучшают оценки затрат, полученные ранее в работах зарубежных специалистов. По результатам данной работы подготовлен ряд публикаций.

Также в рамках данного направления выполнено баллистическое проектирование миссии по изучению астероидов главного пояса. Показана техническая реализуемость

малобюджетной миссии, позволяющей совершить облет сразу нескольких небесных тел для уточнения их физических характеристик и орбитальных параметров при проведении измерений с пролетной траектории. Полученные результаты докладывались и обсуждались на двух международных конференциях, подготовлена публикация в рецензируемом научном журнале.

В рамках борьбы с потенциально опасными небесными телами начаты работы по разработке концепции использования имеющихся на орбите космических аппаратов после окончания их основной миссии для изучения сближающихся с Землей астероидов. Предварительные расчеты показывают широкие перспективы данной концепции. В качестве примера рассмотрена возможность использования аппарата Спектр-РГ для изучения астероида Апофис с пролетной траектории в 2029 году, после завершения миссии аппарата и во время очередного тесного сближения данного потенциально опасного астероида с Землей. По результатам этой работы сделан доклад на международной конференции, подготовлен материал для публикации научной статьи.

1.5 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 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, размещаются на сервере plasma-f.cosmos.ru. Они необходимы для получения информации о структуре солнечного ветра. Эта информация используется сотрудниками института для дальнейшего научного анализа.

Разработана методика определения ориентации прибора БМСВ на многочисленных интервалах, на которых отсутствуют данные солнечного датчика DSS, необходимые для стандартного определения ориентации. Определение ориентации без данных DSS возможно, но с меньшей точностью. Разработан алгоритм, написана соответствующая программа, интервалы без данных DSS обработаны.

Проводились работы по определению параметров солнечного ветра с целью создания базы данных, объединяющей результаты эксперимента «Плазма-Ф».

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

Рассмотрена задача линейной теории упругости в случае идеальной упругопластической среды с учетом разрушения материалов по критерию Мизеса. По томограмме и данным сканирования интраоральным сканером получены две фасетных модели, состоящих из четырех и пяти тел. Построена твердотельная геометрия, задающая форму модели NURBS-поверхностями. Для модели из трех тел с опорой на оболочечный элемент было оценено давление на дно оболочечного элемента при действии нагрузки в 50 Н.

Рассмотрена задача подготовки геометрической модели для анализа динамики с использованием метода статической и динамической конденсации космического прибора в составе многокомпонентной механической системы, используется метод конечных элементов (МКЭ) и метод Крейга-Бемптона для редукции матриц МКЭ-модели тела. Определены инерционно-массовые характеристики компонентов оборудования внутри блока и построены связи с системами креплений для каждого компонента соответственно (Рисунок 1.6.1). При работе с импортированной геометрией выполняются основные операции сортировки геометрии по компонентам сборки, проверки модели на корректность (проверка наличия/отсутствия отдельных ребер, удаление дублирующих поверхностей, проверка маппируемости тел и пр.), удаление ненужных в КЭМ особенностей конструкции, упрощение геометрии (удаление скруглений ребер и поверхностей, удаление мелких отверстий), создание срединных поверхностей, настройка правильной сшивки срединной поверхности (продление граней к дну платформы, удаление мелких некорректных отверстий и проектирование отверстий с основной модели, продление граней в области отверстий), настройка симметрии, триммирование срединной поверхности, создание сетки для срединной поверхности (Рисунок 1.6.2а), триммирование объемного тела (разделение на блоки для создания восьмиузловой или смешанной сетки (Рисунок 1.6.2б)).

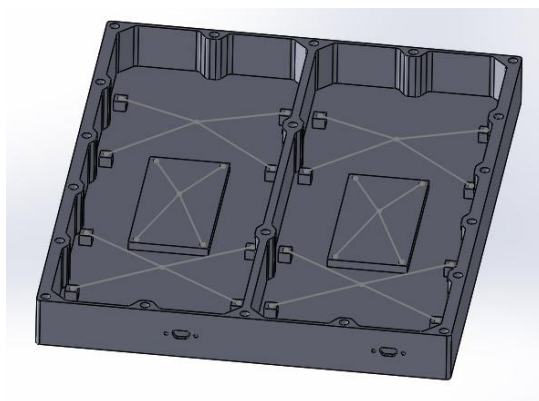


Рисунок 1.6.1 – Распределение центров тяжести компонентов оборудования внутри блока

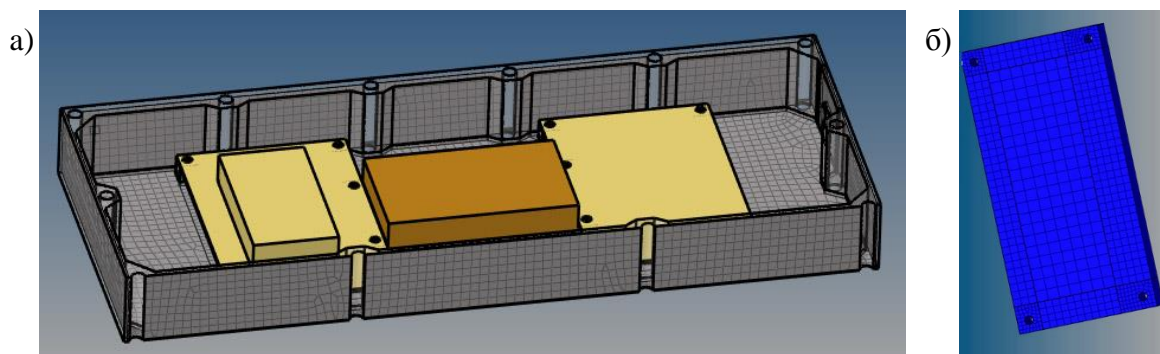


Рисунок 1.6.2 – Блок оборудования: а) сетка срединной поверхности; б) объёмная сетка для элемента крепления

1.7 Исследования нелинейной динамики систем, испытывающих бифуркации, и разработка методов управления такими системами

1.7.1 Две ветви Индийского летнего муссона в условиях изменения климата: динамика исходящего длинноволнового излучения

Индийский летний муссон жизненно важен для населения Индии и ее экономики, где доходы 70% населения зависят от сезона дождей. Муссон обусловлен сезонным изменением преобладающего направления ветра на противоположное. Он формируется из-за разницы температур между сушей и окружающим океаном. Летом, температура воздуха над сушей выше, чем в океане. В результате, сухой горячий воздух над сушей поднимается вверх. Поток влажного воздуха с океана продвигается к суше, чтобы заполнить пустоту. Такой поток называют ветвью муссона. Нагреваясь, влажный воздух поднимается вверх, что приводит к образованию облаков и выпадению большого количества осадков. Взаимодействие двух ветвей муссона, приходящих с Аравийского моря и Бенгальского залива, играет важную роль в формировании и распространении дождевых осадков над Индийским субконтинентом. Летний муссон начинается с активации Аравийской ветви. Затем Бенгальская ветвь разворачивается с юго-востока на юго-запад в сторону центральной Индии. Этот разворот чрезвычайно важен в формировании муссона, потому что он знаменует начало муссона на большей части Индии, в центре и на севере полуострова. Предсказание разворота Бенгальской ветви остается не решенной научной проблемой в метеорологии.

Мы предложили решение этой проблемы путем развития нашей методологии критических элементов [Stolbova et al.,2016] для анализа исходящего длинноволнового излучения (OLR). Мы использовали данные OLR в качестве прокси для глубокой конвекции и для оценки осадков. Мы исследовали поле OLR, как пространственно-

организованную сложную систему, и выявили критические области в Аравийском море и Бенгальском заливе.

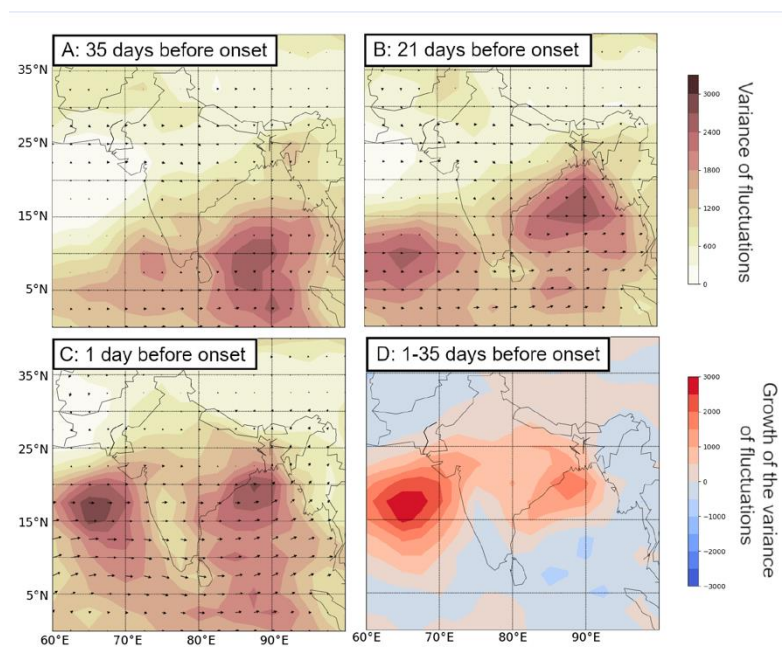


Рисунок 1.7.1 - Пред-муссонный рост дисперсии колебаний средних за неделю значений исходящего длинноволнового излучения (OLR) перед началом муссонов в центральной Индии за период 1975-2018: A, B, C. D = C-A. Черные стрелки показывают направление ветра по данным NCEP/NCAR на 850 hPa.

Эти регионы характеризуются максимальной дисперсией колебаний и максимальной магнитудой перехода в период между пред-муссонным и муссонным сезонами. Мы показали, что сравнение динамики временных рядов OLR в этих двух регионах указывает на момент разворота Бенгальской ветви. Мы выявили, что поздний разворот Бенгальской ветви возникает из-за дисбаланса между двумя ветвями, вызванного перегревом Аравийского полуострова, и это может быть последствием изменения климата.

Результаты были представлены на международной геофизической конференции в Сан-Франциско в США: *Nitin Babu George and Elena Surovyatkina. Two Branches of Indian Summer Monsoon under Climate Change: Dynamics of Outgoing Longwave Radiation, American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting in San Francisco (USA), 9 – 13 December 2019, A23H-3012, <https://agu.confex.com/agu/fm19/meetingapp.cgi/Paper/551213>*

Данные OLR получены из источника: the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) interpolated OLR dataset. The NCEP/NCAR data: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/>

1.7.2 Прогнозирование Индийского муссона

Представлены результаты прогноза начала и завершения Индийского муссона в Центральной Индии в 2020 году. Прогноз основан на нашей методологии критических элементов [Stolbova et al., 2016]. Первый прогноз опубликован 8 мая 2020, за 40 дней до прогнозируемого периода начала муссона, который был определен на 18-26 июня. Второй прогноз завершения муссона представлен 14 августа, за 50 дней до завершения муссона определенного на 3-13 Октября 2020. Оба прогноза оказались успешными.

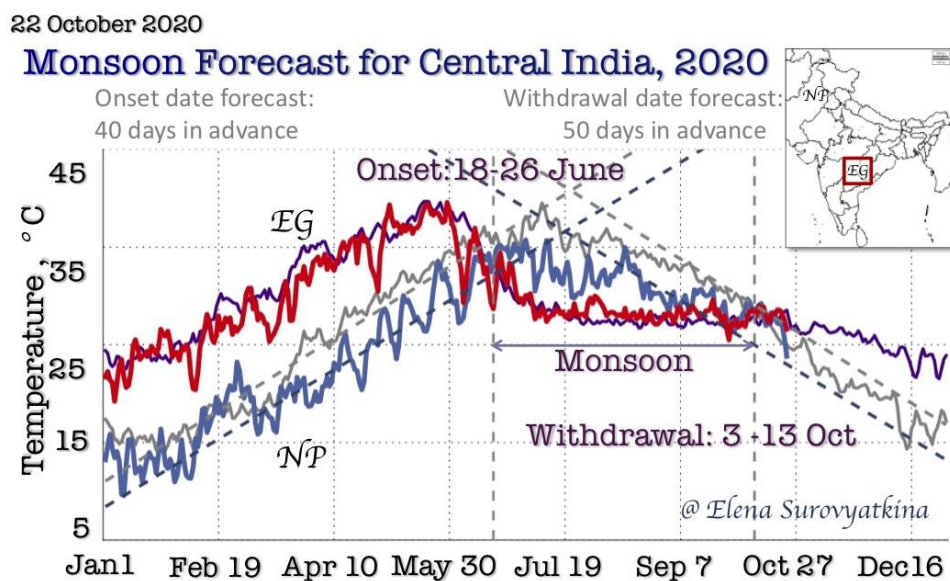


Рисунок 1.7.2 - Схема результатов прогноза 2020 года по методу критических элементов. Данные по приповерхностной суточной температуре для точки (20N, 80E) в Восточных Гатах (EG) и для точки (32.5N, 72.5E) в Северном Пакистане (NP) показаны красным и синим, их средние значения за последние 5 лет — фиолетовым и серым. Пунктиром показаны тренды средних за 5 лет и текущего года в Северном Пакистане. Пунктирные вертикальные линии показывают середину прогнозируемого периода: для начала 18-26 Июня и для завершения 3-13 Октября. Фактическое начало муссона было 26 июня, а завершение летнего муссона — 13 Октября.

Прогнозы были опубликованы в Индийских средствах массовой информации (Down To Earth magazine, India, [1 September](#), [28 September](#), Telangana Today, [9 May](#)), представлены на международных конференциях, Индийскому Метрологическому обществу и Метеорологическому Департаменту Индии. Таким образом, все десять прогнозов начала и завершения Индийского муссона за последние 5 лет (2016-2020), оказались успешными.

Krishna Manoj, Samadhan A. Pawar, Suraj Dange, Sirshendu Mondal, R. I. Sujith, Elena Surovyatkina, and Jürgen Kurths, Synchronization route to weak chimera in four candle-flame oscillators. Physical Review E (Phys. Rev. E) 100, 062204 – Опубликовано 18 December 2019,

1.8 Исследования катастроф и критических явлений в распределенных динамических системах

Разработка методов поиска критических областей и определения направления их распространения в процессе подготовки сильных землетрясений

В течение последних двух десятилетий нами были разработаны теоретические основы (физическая модель) и практические технологии, позволяющие проводить оперативный мониторинг процесса подготовки сильных землетрясений [1].

Одновременно в нашей группе развивалось направление, где за основу обнаружения процесса подготовки землетрясения брались данные об ионосферных вариациях, возникавших над областью подготовки землетрясения в периоды, предшествующие сейсмическому событию.

Современными исследованиями установлено, что земная кора в сейсмоактивных регионах оказывает влияние на физические процессы, протекающие в верхних геосферных оболочках. Следовательно, в этих регионах любые аномальные изменения в поведении параметров ионосферы, формирующееся на фоне регулярного суточного изменения характеристик ионосферы, обусловленного влиянием Солнца, могут дать информацию о процессах подготовки землетрясений. В свою очередь, каждый сейсмоактивный регион характеризуется своими, наиболее информативными особенностями (аномалиями) как в поведении параметров напряженно-деформированной геосреды, так и параметрах атмосферы и ионосферы, которые могут быть отождествлены с предвестниками землетрясений. Поэтому для практического применения нами был выбран наиболее сейсмоактивный регион России – Камчатский край с прилегающими с юга и запада Курильскими островами и о. Сахалин.

Общие принципы организации прогноза землетрясений на основе данных многопараметрического сетевого мониторинга были доложены в докладе на *XI Международной конференции «СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ФИЗИКА ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ» 22 - 25 сентября 2020 г. с. Паратунка, Камчатский край.*

Фактически, появление атмосферных и ионосферных предвестников свидетельствует о начале финальной стадии подготовки землетрясения, длительность которой составляет не более двух недель, а статистически ионосферные предвестники

появляются за 1-5 суток до главного толчка, что дает достаточные основания для использования этих данных в целях краткосрочного прогноза землетрясений. Еще одним важным свойством многопараметрического мониторинга является синхронность во времени и в пространстве появления всех атмосферных и ионосферных предвестников, что характерно для синергетических процессов в открытых диссипативных системах [2], которая представляет собой комплекс генерации предвестников землетрясений на финальной стадии их подготовки.

Основным преимуществом нашего подхода является то, что мы смотрим на предвестники не как на аномалии, а как на проявление конкретного физического процесса, поэтому их идентификация строится не на амплитудных манипуляциях (отклонения от среднего и пр.) и статистических оценках, а на феноменологических признаках, характерных для вариаций в атмосфере и ионосфере для данного процесса, т.е. на распознавании образа предвестника исходя из физического механизма его генерации, определяемого моделью LAIC. Мы называем это когнитивным распознаванием [2].

С помощью многопараметрического мониторинга в период подготовки сильного землетрясения M7.5 восточнее Курильских островов 25 марта 2020 г., проводился мониторинг состояния приземного слоя атмосферы (поправка химического потенциала), потока теплового излучения в длинноволновом инфракрасном диапазоне (OLR), вариации полного электронного содержания (GPS TEC), данные вертикального зондирования ионосферы на станции Петропавловск-Камчатский и вариации удельного сопротивления земной коры. Мониторинг проводился совместно с коллегами из института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и Института космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН.

Данные химического потенциала и тепловые аномалии в диапазоне OLR

Если в зоне подготовки возникают линейные зоны повышенного напряжения, над этой областью может возникнуть линейная облачная структура или линейная структура в пространственном распределении химического потенциала. Именно такая ситуация наблюдалась за 2 суток до землетрясения, причем конец этой структуры указывает на положение эпицентра землетрясения (рис. 1.8.1).

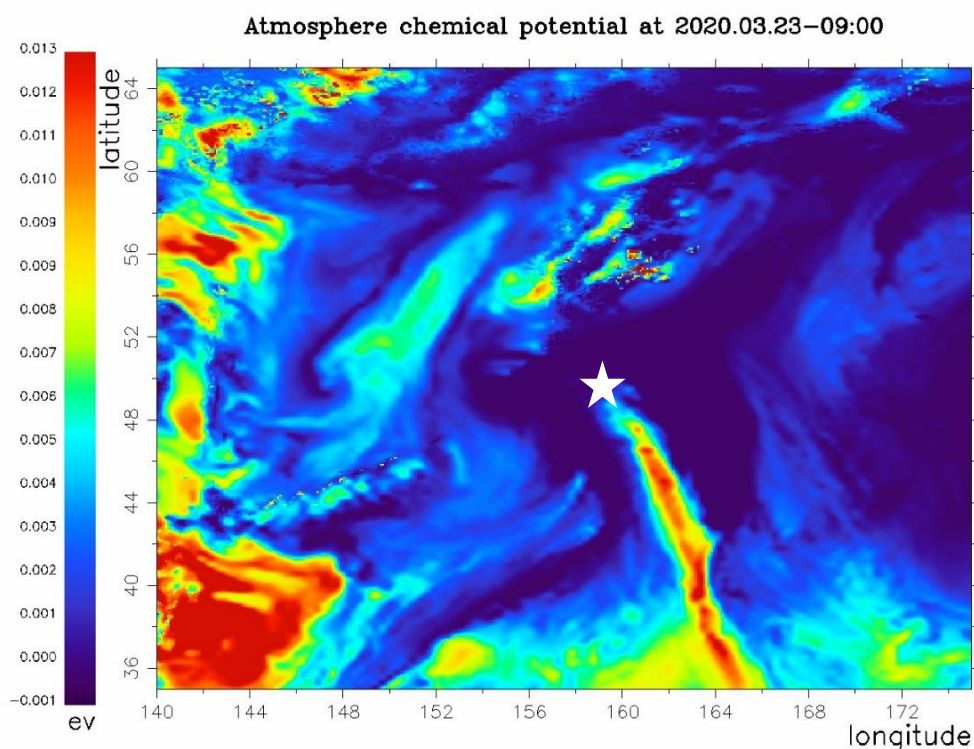


Рисунок 1.8.1 - Распределение поправки химического потенциала в регионе Камчатки и Курильских островов 23 марта 2020 г. Белой звездой отмечено положение эпицентра землетрясения M7.5 25 марта 2020 г.

Временной ход поправки химического потенциала, полученный для точки внутри показанной линейно аномальной структуры, подтверждает наличие локального максимума на интервале времени 1 месяц с 1 по 31 марта (Рисунок 1.8.2, верхняя панель). Характерно, что для этой же даты наблюдался абсолютный максимум уходящего потока низкочастотного инфракрасного излучения OLR, который был зарегистрирован независимо двумя спутниками дистанционного зондирования NOAA-15 (темная штриховка) и NOAA-18 (серая штриховка), Рисунок 1.8.2, нижняя панель.

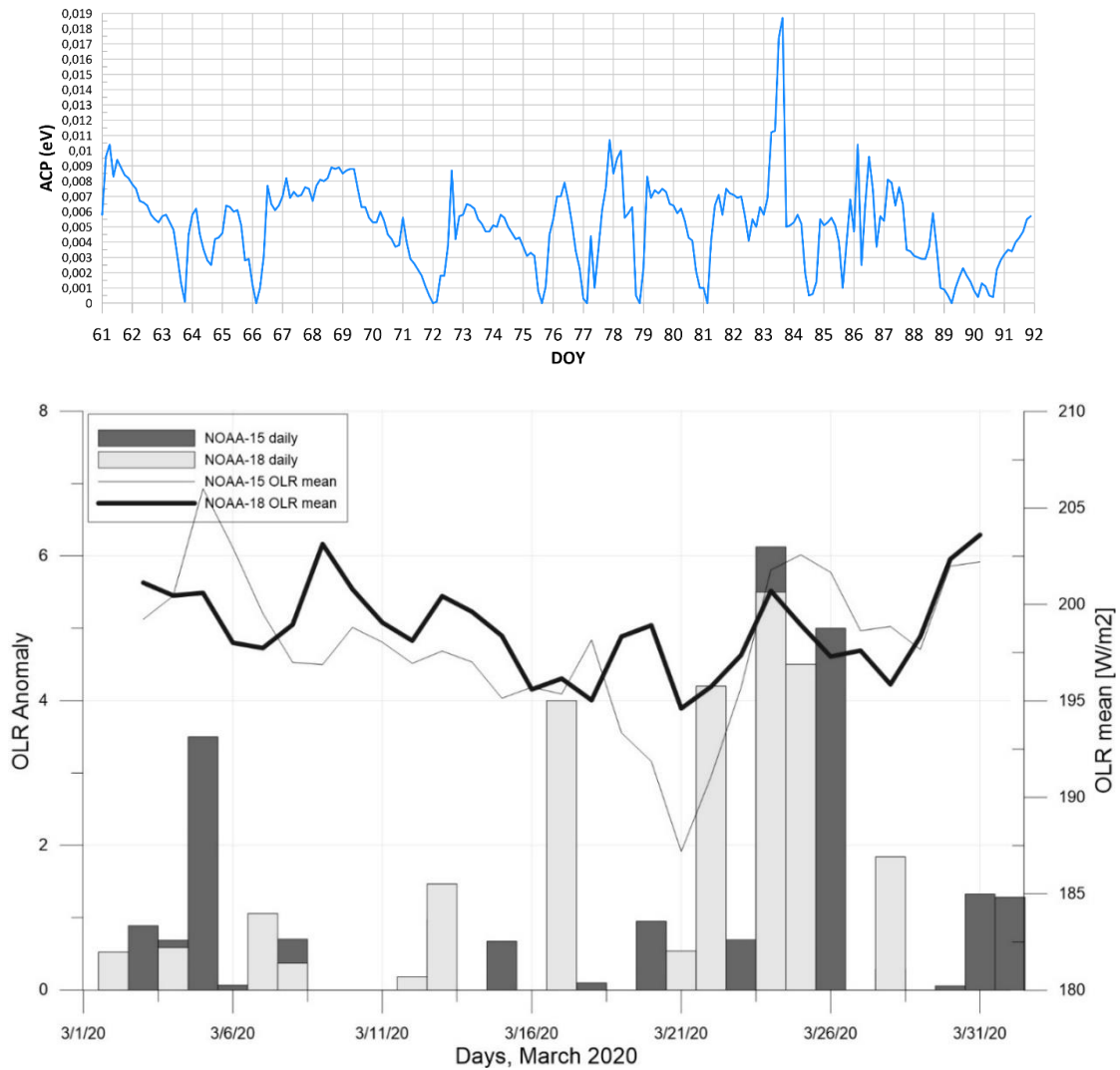


Рисунок 1.8.2 - Верхняя панель - график изменения поправки химического потенциала внутри линейной аномалии за период 1- 31 марта 2020 г.; нижняя панель – суточные значения градиента уходящего потока длинноволнового инфракрасного излучения по данным спутников NOAA-15 (темная штриховка) и NOAA-18 (серая штриховка) за март 2020 г.

Динамика пространственного распределения наблюдаемых аномалий потока OLR представлена на Рисунке 1.8.3. Из рисунков видно, что аномалии появляются, в основном вблизи границ тектонических плит, отмеченных на рисунках бордовыми линиями. Их «танец» свидетельствует о динамических изменениях в земной коре перед землетрясением.

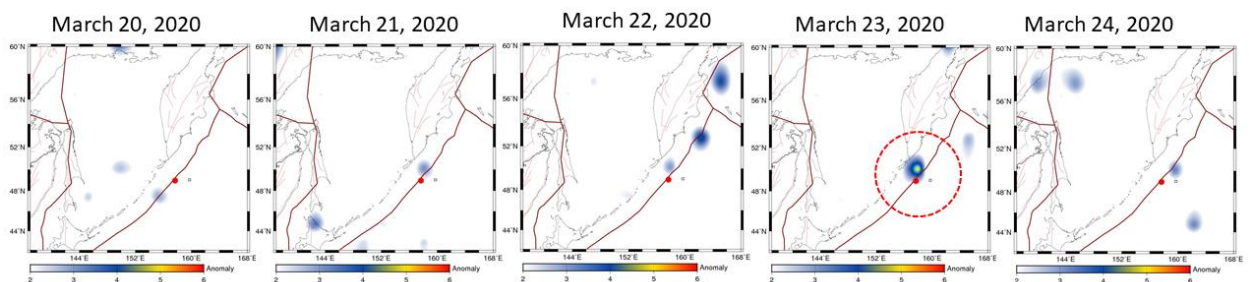


Рисунок 1.8.3 - Пространственное распределение аномалий потока OLR в Камчатском регионе за период с 20 по 24 марта 2020 г.

Ионосферные предвестники и вариации удельного сопротивления земной коры

Для мониторинга ионосферных аномалии использовались данные вертикального зондирования на станции Петропавловск-Камчатский. А также измерения полного электронного содержания по данным приемника *pets*, расположенного также в Петропавловске-Камчатском.

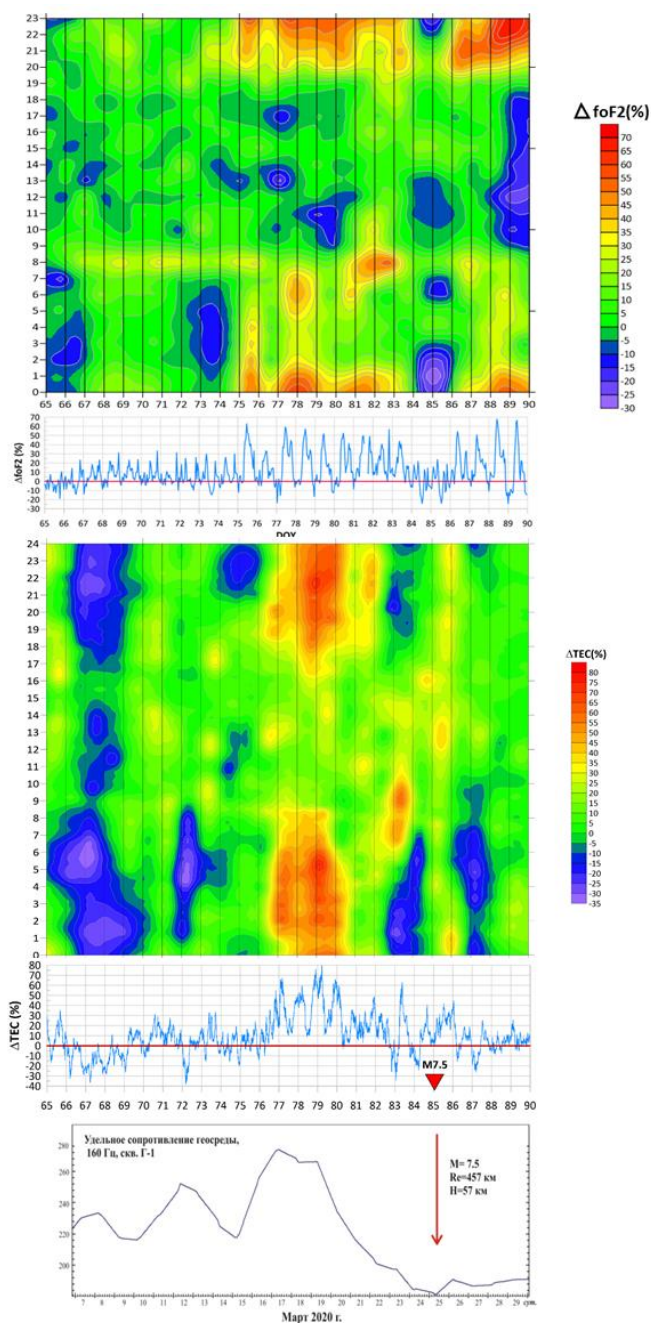


Рисунок 1.8.4 - Сверху вниз – Маска критической частоты, график отклонения критической частоты; маска GPS TEC, график отклонений GPS TEC; вариации удельного сопротивления геосреды до глубины около 1000 м в районе скв. Г-1 накануне сильного ($M_W=7.5$) землетрясения 25.03. 2020 г. в районе северных Курил.

Неожиданной особенностью данного землетрясения явилось то, что в отличие от большинства случаев ионосферные предвестники проявились раньше аномалий OLR и аномалий химического потенциала. При этом ионосферные аномалии по времени совпали с периодом понижения проводимости земной коры, что дает основание предложить механизм генерации этих аномалий, отличный от ионизационного (см. рисунок 1.8.4).

На рисунке для наглядности ионосферные вариации показаны в виде так называемых «масок», позволяющих видеть, как ведут себя вариации в местном времени в течение всего интервала с 06 по 30 марта 2020 г. (65-90 DOY). Видно, что с 75 по 83 день для критической частоты и с 76 по 80 день для GPS TEC наблюдается положительная вариация электронной концентрации, как это и описано в модели [1], причем солнечный терминатор служит временем обрезания этой аномалии.

Выводы

Исследования эффектов подготовки сильного землетрясения M7.7 в марте 2020 г. продемонстрировали преимущества комплексного подхода к изучению подготовки сильных камчатских землетрясений в системе литосфера-атмосфера-ионосфера средствами наземного и спутникового мониторинга. Выделены ряд особенностей свойственных камчатскому землетрясению, произошедшему 25.03.2020 (M=7.7).

В период с 14.03.-25.03.2020 (по UT) наблюдаются особенности на наземных ионограммах вертикального зондирования: критическая частота f_oF2 ионосферного слоя F2, K-слой, расслоение F2 по частоте (режим "V") и спорадический слой Es типа r, характеризующие предвестниковый период для землетрясений в Камчатском регионе. При этом удивительным является тот факт, что этот период совпадает с временем уменьшения проводимости земной коры (рисунок 1.8.4, нижняя панель), что наталкивает на мысль об участии этого явления в генерации ионосферных предвестников. Известно, что основным передатчиком эффекта подготовки землетрясения в ионосферу является Глобальная Электрическая Цепь (ГЭЦ), а понижение проводимости в зоне подготовки землетрясения эквивалентно усилению вертикального электрического поля, способного вызвать формирование положительной аномалии электронной концентрации над этой зоной. Эта идея требует проверки с помощью моделирования, но как рабочая гипотеза может быть использована и должна тестироваться в будущих случаях одновременной регистрации проводимости земной коры и вариаций в ионосфере во время подготовки сильных землетрясений в Камчатском регионе. Результаты этого исследования опубликованы в работе [3].

1. *Sergey Pulinets and Dimitar Ouzounov, The possibility of earthquake forecasting. Learning from Nature, IOP Publishing, Bristol, December 2018, 167 p., DOI 10.1088/978-0-7503-1248-6*
2. *Пулинец С.А., Давиденко Д.В., Будников П.А. Метод когнитивной идентификации ионосферных предвестников землетрясений, Геомагнетизм и аэрономия, Т.61, 2021, DOI: 10.31857/S0016794021010132 (принято к печати)*
3. *Vadim Bogdanov, Valery Gavrilov, Sergey Pulinets and Dimitar Ouzounov Responses to the preparation of strong Kamchatka earth-quakes in the lithosphere–atmosphere–ionosphere system, based on new data from integrated ground and iono-spheric monitoring, E3S Web Conf., 196 (2020) 03005, DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019603005>*

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, а также были разработаны следующие новые сайты:

- 1) Дни космической науки - 2020.
- 2) Одиннадцатый московский международный симпозиум по исследованиям Солнечной системы (11MS3).
- 3) Шестнадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе".
- 4) XVII Конференция молодых ученых "Фундаментальные и прикладные космические исследования".

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

2.2 Исследование и опытное внедрение концепции программно-определяемых сетей на основе открытых стандартов (openflow и д.р.). Оценка экономической эффективности и технологических ограничений данной технологии. Выработка рекомендаций по их использованию

В текущем периоде были проведены работы по расширению беспроводного сегмента сети Института на базе оборудования Ubiquity Networks (UBNT), работающего по стандарту Wi-Fi IEEE 802.11ac. Выбор местоположения и количества новых точек доступа было произведено на основании предварительно проведенного радиочастотного обследования всех корпусов Института, а также оценки количества одновременно подключенных клиентских устройств в зонах активного использования Wi-Fi. Для масштабирования Wi-Fi сети были построены новые сегменты проводной инфраструктуры, работающие на скорости 10 Гбит/с. На данный момент беспроводной сегмент включает: средства централизованного управления на базе маршрутизатора UniFi Security Gateway Pro и контроллера UniFi Cloud Key gen 2 Plus, 30 точек беспроводного доступа в главном здании

и в удаленных корпусах Института, а также коммутатор UniFi Swith 16 xg, позволяющий подключать Wi-Fi сегменты удаленных корпусов по оптическим каналам.

2.3 Дальнейшее исследование и штатное внедрение технологий программно-определяемых параллельных и распределенных систем хранения, включающих механизмы повышенной надежности хранения, поддержку твердотельных накопителей в качестве промежуточного "кэширующего" уровня, а также средства интеграции в облачные инфраструктуры. Оценка экономической эффективности и технологических ограничений данных технологий. Выработка рекомендаций по их использованию

За отчетный период был развернут и введен в опытную эксплуатацию отказоустойчивый программно-аппаратный комплекс для виртуализации корпоративных информационных сервисов Института. Данный комплекс построен на базе двухузлового вычислительного кластера АИС НА401-LB2 с использованием программно-определяемого разделяемого хранилища Clustered Storage Spaces. Система использует архитектуру полного аппаратного дублирования без единых активных точек отказа. В течение минувшего года на данную систему была переведена часть автоматизированных рабочих мест для взаимодействия с системами Электронного Правительства с использованием средств криптографической защиты стандарта ГОСТ Р 34.10-2012. Интеграция данного комплекса с инфраструктурой ПАК SCARP ИКИ РАН позволяет получить доступ к расширенным сетевым функциям (включая безопасный удаленный доступ по VPN), а также расширенным возможностям резервного копирования (с защитой содержимого резервных копий снимками ZFS). Дальнейшие работы предполагают поэтапную миграцию информационных систем Института, отвечающих за автоматизацию корпоративных бизнес-процессов, под управление данного комплекса.

2.4 Разработка концептуальных подходов построения информационных систем наземного сопровождению космических экспериментов

За отчетный период проводились апробирование и экспериментальная отработка ранее разработанных концептуальных подходов, имплементированных в наземные научные комплексы космических (ННК) проектов, находящихся на стадии реализации. Ход выполнения научной программы таких проектов как «ЭкзоМарс» (миссии 2016 года) и «Спектр-РГ» показывает высокую эффективность использованных подходов, что нашло отражение в публикациях в отечественных и зарубежных научных изданиях [1–4].

Одновременно с апробированием и отработкой, за отчетный период был предложен новый концептуальный подход построения информационных систем наземного сопровождению космических экспериментов, при использовании которого, информационные системы строятся на основе иерархической 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 суммаризируются новые представления о физической природе тех или иных изучаемых явлений, а также подготавливаются предложения по формированию направлений дальнейших работ.



Рисунок 2.4.1 - Иерархическая модель информационных систем ННК.

Данную концепцию впервые предполагается применить при создании «Объединенного российско-китайского центра данных по исследованию Луны и дальнего космоса» [5].

Публикации в Российских журналах:

1. *Письма в Астрономический Журнал*, 2020, том 46, №4, с.292-303. *Управление орбитальным движением и ориентацией космической обсерватории Спектр-Рентген-Гамма*. Н.А. Эйсмонт, И.Д. Коваленко, В.Н. Назаров, Р.Р. Назиров, В.В. Коротков, А.В. Погодин, М.В. Мжельский, Е.Н. Михайлов, А.В. Дитрих, А.И. Трегубов. *Импакт фактор 1.5*

Публикации в зарубежных журналах:

2. *Sunyaev R. ...Nazarov V. ...et al. Detection of large scale X-ray babbles in the Milky halo, Paper #2020-07-1289313. Nature*, 2020, *Impact factor 18*
3. *P. Predehl, ... V. Nazarov ... et al. The eROSITA X-ray telescope on SRG Astronomy & Astrophysics*, 2020, *arXiv:2010.03477. DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039313> Impact factor 5.6*

Доклады:

4. «Совместный российско-китайский центр данных по исследованию Луны и дальнего космоса», В. Н. Назаров. *Заседание российско-китайской группы по исследованию Луны и дальнего космоса российско-китайской подкомиссии по сотрудничеству в области космоса, 06.06.2020 г, в режиме видеоконференции.*

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

Алгоритм детектирования рыболовных судов в ночное время во всей акватории мирового океана по данным с панхроматического диапазона DNB мультиспектрального радиометра VIIRS и база данных детекций апробируются в Дальневосточном регионе в целях мониторинга незаконного вылова рыбы.

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

Разработан алгоритм и база данных для оценки годовых объемов сжигания попутного газа в 2012-2019 гг. по инфракрасным спектрам на ночных снимках с мультиспектрального радиометра VIIRS. Созданный алгоритм можно использовать для обработки данных с двух спутников: Suomi NPP и JPSS-1 (NOAA-20). Использование данных с двух спутников позволяет наблюдать факелы 3-4 раза за ночь. Калибровка метода проведена по обновленным оценкам CEDIGAZ за полный цикл наблюдений 2012-2019 гг. Получены предварительные результаты для оценки месячных и мгновенных объемов сжигания ПНГ с апреля 2012 г. по октябрь 2020 г. Оперативные оценки объемов сжигания позволят мониторить объемы добычи и переработки ежедневно и ежемесячно. Подготовлена к публикации статья.

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 детектирования вулканических извержений по инфракрасным спектрам на ночных снимках с мультиспектрального радиометра VIIRS апробируется в режиме, близком к реальному времени, на Камчатке в целях мониторинга вулканической активности. Подготовлена к публикации статья.

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

Исследовалась возможность возникновения “сознательного” поведения в открытых квантовых системах, подчиняющихся законам квантовой механики и термодинамики. Анализ проводился на основе простейшей модели, в которой в качестве сознательного поведения рассматривалась возможность моделирования системой нескольких кубитов своего окружения. Показана невозможность неограниченного во времени моделирования системой своего окружения, так как в присутствии квантового запутывания это привело бы к нарушению второго закона термодинамики для системы, объединенной со своим окружением.

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 применения непрерывного вейвлет-преобразования к задачам квантовой теории поля и теории турбулентности проводились следующие исследования:

В однопетлевом приближении вычислены поправки к вершине взаимодействия для калибровочных теорий с регуляризацией по минимальному масштабу вейвлет-преобразования. Рассматривалась электрон-фотонная вершина в квантовой электродинамике и трехглюонная вершина в квантовой хромодинамике (без фермионов). Для случая квантовой электродинамики получены стандартные ультрафиолетовые асимптотики. Для случая квантовой хромодинамики построено обобщение принципа калибровочной инвариантности для теории квантовых полей с явной зависимостью от масштаба. В однопетлевом приближении вычислена логарифмическая производная константы связи по масштабу.

По результатам исследований подготовлены следующие публикации:

1. M. V. Altaisky. *Wavelet regularization of gauge theories*. *Physical Review D*, 101, 105004, 2020; <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.101.105004> (IF=4,833, Q1)

2. М.В.Алтайский, *Многомасштабная калибровочная инвариантность*, *Физика элементарных частиц и атомного ядра*, т.51, вып.4, с. 582-590 (2020)
[doi:10.1134/S1063779620040061](https://doi.org/10.1134/S1063779620040061)

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

Проведено дополнение модели рассеивания промышленных загрязнений AERMOD с помощью данных дистанционного зондирования и климатических моделей. Основной упор при этом сделан на актуализации параметров поверхности (альbedo, шероховатость, коэффициент Боуэна) и классификации землепользования, от которой они зависят. Выполнено моделирование максимальных почасовых концентраций и возникающего в результате острого риска для здоровья населения, а также осуществлена оценка влияния на эти характеристики данных дистанционного зондирования для локальных территорий вокруг промышленных предприятий вместо глобальных стандартных параметров AERMOD. Рассмотрены пять реальных предприятий с множеством источников для оценки эффекта классификации и два из них для учета влияния параметров поверхности.

Воздействие на критический загрязнитель измеряется тремя способами: а) как разница между годовыми максимумами часовых концентраций критического загрязнителя («абсолютные»); б) то же самое, ограниченное дневной продолжительностью рабочего времени и 95% квантилем вместо абсолютного максимума («нормативный»); в) как максимальная почасовая разница за год («мгновенно»). Мера воздействия делится либо на контрольную концентрацию загрязнителя, которая дает влияние на риск для здоровья, либо на концентрацию, полученную с помощью стандартов AERMOD, которая дает относительную меру воздействия.

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

Разработана концепция информационного цикла управления состоянием природных и антропогенных объектов (экосистем). Указанный цикл представляет собой замкнутую систему регулирования, включающую подсистемы мониторинга и управления с обратной связью. Обе подсистемы удовлетворяют критериям оптимальности: одна из них предназначена для фильтрации принимаемого сигнала, а другая для управления состоянием экосистемы и приведения ее к заданному целевому состоянию. Управление основано на информации, поставляемой мониторингом, а с другой стороны, посредством управления могут открываться новые возможности для мониторинга. Таким образом, формируется замкнутый информационный цикл. Возникает вопрос применительно к мониторингу и управлению: не можем ли мы, используя возможности одного из них, повышать эффективность другого? В таком случае, естественно использовать энтропию полного информационного цикла вместо двух парциальных энтропий в качестве критерия оптимизации. При этом невозможно приводить состояние экосистемы к цели (оптимуму) любыми способами. Это возможно только, если сложность системы, измеряемая негэнтропией, при этом не убывала, так как это привело бы к снижению оптимизируемого критерия качества управления. Этот критерий адаптирует наши усилия по управлению к естественному гомеостазу системы. Поэтому далее становится неочевидным кто кем управляет, и кто за кем наблюдает: технологическая подсистема за природной или наоборот. Обе выполняют одни и те же функции, как в диалоге. Этот принцип был положен в основу разработки программного комплекса - «Геодиалог». Показано, что эмергетический подход к оценке качества энергии сочетает расчеты для экосистем или антропогенных

систем с расчетом экономических процессов. При таком подходе критерий оптимального управления, скажем, производством энергии с учетом экологического качества энергии – это максимизация не энергетической, а эмергетической продукции. Поскольку из эмергии продукции вычитаются потери эмергии за счет ущерба здоровью населения, само по себе наращивание производства не является оптимальной политикой с точки зрения этого критерия.

2.12 Разработка методики и программного обеспечения для обработки данных прибора БМСВ, входящего в состав эксперимента "ПЛАЗМА-Ф". Проведение систематической обработки указанных данных

1. Продолжены работы по разработке новых и модификации существующих программ для первичной и вторичной (научной) обработки данных спектрометра БМСВ, входящего в состав эксперимента "Плазма-Ф". Для дальнейшей работы отобраны данные прибора БМСВ в режиме свипирования за 2011-2018 гг.

2. Разработана методика определения локальных уровней фототоков (с временным разрешением 6 сек) для прямых детекторов (FC0-FC2) в режиме свипирования. Определены границы применимости разработанной методики.

3. Разработано программное обеспечение для систематического вычисления локальных и усредненных (с различными временами усреднения) значений фототоков для прямых детекторов (FC0-FC2).

4. Уточнена методика и проведена модификация программного обеспечения для определения среднемесячных уровней фототоков для угловых детекторов (FC3-FC5) по измерениям в области LOBS с минимальным влиянием заряженных частиц.

5. С помощью разработанного программного обеспечения определены локальные для прямых детекторов (FC0-FC2) и среднемесячные для угловых детекторов (FC3-FC5) значения фототоков для 1400 сеансов измерений (2011 - 2018гг, 300 сеансов в области LOBS).

6. Проведена повторная первичная обработка данных прибора БМСВ (1090 сеансов, 2011 - 2018гг) с учетом новых данных по уровням фототоков для детекторов (FC0-FC5).

7. Проведены работы по систематической вторичной обработке данных прибора БМСВ (1090 сеансов, 2011 - 2018гг) с определением ключевых параметров плазмы (плотности, скорости, температуры протонов и относительного содержания дважды ионизированных ионов гелия) по интегральным энергетическим спектрам,

измеренным спектрометром БМСВ в режиме свипирования, с использованием комплекса программ MATLAB_PVC. При этом систематическое вычисление относительного содержания гелия проведено впервые.

8. Проведены работы по визуализации результатов вторичной обработки данных прибора БМСВ (построено более 3000 графиков)

9. Проведено внесение результатов вторичной (научной) обработки в систему архивации и распределения данных приборов эксперимента "Плазма-Ф" на КА СПЕКТР-Р.

2.13 Обработка изображений линии горизонта в интересах решения навигационных задач

Продолжались работы по оптической навигации летательных аппаратов в атмосфере Земли по наблюдаемой линии горизонта. Одним из вариантов навигации, которые реализуются по наблюдаемой форме горизонта над океаном, является развитие известных, проверенных временем классических методов навигации, основанных на измерении углового положения звезд, Солнца, Луны над горизонтом.

Значительный интерес, который в настоящее время проявляется к таким методам навигации во всем мире, обусловлен тем, что известные спутниковые глобальные навигационные системы, такие как GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, BEIDOU и им подобные являются крайне уязвимыми к средствам радиоэлектронного подавления. В последние годы указанный принципиальный недостаток стал совершенно неприемлемым и нетерпимым уже во многих практических приложениях навигации. В то же время системы оптической навигации вполне устойчивы к средствам противодействия, хотя погодные условия оказывают на них влияние.

Единственной реальной альтернативой глобальным спутниковым навигационным системам в настоящее время является радионавигационная систем eLoran, являющаяся дальнейшим развитием системы Loran, разработанной еще в годы Второй мировой войны. eLoran обеспечивает существенно более мощный навигационный сигнал, чем любая спутниковая навигационная система. Система использует сеть наземных станций и не обеспечивает глобального покрытия. Также вполне возможно, что сеть eLoran не будет общедоступной.

Наиболее важным и ответственным этапом, в наибольшей степени влияющим на точность решения навигационной задачи, связанной с определением высоты положения звезд, Солнца, Луны над горизонтом, является определение положения линии горизонта и,

соответственно, направления местной вертикали. Вследствие наличия на Земле атмосферы, в которой происходит рассеивание и поглощение оптического излучения, а также присутствия вариаций температуры, давления и влажности, порождающих нерасчетную рефракцию, возникают ошибки определения положения линии горизонта и, соответственно, местной вертикали. Эти ошибки быстро растут с увеличением высоты и на высотах полета беспилотных летательных аппаратов могут существенно превышать ошибки на уровне моря.

Ранее нами были проведены расчеты вертикального профиля яркости в районе линии горизонта для видимого и инфракрасного диапазонов спектра. Данная работа начата для экспериментальной проверки этих расчетов при наблюдении горизонта с высоты 370 м над уровнем моря.

В процессе работы была разработана и изготовлена специальная автоматическая камера (рис. 2.13.1), работающая в двух каналах – оптическом и инфракрасном. Оптический канал спроектирован таким образом, чтобы формировать изображения в условиях очень малой освещенности. Этот канал имеет поле зрения около 17° , содержит объектив Helios-44-2 ($F=58$ мм 1:2), создающий изображение на электронно-оптическом преобразователе (ЭОП) ЭПМ223Г-12-14АР производства ЗАО "Экран ФЭП", и оптическую матрицу 3280 x 2464 пикселей (Sony IMX219 Exmor), на которой строится изображение люминесцентного экрана ЭОП. Перед объективом установлен светофильтр (в настоящее время выполненный из стекла КС11 и ограничивающий спектральную область принимаемого излучения волнами длиннее 620 нм).

Инфракрасный канал содержит приемник НТРА32x32dL2.1/0.8 (фирмы Heimann Sensor) имеющий терморпарную матрицу с 32x32 элементами и германиевую линзу, которые обеспечивают поле зрения инфракрасного канала $90^\circ \times 90^\circ$.



Рисунок 2.13.1 - Внешний вид разработанной и изготовленной камеры.

Управление камерой осуществляется микрокомпьютером Raspberry и модулем Ke-USB24R (KernelChip). Используется операционная система Linux с программой управления на языке Python. Связь с микрокомпьютером осуществляется удаленно по беспроводному каналу WiFi с возможностью подключения к сети Internet. При этом реализуется дистанционное управление камерой и автоматическая запись информации на внешний сервер для последующего анализа. Внутреннее устройство камеры представлено на рис. 2.13.2.

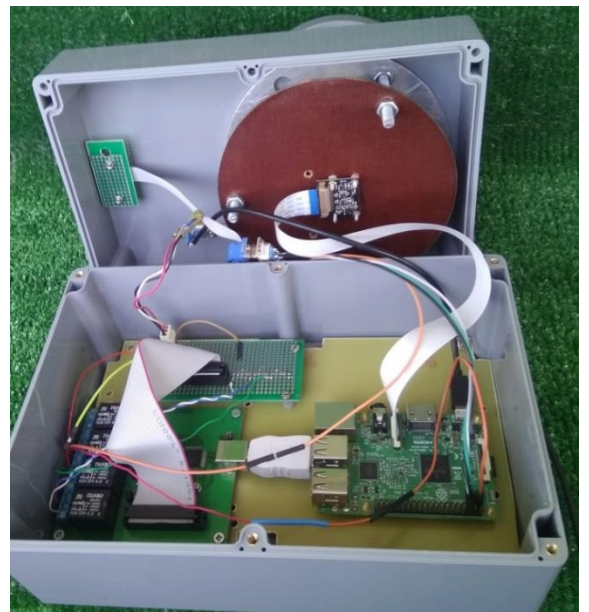
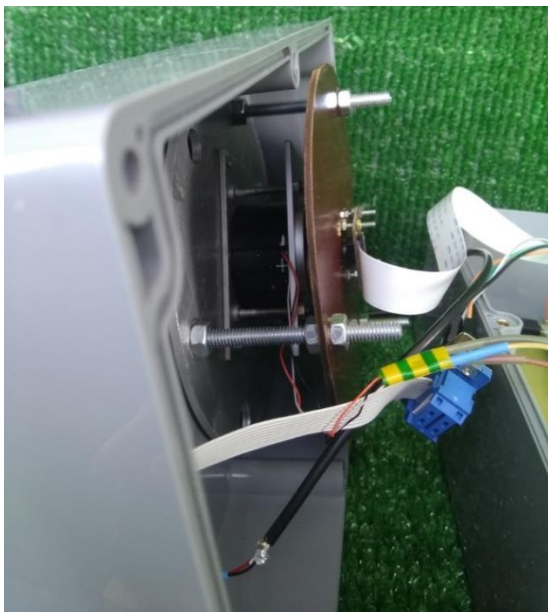


Рисунок 2.13.2 - Внутреннее устройство камеры.

В процессе проверки и тестирования камеры были получены изображения Луны и Венеры с разными усилениями ЭОП. К сожалению, в связи с эпидемиологической ситуацией, установку камеры для съемки морского горизонта пришлось перенести на 2021 год.

2.14 Разработка методов улучшения сходимости алгоритмов декодирования на базе МПД декодеров при большом уровне шума. Подготовка материалов и работа с издательством по изданию новой монографии по корректирующим кодам на английском языке. Продолжение работы по сопровождению процесса патентования новых методов помехоустойчивого кодирования

1. В процессе работы с издательством "Горячая линия - Телеком" выполнена подготовка к публикации англоязычной книги Kuznetsov N.A., Zolotarev V.V., Zubarev Yu.B., Ovechkin G.V., Nazirov R.R., Averin S.V. Problems and Discoveries of the Optimization Theory for Coding near Shannon's Bound (OT in illustrations) // Moscow: Hot Line - Telecom, 2020, 45P. <https://mtdbest.ru/articles/e-comics.pdf> .

2. Продолжено выполнение полного цикла работ по патентованию методов ОТ (Оптимизационной Теории) и МПД (многопороговых декодеров). К настоящему моменту получен патент на изобретение РФ №2721937 по заявке, поданной в начале 2020 г. Согласно патенту защищается способ создания немного более сложного, чем простейший пороговый элемент, решающего устройства для многопорогового декодера (МПД), работающего в ДСК или в гауссовском канале с большим уровнем шума. Он может использоваться для ускорения процесса сходимости решений МПД алгоритма к оптимальному решению. Подана заявка на ещё один патент на изобретение по методам многопорогового декодирования в каналах с большим уровнем шума.

Основные публикации по теме разработок методов помехоустойчивого кодирования в настоящее время связаны, с одной стороны, с проблемами повышения эффективности алгоритмов декодирования. Патент и 2 опубликованные книги по кодам свидетельствуют о решении этих вопросов с активным участием академика Н.А. Кузнецова, бывшего долгое время директором ИППИ РАН, ведущего института по тематике корректирующих кодов.

Другая же группа публикаций относится к критическим статьям по вопросам общего крайне низкого уровня публикаций по этой тематике. В этих публикациях принимали активно участие также академик Н.А. Кузнецов и член-корреспондент РАН Ю.Б. Зубарев. Эти документы создавались очень сложно, т.к. затрагивали интересы многих лиц,

присутствующих в тематике по проблемам помехоустойчивого кодирования. Тем не менее, эти статьи после трудной работы с редакциями вышли в свет. Эта сложная работа будет продолжена.

Важную работу автор отчёта ведёт в сфере популяризации науки в области кодирования среди студентов, аспирантов и специалистов. Этой цели служит популярная брошюра Кузнецов Н.А., Золотарёв В.В., Зубарев Ю.Б., Овечкин Г.В., Назиров Р.Р., Аверин С.В. Проблемы и открытия Оптимизационной Теории помехоустойчивого кодирования // М.: Горячая линия - Телеком, 2020, 36 с. <http://www.mtdbest.ru/articles/comics.pdf>.

Результаты работ также были доложены на двух конференциях проводимых в ИКИ РАН в 2020 г - «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» и «Техническое зрение в системах управления – 2020».

Раздел 3 КОСМОС

3.1 Разработка и внедрение обобщенной отказоустойчивой и масштабируемой архитектуры для территориально распределенной проектно-ориентированной сети в рамках поддержки научных наземных комплексов для сопровождения космических экспериментов

В течение 2020 г. был реализован прототип параллельного загрузчика для больших объемов научных данных по сети Интернет. Подсистема развернута как составная часть вычислительного комплекса SCARP ИКИ РАН и может централизованно избирательно подключаться к различным направлениям загрузки данных с удаленных сайтов. В основе подхода лежит предположение о технологии Fair Queuing (Справедливое Обслуживание), которая обычно реализуется на сетевом оборудовании магистральных операторов связи. Сетевые потоки с различающимися атрибутами попадают в различные очереди обслуживания. При этом, чем больше формальное расстояние между параллельными сетевыми соединениями на пространстве сетевых атрибутов, тем больше вероятность того, что потоки попадут в разные очереди и будут обслуживаться независимо, обеспечив прирост производительности.

В основе работы загрузчика лежит технология адресной трансляции, которая распределяет пользовательские запросы по пулу адресов, находящихся в разных исходных IP-сетях, разнося их, таким образом, в пространстве сетевых атрибутов. По результатам предварительного тестирования данный подход может давать до 50% увеличения скорости загрузки с удаленных ресурсов.

3.2. Разработка и внедрение обобщенной отказоустойчивой и масштабируемой архитектуры сети научного центра данных для сопровождения космических экспериментов

В течение 2020 г. в связи с массовым принудительным переводом сотрудников организаций на удаленный режим была разработана и запущена в опытную эксплуатацию подсистема удаленного доступа к научной и корпоративной сети ИКИ РАН на базе технологии виртуальных частных сетей. Данная разработка интегрирована в систему сетевого управления ИКИ РАН и реализует полный набор функций для автоматизации взаимодействия оператора с пользователями сервиса. В рамках выполнения данной работы удалось реализовать подход, который не предъявляет особых требований к характеристикам удаленного оборудования и квалификации удаленного пользователя. Используется концепция «временной готовой сборки» -- система сетевого управления

автоматически подготавливает и высылает пользователю персонифицированный конфигурационный файл с временными учетными данными, который остается только загрузить в клиент VPN. После применения настроек и выполнения тестирования пользователь безопасным способом регистрирует в системе свои постоянные учетные данные. Такой автоматизированный двухэтапный подход позволяет свести к минимуму возможные ошибки при подготовке оборудования на стороне пользователя и дает высокий уровень операционной масштабируемости, позволяя распространить данный сервис на всех сотрудников предприятия.

3.3. Разработка и внедрение перспективных методов сетевого мониторинга для объективного контроля связности и загрузки базового сетевого графа

В течение 2020 г. был доработан и переведен в штатную эксплуатацию программный продукт Ospflink, обеспечивающий контроль связности сетевого графа на базе топологической информации протокола OSPF. В ИКИ РАН эксплуатируется интеграция модуля OSPFLINK с системой мониторинга на базе ПО Whatsup Gold для контроля работоспособности проектно-ориентированной сети РКПНИ проекта ЭкзоМарс. Представленное решение дает оператору актуальную информацию о статусе удаленных каналов связи, при этом операционные затраты на настройку и сопровождение системы получаются соизмеримы с опросом удаленных узлов по протоколу ICMP. Работы 2020 г. включали также создание механизмов автоматической интеграции модуля OSPFLINK со свободной системой сетевого мониторинга Zabbix. Исходный код Ospflink выложен в публичный доступ на портале github.com (<https://github.com/KamilaZamilova/Ospflink>). На рисунках ниже представлена структурная схема модуля OSPFLINK, а также отображение результата работы на мнемосхеме системы мониторинга сети РКПНИ.

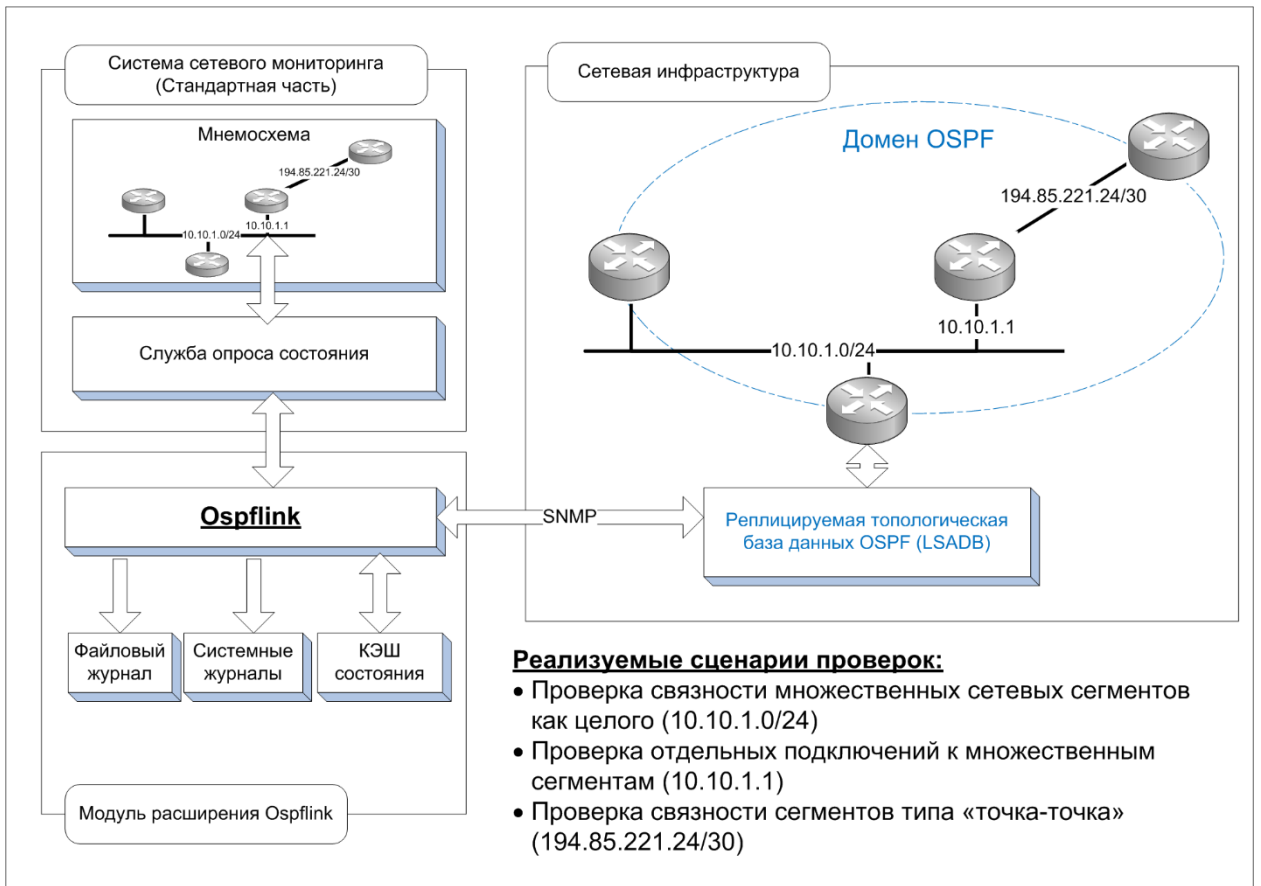


Рисунок 3.3.1 - Структурная схема OSPFLINK.

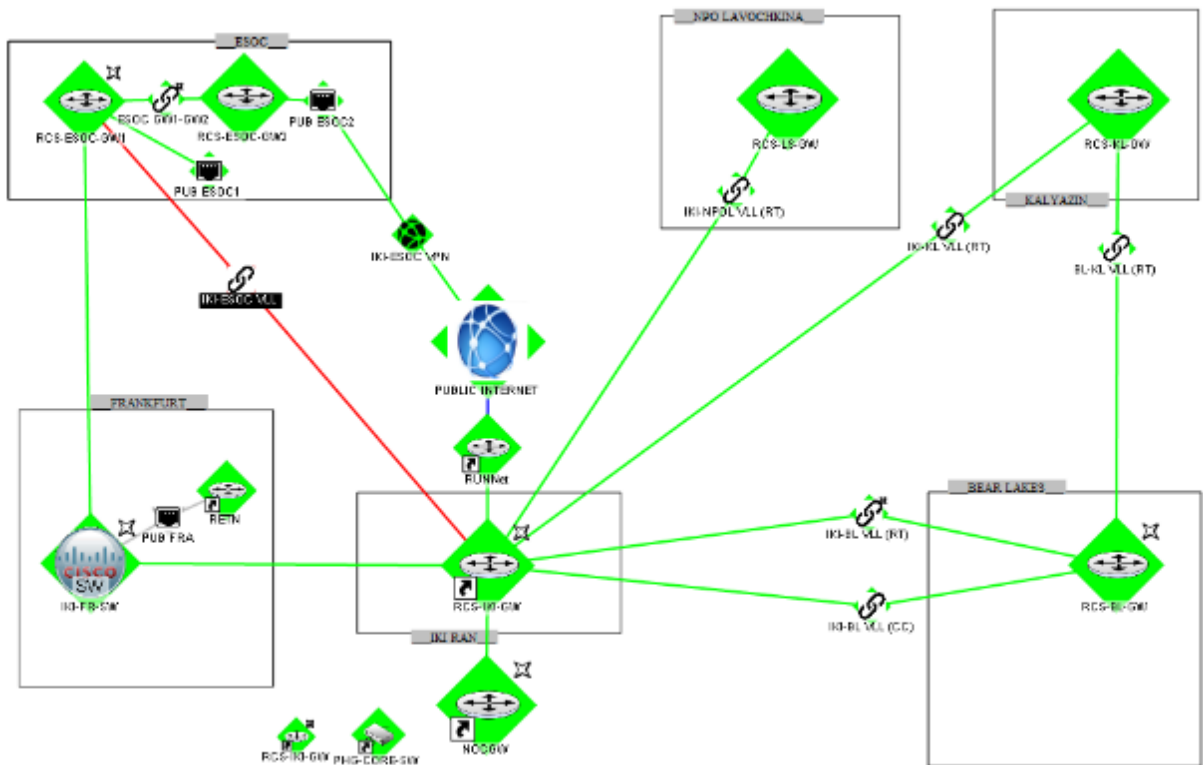


Рисунок 3.3.1 - Результат работы OSPFLINK на карте сети РКПНИ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2020 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 2020 г. было опубликовано 61 научных публикаций. Из них опубликовано:

- статьи в зарубежных изданиях - 12
- статьи в отечественных научных рецензируемых журналах - 8
- монография - 2
- статьи в сборниках материалов конференций - 7
- доклады, тезисы, циркуляры - 27
- патент - 3
- статьи в научно-популярных изданиях - 2
- публикации, подготовленные в соавторстве с зарубежными учёными – 9

Наиболее важные результаты, полученные по теме «Управление»:

Наиболее важные результаты, полученные по теме «Управление» в 2020 году изложены в публикации Н.А. Эйсмонт, И.Д. Коваленко, В.Н. Назаров, Р.Р. Назиров, В.В. Коротков, А.В. Погодин, М.В. Мжельский, Е.Н. Михайлов, А.В. Дитрих, А.И. Трегубов. Управление орбитальным движением и ориентацией космической обсерватории Спектр-Рентген-Гамма. *Письма в Астрономический Журнал*, 2020, том 46, №4, с.292-303, <https://doi.org/10.31857/S0320010820040051>

Статья является результатом исследований и разработок, направленных на создание методов управления движением обсерватории СРГ. При этом удалось решить задачу оптимального сочетания операций по выполнению заданной программы поддержания требуемой ориентации обсерватории и удержания его орбитальных параметров в области, позволяющих обсерватории оставаться в окрестности солнечно-земной коллинеарной точки либрации L2 с минимальным расходом рабочего тела. Заметим, что при стандартном подходе к решению этой задачи управления расход рабочего тела был бы более чем на порядок выше. К тому же сама частота коррекций поддержания орбиты также заметно снизилась (в 2-3 раза) и упростился весь процесс управления движением. Это позволило в условиях новых неожиданных ограничений по организации всех операций управления сохранить требуемый уровень надёжности этого процесса.

Следует отметить, что изложенное в статье является результатом работы большого коллектива, в который вошли не только сотрудники ИКИ, но и их коллеги из НПО Лавочкина и РКК Энергия.

Изложенные в статье концепции управления позволили (и позволяют) успешно справиться с трудностями, возникающими из-за ограничений по зонам видимости с наземных станций управления. В частности, реализуются операции по изменению начальных орбитальных параметров, которые позволяют удерживать орбиту обсерватории в границах требуемых интервалов видимости обсерватории. При этом необходимый расход рабочего тела остается в пределах, дающих возможность эксплуатации обсерватории далее за пределами планируемых сроков.

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. Elvidge, Christopher D; Ghosh, Tilottama; Hsu, Feng-Chi; Zhizhin, Mikhail; Bazilian, Morgan. The Dimming of Lights in China during the COVID-19 Pandemic. *Remote Sensing*, 12(17), 2851, 2020; <https://doi.org/10.3390/rs12172851> (IF=4,509, Q1)
2. Elvidge, Christopher D; Hsu, Feng-Chi; Zhizhin, Mikhail; Ghosh, Tilottama; Taneja, Jay; Bazilian, Morgan. Indicators of Electric Power Instability from Satellite Observed Nighttime Lights. *Remote Sensing*, 12(19), 3194, 2020; <https://doi.org/10.3390/rs12193194> (IF=4,509, Q1)
3. Ghosh, Tilottama; Elvidge, Christopher D; Hsu, Feng-Chi; Zhizhin, Mikhail; Bazilian, Morgan. The Dimming of Lights in India During the COVID-19 Pandemic. *Remote Sensing*, 12(20), 3289, 2020; <https://doi.org/10.3390/rs12203289> (IF=4,509, Q1)
4. M. V. Altaisky. Wavelet regularization of gauge theories. *Physical Review D*, 101, 105004, 2020; <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.101.105004> (IF=4,833, Q1)
5. M. V. Altaisky, R. Raj. Wavelet regularization of Euclidean QED. *Physical Review D*, 102, 125021, 2020; <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.102.125021> (IF=4,833, Q1)
6. Suchithra K.S., Gopalakrishnan E.A., Surovyatkina Elena, Kurths Jürgen. Rate-induced transitions and advanced takeoff in power systems. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science* 30 (6), 061103, 2020, <https://doi.org/10.1063/5.0002456> (IF=2.832, Q1). (RFBR 20-07-01071 A)
7. Nina A., Pulinets S., Biagi P.F., Nico G., Mitrovic S.T., Radovanovic M., Popovic L.C. Variation in natural short-period ionospheric noise, and acoustic and gravity waves revealed by the amplitude analysis of a VLF radio signal on the occasion of the Kraljevo earthquake (Mw=5.4). *Science of the Total Environment*, 710, 136406, 2020; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136406> (IF= 6.551, Q1)
8. A. Kovaleva. Autoresonance in weakly dissipative Klein-Gordon chains, *Physica D: Nonlinear Phenomena*, vol. 402, 132284 (2020). (RFBR 17-01-00582) <https://doi.org/10.1016/j.physd.2019.132284> (IF=1,807, Q1)
9. Kovalenko I.D., Eismont N.A., Limaye S.S., Zasova L.V., Gorinov D.A., Simonov A.V. Micro-spacecraft in Sun-Venus Lagrange point orbit for the Venera-D mission. *ADVANCES IN SPACE RESEARCH*; 66, 1, pages 21-28, 2020; <https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.10.027>, (IF=2.177, Q3)

10. Rapoport Y., Grimalsky V., Krankowski A., Pulinets S., Fedorenko A., Petrishchevskii S., Algorithm for modeling electromagnetic channel of seismo-ionospheric coupling (SIC) and the variations in the electron concentration, *Acta Geophysica*, Том: 68, 1, 253-278, 2020; <https://doi.org/10.1007/s11600-019-00385-0> (IF=1.01, Q3)
11. Zhantayev Zhu. Sha., Khachikyan G. Ya., Pulinets S. A., Zhumabayev B.T., Toyshiev N.S., Research of variations of seismic activity in connection with variations of structure and dynamics of the earth's radiation belt, *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physico-mathematical series*, Volume 3, Number 331 (2020), 169 – 176, doi.org/10.32014/2020.2518-1726.50 (IF=0.09, Q4)
12. Ouzounov D., Pulinets S., Sun K., Shen X., Kafatos M., Atmosphere response to pre-earthquake processes revealed by satellite and ground observations. Case study for few strong earthquakes in Xinjiang, China (2008-2014), *Annals of Geophysics*, 63(5) p. PA552, 2020. ISSN 2037-416X. doi: <http://dx.doi.org/10.4401/ag-8080>. (IF=1.59, S)
- Статьи в отечественных научных рецензируемых журналах**
13. M. V. Altaisky. Multiscale Gauge Invariance. *Physics of Particles and Nuclei*, volume 51(4), pages 521–525, 2020; <https://doi.org/10.1134/S1063779620040061> (IF=0.318, Q4)
14. Свиридов К. Н., Тюлин А. Е., Пулинец С. А., Новая оценка линейного инструментального разрешения на местности космических аппаратов дистанционного зондирования Земли для совершенного проектирования их оптико-электронной аппаратуры, *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2020. Т. 17. №1. С. 59–67, DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-1-59-67 (IF= 0.55, S)
15. Н.А. Эйсмонт, И.Д. Коваленко, В.Н. Назаров, Р.Р. Назиров, В.В. Коротков, А.В. Погодин, М.В. Мжельский, Е.Н. Михайлов, А.В. Дитрих, А.И. Трегубов. Управление орбитальным движением и ориентацией космической обсерватории Спектр-Рентген-Гамма. *Письма в Астрономический Журнал*, 2020, том 46, №4, с.292-303, <https://doi.org/10.31857/S0320010820040051>
16. Морозова Л.И., Николаев А.В., Пулинец С.А. Облачные аномалии и землетрясения. *Геология и геофизика Юга России*. 2020. 10 (3): 57 – 78. DOI: 10.46698/VNC.2020.29.41.004, (импакт фактор РИНЦ 0.401)
17. Калинин А.П., Рубцов Н.М., Виноградов А.Н., Егоров В.В., Матвеева Н.А., Родионов А.И., Сазонов А.Ю., Трошин К.Я., Цветков Г.И., Черныш В.И. Воспламенение смесей водород-углеводород (C1 – C6)–воздух над поверхностью

- палладия при давлениях 1–2 атм. *Химическая физика*. 2020. Т. 39. № 5. С. 1-9. DOI: 10.31857/S0207401X20050052.
18. Егоров В.В., Калинин А.П., Родионов А.И., Родионов И.Д., Родионова И.П. Дистанционное обнаружение очагов пожара с помощью ультрафиолетового сенсора. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2020. Т.17. №4. С. 51-57. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-4-51-57.
19. К.С. Федяев, В.В. Корянов, С.А. Бобер, В.А. Зубко, А.А. Беляев Расчет периодов просвечивания венерианской атмосферы радиосигналом между двумя космическими аппаратами в задаче изучения её состава //Инженерный журнал: наука и инновации. – 2019. – №. 12 (96). DOI: 10.18698/2308-6033-2019-12-1943 Импакт-фактор журнала в РИНЦ: 0,277 (не входила в отчет за 2019)
20. Н.А. Эйсмонт, В.В. Корянов, К.С. Федяев, С.А. Бобер, В.А. Зубко, А.А. Беляев. Возможность расширения достижимых областей посадки в рамках проекта «Венера-Д» путем выбора окон старта //Инженерный журнал: наука и инновации. – 2020. – №. 4 (100). DOI: 10.18698/2308-6033-2020-4-1975 Импакт-фактор журнала в РИНЦ: 0,277

Монографии, учебники

21. Балтер Б.М., Фаминская М.В., Никитина Н.И., Бонкало Т.И., Романова Е.Ю., Ильгов В.И., Гарданова Ж.Р. Моделирование информационных потоков, связанных с глобализацией и влиянием индустриального развития на здоровье населения. Коллективная монография. Москва. 2020. 238 с. Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «Издательско-торговый Дом «ПЕРСПЕКТИВА».
22. M.V.Altaisky and N.E.Kaputkina, Quantum Neural Networks and Quantum Intelligence, Chap.6 (pp. 165-185) in *Rhythmic Oscillations in Proteins to Human Cognition* ed. by A.Bandyopadhyay and K.Ray, Springer (2020) doi:10.1007/978-981-15-7253-1_6

Статьи в сборниках материалов конференций

23. Vadim Bogdanov, Valery Gavrilov, Sergey Pulinets and Dimitar Ouzounov Responses to the preparation of strong Kamchatka earth-quakes in the lithosphere–atmosphere–ionosphere system, based on new data from integrated ground and ionospheric monitoring, E3S Web Conf., 196 (2020) 03005, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019603005> (IF=0,52, S)
24. A. Kovaleva. Resonance-induced energy localization in weakly dissipative anharmonic chains, in: W.Lacarbonara, B. Balachandran, J. Ma, J. A. Tenreiro Machado, G. Stepan,

- (eds.), *Proc. of the 1st International Nonlinear Dynamics Conference*, pp. 277 – 288, Springer Nature Switzerland AG 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-34713-0>.
25. A. Kovaleva. Energy transport and localization in weakly dissipative resonant chains, in: I. Kovacic, S. Lenci (eds.), *Proc. of the IUTAM Symposium on Exploiting Nonlinear Dynamics for Engineering Systems*, 191-203. Springer Nature Switzerland AG (2020). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23692-2>.
26. Vladimir A. Grishin. *Classical Control Theory and Methods of Artificial Intelligence: Machine Self-Learning // Series: Advances in Engineering Research. Volume 35*. Edited by Victoria M. Petrova. Nova Science Publishers Inc. Hauppauge, N.Y. 2020.
27. Natan Eismont, Vsevolod Koryanov, Konstantin Fedyaev, Stanislav Bober, Vladislav Zubko, and Andrey Belyaev. On the Possibility of Expanding the Landing Areas within the Venera-D Project by Selecting Launch Windows. *Proceedings of XLIV Academic Space Conference.*: MS ID: AIPCP20-AR-ASC2020-00113
28. В.В. Золотарёв. Г.В. Овечкин. Оптимизационная Теория - технологический стиль проектов вблизи границы Шеннона. // В сб.: М., «Международная конференция по цифровой обработке сигнала и её приложения-ДСПА-2020». УДК 621.391:004(082) http://www.rntores.ru/DSPA/2020-DSPA-22_sbornik_dokladov_konferencii_bez_avtorskogo_ukazatelya.pdf
29. Zolotarev V.V., Ovechkin G.V. On the Prospects of Optimization Theory // 2020. 22th International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA), Moscow, Russia, 2020. DOI: 10.1109/DSPA48919.2020.9213241.
- Доклады, тезисы, циркуляры**
30. Dimitar Ouzounov, Sergey A Pulinets, Dmitry Davidenko, Alexander Rozhnoi, Mariya Solovieva, Menas Kafatos, Andrew Papilion, Patrick T Taylor, Observing of pre-earthquake transients features in atmosphere-ionosphere associated with January 2020 Caribbean earthquakes, *AGU 2020 Fall Meeting*, San-Francisco, USA, Session NH003 - *Integrated Studies of Pre-earthquake Processes, Geohazards, and Space Weather with Multisensor Observations II Posters*, Paper NH003-0004, <https://agu.confex.com/agu/fm20/meetingapp.cgi/Paper/684455>
31. Ouzounov, D., Pulinets, S., Guiliani, G., Velichkova-Iotsova, S., Kafatos, M., and Taylor, P.: Pre-earthquake processes associated with the M6.4 of Nov 26, 2017 In Albania. A Multi parameters analysis., *EGU General Assembly 2020*, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-6251, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-6251>, 2020
32. Pulinets, S. and Khachikyan, G.: Solar induced earthquakes – review and new results, *EGU General Assembly 2020*, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-10821,

- <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-10821>, 2020 (поддержана грантом РФФ 18-12-00441)
33. Пулинец С.А., Д.П. Узунов, Д.В. Давиденко, П.А. Будников Принципы организации прогноза землетрясений на основе данных многопараметрического сетевого мониторинга, *XI Международная конференция «СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ФИЗИКА ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ»* 22 - 25 сентября 2020 г., ИКИР ДВО РАН, с. Паратунка, Камчатский край
http://www.ikir.ru/export/sites/ikir/ru/Events/Conferences/2020-XI/Conference_program_2020.pdf
 34. Богданов В.В., Гаврилов В.А., Пулинец С.А., Узунов Д.П. Отклики на подготовку сильных камчатских землетрясений в системе литосфера– атмосфера–ионосфера с учетом новых данных комплексного наземного и ионосферного мониторинга, *XI Международная конференция «СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ФИЗИКА ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ»* 22 - 25 сентября 2020 г., ИКИР ДВО РАН, с. Паратунка, Камчатский край
http://www.ikir.ru/export/sites/ikir/ru/Events/Conferences/2020-XI/Conference_program_2020.pdf
 35. Пулинец С.А., Давиденко Д.В., Будников П.А., Разработка методов автоматического поиска областей подготовки катастрофических землетрясений с использованием космических технологий, *Восемнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса"*, Москва, ИКИ РАН, 16-20 ноября 2020 г.
 36. Elena Surovyatkina and Roman Medvedev. Ice Season forecast under Climate Change: Tipping element approach. EGU General Assembly Conference, online, 4–8 May 2020, EGU General Assembly Conference Abstracts 2020, 20073, EGU2020-20073 (РФФИ)
<https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-20073>
<https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2020/EGU2020-20073.html?pdf>
 37. Elena Surovyatkina. Tipping elements approach for forecasting onset and withdrawal of Indian Summer Monsoon: climate change and air quality impacts Elena Surovyatkina. The invited Talk for the International Conference on “Aerosol Air Quality, Climate Change, and Impact on Water Resources and Livelihoods in the Greater Himalayas, online, 09-11 September 2020, (РФФИ), <https://www.aries.res.in/ic/> ,
<https://www.aries.res.in/ic/Abstracts.pdf>
 38. Маслов И.А., Гришин В.А. Камера для измерения контрастности границы атмосфера-море в видимом и инфракрасном диапазонах с целью оценки

- возможности обнаружения линии горизонта в ночное время // Восемнадцатая 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. 16 - 20 ноября 2020 г., ИКИ РАН, Москва. XVIII.C.452
39. Полякова Т.В. Особенности учета распределения напряжений в десне при моделировании покрывных протезов типа «сэндвич» // *VI международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные задачи механики» (Fundamental and applied problems of mechanics (FAPM-2020))*, МГТУ им. Баумана, 2-4 декабря 2020.
40. Егоров В. В., Калинин А. П., Родионов И.Д., Родионов А.И., Родионова И.П. Использование данных бортового УФ-С-сенсора для автоматического обнаружения и определения координат очагов пожаров и наведения на них носителя огнегасящей жидкости. *Научно-техническая конференция «Техническое зрение в системах управления - 2020»*. Доклад и тезисы доклада. Москва, 17-18 марта 2020. XVIII.B.440. Сайт конференции: <http://tvcs2020.technicalvision.ru>
41. Виноградов А.Н., Егоров В.В., Калинин А.П., Родионов И.Д., Родионов А.И., Родионова И.П. Калибровка узкоугольного гиперспектрометра видимого и ближнего инфракрасного диапазона. Доклад и тезисы доклада на *18-ой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»*, Москва.16-20 ноября 2020 г. XVIII.C.339. Сайт конференции: <http://conf.rse.geosmis.ru>
42. Эйсмонт Н.А., Корянов В.В., Федяев К.С., Бобер С.А., Зубко В.А., Беляев А.А. Определение возможных зон посадки спускаемого аппарата на поверхность Венеры // *XLIV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых-пионеров освоения космического пространства*. – 2020. – С. 736-737.
43. V.A. Zubko, A.A. Belyaev, N.A. Eismont, K.S. Fedyaev, L.V. Zasova, D.A.Gorinov. Landing on the Venus Surface with Gravity Assist. // *The Eleventh Moscow Solar System Symposium 11MS-3, October 5-9, 2020. The program and the collection of Abstracts*. - Space Research Institute, Moscow. P.372. ISBN 978-5-00015-050-4. DOI: 0.21046/11MS3-2020
44. Зубко В.А. Проектирование перспективной миссии к транснептуновому объекту 90377 (Седна). Доклад на семинаре ИКИ РАН «Механика, Управление и Информатика» 24.09.20 <http://www.iki.rssi.ru/seminar/20200924/abstract.php>

45. Беляев А.А. Баллистическое проектирование траектории перелёта к спутнику Юпитера Ганимеду. Доклад на семинаре ИКИ РАН «Механика, Управление и Информатика» 24.09.20 <http://www.iki.rssi.ru/seminar/20200924/abstract.php>
46. M.V. Altaisky. Wavelet regularization of gauge theories. *10th International Conference on Exact Renormalization Group 2020 (ERG2020)* г. Киото, Япония, 2 – 6 ноября 2020. http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~erg2020/ERG2020_files/program.php (Zoom)
47. В. Н. Назаров. Совместный российско-китайский центр данных по исследованию Луны и дальнего космоса. Заседание российско-китайской группы по исследованию Луны и дальнего космоса российско-китайской подкомиссии по сотрудничеству в области космоса, 06.06.2020 г, в режиме видеоконференции.
48. Золотарев В. В., Котцов В. А. Алгебраический подход к восстановлению изображения получаемого с ошибками в системах технического зрения // В сб.: «Техническое зрение в системах управления-2020». М., ИКИ РАН. <http://tvcs2020.technicalvision.ru/docs/Program-2020-v3.pdf> .
49. Золотарёв В.В. Применение технологий Оптимизационной Теории для цифровой связи вблизи границы Шеннона. // Конф. «Современные проблемы ДЗЗ». Тезисы докладов.
50. Зубко В.А., Корянов В.В., Федяев К.С., Суханов А.А., Беляев А.А. Оптимизация полета к транснептуновому объекту Седна. VI международная научная конференция «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ» Fundamental and applied problems of mechanics (FAPM-2020), МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2-4 декабря 2020г.
51. Беляев А.А., Корянов В.В., Федяев К.С., Суханов А.А., Зубко В.А. Баллистическое проектирование траектории перелета к спутнику Юпитера Ганимеду. VI международная научная конференция «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ» Fundamental and applied problems of mechanics (FAPM-2020), МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2-4 декабря 2020г.
52. Vladislav Zubko, Alexander Sukhanov, Konstantin Fedyaev, Vsevolod Koryanov and Andrey Belyaev. USING GRAVITY ASSISTS FOR FLIGHT DESIGN TO TRANS-NEPTUNIAN OBJECT (90377) SEDNA, IAA-AAS-SciTech-103, IAA/AAS SciTech Forum 2020 Cyber Edition, December 8-10, 2020, <https://www.youtube.com/watch?v=ha3pjlVv12I&list=PLfI5cDIeEdXEEokWVWk47HEtuVwkVt-TA&index=5>
53. Sergey Aksenov, Stanislav Bober, Maria Guskova and Aleksander Korneev. NUMERICAL METHODS FOR CALCULATION OF LIBRATION POINT ORBITS,

IAA-AAS-SciTech-104, IAA/AAS SciTech Forum 2020 Cyber Edition, December 8-10, 2020

54. Stanislav Bober, Sergey Aksenov, Aleksandr Korneev and Gleb Mezentsev. ORBIT SELECTION FOR THE SYSTEM FOR THE OBSERVATION OF DAYTIME ASTEROIDS MISSION, IAA-AAS-SciTech-105, IAA/AAS SciTech Forum 2020 Cyber Edition, December 8-10, 2020
55. Ravil Nazirov, Natan Eismont, Vladislav Zubko, Andrew Belyaev, Ludmila Zasova, Dmitry Gorinov and Alexander Simonov. USING GRAVITY ASSIST FOR LANDING ON THE VENUS, IAA-AAS-SciTech-106, IAA/AAS SciTech Forum 2020 Cyber Edition, December 8-10, 2020, <https://www.youtube.com/watch?v=cYVnLK7JFf0&list=PLfI5cDIeEdXEEokWVWk47HEtuVwkVt-TA&index=6&t=1s>
56. Natan A. Eismont, Maxim V. Pupkov, Konstantin S. Fedyayev, Vladislav A. Zubko, Andrey A. Belyaev, Nikita A. Simbiriyov, Ravil R. Nazirov. POSSIBILITIES FOR USING A SPACECRAFT IN AN ORBIT AROUND THE COLLINEAR SUN EARTH LIBRATION POINT TO STUDY NEAR EARTH ASTEROIDS, IAA-AAS-SciTech-107, IAA/AAS SciTech Forum 2020 Cyber Edition, December 8-10, 2020, https://youtu.be/Lnnis9E3z_U

Патенты

57. Ouzounov D., Pulinets S., Earthquake Forecast Device, United States Patent, Patent No.: US 10,598,804 B2, Date of Patent: Mar. 24, 2020
58. Ouzounov D., Pulinets D., Earthquake Warning System, United States Patent, Patent: No US 10,823,864 B2, Date of Patent: Nov. 3, 2020
59. В.В. Золотарёв. Способ декодирования помехоустойчивого кода. // Патент на изобретение РФ №2721937 от 25.05.2020 г.

Научно-популярные издания

60. Кузнецов Н.А., Золотарёв В.В., Зубарев Ю.Б., Овечкин Г.В., Назиров Р.Р., Аверин С.В. Проблемы и открытия Оптимизационной Теории помехоустойчивого кодирования // М.: Горячая линия - Телеком, 2020, 36 с. ISBN 978-5-9912-0854-3. URL: <http://www.mtdbest.ru/articles/comics.pdf>.
61. N.A. Kuznetsov, V.V. Zolotarev, Yu.B. Zubarev, G.V. Ovechkin, R.R. Nazirov, S.V. Averin. K-91 Problems and Discoveries of the Optimization Theory for Coding near Shannon's Bound. (OT in illustrations) Moscow: Hot Line - Telecom, 2020. - 45 p.: Il. ISBN 978-5-9912-0872-7.

Список публикаций по теме УПРАВЛЕНИЕ

1. Elvidge, Christopher D; Ghosh, Tilottama; Hsu, Feng-Chi; Zhizhin, Mikhail; Bazilian, Morgan. The Dimming of Lights in China during the COVID-19 Pandemic. *Remote Sensing*, 12(17), 2851, 2020; <https://doi.org/10.3390/rs12172851> (IF=4,509, Q1)
2. Elvidge, Christopher D; Hsu, Feng-Chi; Zhizhin, Mikhail; Ghosh, Tilottama; Taneja, Jay; Bazilian, Morgan. Indicators of Electric Power Instability from Satellite Observed Nighttime Lights. *Remote Sensing*, 12(19), 3194, 2020; <https://doi.org/10.3390/rs12193194> (IF=4,509, Q1)
3. Ghosh, Tilottama; Elvidge, Christopher D; Hsu, Feng-Chi; Zhizhin, Mikhail; Bazilian, Morgan. The Dimming of Lights in India During the COVID-19 Pandemic. *Remote Sensing*, 12(20), 3289, 2020; <https://doi.org/10.3390/rs12203289> (IF=4,509, Q1)
4. M. V. Altaisky. Wavelet regularization of gauge theories. *Physical Review D*, 101, 105004, 2020; <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.101.105004> (IF=4,833, Q1)
5. M. V. Altaisky, R. Raj. Wavelet regularization of Euclidean QED. *Physical Review D*, 102, 125021, 2020; <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.102.125021> (IF=4,833, Q1)
6. Nina A., Pulinets S., Biagi P.F., Nico G., Mitrovic S.T., Radovanovic M., Popovic L.C. Variation in natural short-period ionospheric noise, and acoustic and gravity waves revealed by the amplitude analysis of a VLF radio signal on the occasion of the Kraljevo earthquake (Mw=5.4). *Science of the Total Environment*, 710, 136406, 2020; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136406> (IF= 6.551, Q1)
7. Suchithra K.S., Gopalakrishnan E.A., Surovyatkina Elena, Kurths Jürgen. Rate-induced transitions and advanced takeoff in power systems. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science* 30 (6), 061103, 2020, <https://doi.org/10.1063/5.0002456> (IF=2.832, Q1) (RFBR 20-07-01071 A)
8. A. Kovaleva. Autoresonance in weakly dissipative Klein-Gordon chains, *Physica D: Nonlinear Phenomena*, vol. 402, 132284 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.physd.2019.132284> (IF=1,807, Q1) (RFBR 17-01-00582)
9. Kovalenko I.D., Eismont N.A., Limaye S.S., Zasova L.V., Gorinov D.A., Simonov A.V. Micro-spacecraft in Sun-Venus Lagrange point orbit for the Venera-D mission. *ADVANCES IN SPACE RESEARCH*; 66, 1, pages 21-28, 2020; <https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.10.027>, (IF=2.177, Q3)
10. Rapoport Y., Grimalsky V., Krankowski A., Pulinets S., Fedorenko A., Petrishchevskii S., Algorithm for modeling electromagnetic channel of seismo-ionospheric coupling (SIC) and the variations in the electron concentration, *Acta Geophysica*, Том: 68, 1, 253-278, 2020; <https://doi.org/10.1007/s11600-019-00385-0> (IF=1.01, Q3)

11. Zhantayev Zhu. Sha., Khachikyan G. Ya., Pulinets S. A., Zhumabayev B.T., Toyshiev N.S., Research of variations of seismic activity in connection with variations of structure and dynamics of the earth's radiation belt, *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physico-mathematical series*, Volume 3, Number 331 (2020), 169 – 176, doi.org/10.32014/2020.2518-1726.50 (IF=0.09, Q4)
12. Eismont N.A., Kovalenko I.D., Nazarov V.N., Nazirov R.R., Korotkov F.V., Pogodin, A.V., Mzhelskii P.V., Mikhailov E.A., Ditrikh A.V., Tregubov A.I. Orbital Motion and Attitude Control of the Spectrum-Rontgen-Gamma Space Observatory. *ASTRONOMY LETTERS-A JOURNAL OF ASTRONOMY AND SPACE ASTROPHYSICS*; 46, 4, pages 263-274, 2020; DOI: 10.1134/S1063773720040040, (IF=1.489, Q3)
13. M. V. Altaisky. Multiscale Gauge Invariance. *Physics of Particles and Nuclei*, volume 51(4), pages 521–525, 2020; <https://doi.org/10.1134/S1063779620040061> (IF=0.318, Q4)
14. Kalinin A.P., Rubtsov N.M., Vinogradov A.N., Egorov V.V., Matveeva N.A., Rodionov A.I., Sazonov A.Yu., Troshin K.Ya., Tsvetkov G.I., Chernysh. Ignition of Hydrogen-Hydrocarbon (C1 – C6)-Air Mixtures over the Palladium Surface at 1–2 Atm. *Russian Journal of Physical Chemistry B*. 2020. Vol. 14. No. 3. P. 413-421. DOI: 10.1134/S1990793120030057, (IF=0.544, Q4)
15. Ouzounov D., Pulinets S., Sun K., Shen X., Kafatos M., Atmosphere response to pre-earthquake processes revealed by satellite and ground observations. Case study for few strong earthquakes in Xinjiang, China (2008-2014), *Annals of Geophysics*, 63(5) p. PA552, 2020. ISSN 2037-416X. doi: <http://dx.doi.org/10.4401/ag-8080>. (IF=1.59, Scopus)
16. Н.А. Эйсмонт, И.Д. Коваленко, В.Н. Назаров, Р.Р. Назиров, В.В. Коротков, А.В. Погодин, М.В. Мжельский, Е.Н. Михайлов, А.В. Дитрих, А.И. Трегубов. Управление орбитальным движением и ориентацией космической обсерватории Спектр-Рентген-Гамма. *Письма в Астрономический Журнал*, 2020, том 46, №4, с.292-303, <https://doi.org/10.31857/S0320010820040051>
17. Калинин А.П., Рубцов Н.М., Виноградов А.Н., Егоров В.В., Матвеева Н.А., Родионов А.И., Сазонов А.Ю., Трошин К.Я., Цветков Г.И., Черныш В.И. Воспламенение смесей водород-углеводород (С1 – С6)–воздух над поверхностью палладия при давлениях 1–2 атм. *Химическая физика*. 2020. Т. 39. № 5. С. 1-9. DOI: 10.31857/S0207401X20050052