

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им.
Н.В.Пушкова Российской академии наук
(ИЗМИРАН)**

**Отчет по дополнительной референтной группе 13 Физика океана и атмосферы, гео-
физика**

Дата формирования отчета: **22.05.2017**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Инфраструктура научной организации

1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности науч- ных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструк- торские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

2. Информация о структурных подразделениях научной организации

Направление "Магнетизм Земли и планет"

Природа, наблюдение и моделирование постоянного геомагнитного поля и глубинной электропроводности Земли.

Отдел постоянного магнитного поля Земли.

Лаборатория главного магнитного поля Земли

Лаборатория геомагнитных спутниковых исследований.

Лаборатория стратосферных геомагнитных исследований

Исследование переменного магнитного поля Земли

Отдел переменного магнитного поля Земли

Лаборатория геомагнитных вариаций

Лаборатория магнитных космических исследований

Сектор полярных геофизических исследований

Сектор космической магнитоплазмотоники



057074

Развитие магнитометрического приборостроения и метрологии магнитных измерений, наблюдения вариаций магнитного поля.

Научно-производственная лаборатория геомагнитных приборов и измерений

Магнитная обсерватория

Лаборатория квантовой и криогенной магнитометрии

Сектор магнитных наблюдений

Сектор информационной и технической поддержки

Сектор прикладной криоэлектроники.

Сектор планирования экспериментов

Санкт-Петербургский филиал

Отдел геомагнитных исследований.

Лаборатория наземных геомагнитных исследований.

Сектор магнитной картографии.

Группа магнитных свойств.

Группа аэромагнитных исследований

Сектор информационных геомагнитных технологий

Лаборатория морских геомагнитных исследований.

Лаборатория магнитосферных возмущений.

Магнитно-ионосферная обсерватория

Направление “Ионосфера и распространение радиоволн”

Отдел распространения радиоволн.

Лаборатория дифракции радиоволн в ионосфере.

Лаборатория моделирования волновых полей в ионосфере

Сектор широкополосного радиозондирования

Сектор нелинейных волновых процессов

Отдел космической геофизики.

Лаборатория активных экспериментов в космосе

Сектор малых спутниковых систем

Лаборатория физики приземной плазмы

Лаборатория низкочастотных излучений и электромагнитной совместимости

Лаборатория теории электромагнитных полей

Лаборатория электрических и магнитных полей в магнитосфере

Лаборатория динамики системы литосфера-гидросфера-атмосфера.

Сектор магнитно-ионосферных взаимодействий

Лаборатория диагностики ионосферных процессов

Лаборатория цифровых ионозондов.

Лаборатория исследования неоднородностей ионосферы

Сектор коротковолнового зондирования ионосферы

Лаборатория наземных ионосферных наблюдений



Лаборатория экспериментальных радиофизических исследований.

Калининградский филиал ИЗМИРАН

Лаборатория экспериментальных исследований.

Лаборатория моделирования ионосферных процессов

Обсерватория магнитно-ионосферных и радионаблюдений.

Направление “ Солнечно-земная физика”

Лаборатория динамики ионосферы

Лаборатория ионосферного мониторинга и прогноза

Лаборатория физики и моделирования ионосферы

Лаборатория исследований верхней атмосферы.

Лаборатория спутниковых исследований ионосферы

Лаборатория ионосферной плазмы

Сектор солнечно-ионосферных связей

3. Научно-исследовательская инфраструктура

В области исследований геомагнитного поля Земли институт располагает следующими ресурсами:

Магнитные обсерватории ИЗМИРАН, Санкт-Петербург, Калининград с полным комплектом цифровых приборов для измерения полного магнитного поля и его вариаций.

Сеть цифровых магнитовариационных станций для измерения вариаций магнитного поля (Казань, Нальчик, Карпогоры и Климовское -Архангельской обл., о. Белый, Гыда, Харасавей, Салехард и Надым – Ямал).

Уникальный аэростатный магнитный градиентометер. Состоит из трёх магнитометров разнесённых по высоте на 6 км, позволил впервые в мировой практике получить высотные градиенты магнитного поля от магнитных источников, расположенных в земной коре. На основании данных выполненных полетов показано, что в аэростатном профиле аномального МПЗ содержатся реальные магнитные неоднородности, размером до 500 км, обусловленные глубинными источниками. Доказано, что в наземном профиле аномального МПЗ, магнитные неоднородности ограничены максимальным размером 130 км, и этот профиль ошибочно не содержит реальных крупных неоднородностей (150-500 км). Этим объясняется важнейший дефект наземных карт аномального МПЗ, заключающийся в отсутствии в них полей глубинных магнитных источников. По этой причине невозможно правильно пересчитывать магнитные аномалии, представленные наземными магнитными картами, вверх от поверхности Земли и строить по ним надежную аналитическую модель аномального МПЗ для околоземного пространства. (Цветков Ю.П., Брехов О.М., Бондарь Т.Н., Филиппов С.В., Петров В.Г., Цветкова Н.М., Фрунзе А.Х. Оценки точности некоторых глобальных аналитических моделей постоянного магнитного поля земли с помощью данных градиентных магнитных съемок на стратосферных аэростатах Геомагнетизм и аэрномия Т.54, №2, с. 1-6, 2014; Цветков Ю.П., Брехов О.М., Бондарь Т.Н., Цветкова



Н.М. Особенности геомагнитного поля, выявленные по градиентным магнитным измерениям на стратосферных высотах // Геомагнетизм и аэронавигация, 2015, том 55, № 1, с. 130-138.; Brekhov O.M., Tsvetkov Yu.P., Ivanov V/V, Filippov S.V., Tsvetkova N.M. Role stratospheric balloon magnetic surveys in development of analytical global models of the geomagnetic field. Proceedings 22nd ESA Symposium on European Rocket and Balloon Programmes and Related Research. 7-12 June 2015, Tromso, Norway, pp. 357-360.)

В области исследований ионосферы и распространения радиоволн проводятся работы по изучению ионосферной плазмы, совершенствованию экспериментальной радиофизической аппаратуры и методов диагностики ионосферной плазмы, по проведению комплексных экспериментов, по развитию теории распространения радиоволн и построению моделей ионосферы и магнитосферно-ионосферных явлений.

Для проведения экспериментальных исследований ионосферной плазмы институтом была разработана целая серия автоматизированных цифровых ионосферных станций (ионозондов) - «Сойка 6000», «Базис», «Парус», с использованием которых проводятся регулярные измерения состояния ионосферы методами вертикального, наклонного и возвратно-наклонного импульсного зондирования:

1. Вертикальное зондирование ионосферы в регулярном режиме на сети обсерваторий - Москва Троицк, Воейково (Ленинградская область), Ладушкин (Калининградская область) с выставлением на сайте ИЗМИРАН [http:// icenter.izmiran.ru](http://icenter.izmiran.ru) , в расширенной базе данных <http://sphere.izmiran.ru:43080> (более 15000 посещений за последние 4 года) и выдачей данных и Институт прикладной геофизики Росгидромета, в Мировой центр данных Б-2, и Национальный институт геофизики и вулканологии (NIGV), Италия, Рим.

(Ионозонды «Парус», DPS-4 и CADI).

2. Ионосферный комплекс «Базис» . Комплекс предназначен для исследования естественных и искусственных возмущений ионосферы методами вертикального и наклонного зондирования КВ радиоволнами.

3. Ионосферный комплекс «Сойка» . Комплекс предназначен для исследования ионосферы методами вертикального, наклонного и возвратно-наклонного зондирования.

4. Допплеровский комплекс РФИ-М. Многоканальная доплеровская радиоприемная установка РФИ-М предназначена для исследования нестационарных характеристик ионосферных возмущений на трассах вертикального и наклонного распространения радиоволн

5. Аппаратура ЛЧМ-зондирования ионосферы . Установка предназначена для многопозиционного мониторинга ионосферы на радиотрассах наклонного распространения КВ радиоволн. В частности, в активных экспериментах по модификации ионосферы мощным КВ излучением стенда "Сура" с использованием наземных и космических средств диагностики (магнитные обсерватории, доплеровский комплекс, Международная космическая станция, спутник "Деметер" и др.) обнаружены случаи идентичной суббуревой активности, стимулированной работой стенда, что свидетельствует о возможности управляемого эф-



фективного воздействия на ионосферу средних широт мощным радиоизлучением (в кооперации с НИРФИ и ЦНИИМАШ). Ружин Ю.Я., В. Д. Кузнецов, Ю.А.Пластинин, Г.Ф.Карабаджак, В.Л. Фролов, М. Парро. Авроральная активность, вызванная мощным радиоизлучением стенда “СУРА”. //Геомagnetизм и аэрономия. 2013, Том 53, № 1, с. 46–52. DOI: 10.7868/S0016794013010173

В 2013-2015 г. на борту Российского сегмента Международной космической станции реализовывался космический эксперимент «Сейсмопрогноз» - «Экспериментальная отработка методов мониторинга электромагнитных и плазменных предвестников землетрясений, чрезвычайных ситуаций и техногенных катастроф» с использованием прибора "Радиочастотный анализатор спектра", который был разработан и изготовлен ИЗМИРАН. При головной роли ИЗМИРАН с 2013 года ведется разработка новой научной аппаратуры и подготовка космических экспериментов (КЭ) на РС МКС - КЭ "Гидроксил" («Оптические наблюдения состояния верхней атмосферы для прогнозирования геофизических катастроф. Создание методик мониторинга состояния верхней атмосферы (с учетом эффектов "глобального потепления") с использованием спектрофотометрического комплекса, КЭ "Тахомаг" ("Тестирование спектромагнитографа и первичные наблюдения быстрых процессов в солнечной атмосфере в условиях отсутствия атмосферных дрожаний) с использованием спектромагнитографа и КЭ "Импульс-2" ("Модификация ионосферы импульсными источниками плазмы") с использованием импульсного плазменного инжектора.

4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований

База данных 1-минутных цифровых магнитовариационных данных по всем обсерваториям и пунктам измерения ИЗМИРАН. Общий объем за 2013-2015 год более 250 станций*месяцев, пополняется ежедневно.

Цифровые данные передаются в мировые центры данных и международные проекты Supermag и Intermagnet.

Архив среднечасовых значений магнитного поля по мировой и российской сети обсерваторий для исследования динамики главного магнитного поля Земли, данные передаются в мировой центр Б2. Данные в центры данных передаются ежегодно.



Архив аналоговых магнитограмм obs. Москва с 1947 г. по 2016, с 2017 полностью переведён на цифровую форму регистрации.

Архив аналоговых магнитограмм сети магнитных обсерваторий СССР и проекта Геомагнитный меридиан 145 – более 100 тысяч магнитограмм за период 1930-1980 гг.

Расширенная база данных вертикального зондирования ионосферы в регулярном режиме на сети обсерваторий - Москва Троицк, Воейково (Ленинградская область), Ладушкин (Калининградская область), <http://sphere.izmiran.ru:43080> (более 15000 посещений за последние 4 года).

На основе собственных и мировых данных создан открытый интернет-ресурс - сервер ионосферной погоды, <http://www.izmiran.ru/ionosphere/weather> (более 2000 посещений в год).

7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона

Проводились расчеты магнитного склонения для нефтегазовых компаний и гражданских аэропортов. Данные о склонении повышают точность наклонного бурения скважин и безопасность полётов авиации

За период 2013-2015 гг. выполнены расчеты для 7 регионов и 21 запрос для отдельных пунктов.

8. Стратегическое развитие научной организации

В институте имеется разработанный в 2009 - 2010 гг. План развития до 2025 г., скорректированный в 2015 г. в соответствии с программой на очередных выборах директора. В настоящее время ИЗМИРАН вместе с ИНАСАН, ГАО РАН, САО РАН и КРАО разработали Комплексную программу научных исследований (КПНИ) «Фундаментальные и прикладные аспекты астрономических исследований космоса», утвержденную ФАНО России 17.04.2017. На стадии рассмотрения находится другая КПНИ с участием ИЗМИРАН,

«Прикладные проблемы гелиогеофизики».

В 2015 г. ИЗМИРАН вместе с рядом ведущих научно-исследовательских институтов и предприятий России вошел в Консорциум «МЕТЕОГЛОМЕД». Ведущим партнером Консорциума, осуществляющим оперативное управление его деятельностью, является ОАО «Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца». Целью создания Консорциума является инициативная разработка перспективных технологий и средств в интересах создания новых интеллектуальных наукоемких и конкурентоспособных продуктов на основе имеющихся достижений предприятий радиотехнической отрасли для их широкого использования в области информатики, системы здравоохранения, гидрометеорологии, в том числе и гелиогеофизики, экологии.



Интеграция в мировое научное сообщество

9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год

Информация не предоставлена

10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год

1. Проект "SuperMag". Руководители: Jesper W Gjerloev, John Hopkins University, Applied Physics Laboratory, USA; В.Д.Кузнецов, ИЗМИРАН (продолжающийся)

2. Проект «Интермагнет». Руководители: Alan Tomson, British Geological Survey, UK; А.Д.Гвишиани, ГЦ РАН (продолжающийся)

3. Договор с Туринским Университетом о научном сотрудничестве и педагогической деятельности (Convenzione di Accoglienza di Universita' degli studi di Torino, Torino, via verdi 8 – 10124). Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 10-05-00129-а, № 11-02-00755-а, проекта Европейской комиссии CAMBIFORRUS и гранта Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение 14.В37.21.1248). Координатор - Ю.А. Копытенко, СПбФ ИЗМИРАН

4. Проект TU 1208 - Европейской программы научно-технического сотрудничества COST. Координаторы: Dr. Lara Rajewski, Italy; Попов А.В., ИЗМИРАН (продолжающийся)

Программа Союзного государства «Разработка космических и наземных средств обеспечения потребителей России и Беларуси информацией дистанционного зондирования Земли» («Мониторинг-СГ») 2013-2017 г.г. Постановление Совета Министров Союзного государства от 13.12.2013

5. Проект «Разработка и создание экспериментального образца малогабаритной бортовой научной аппаратуры микроспутников для исследования верхней атмосферы Земли методами радиомаяковой томографии» - Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко Белорусского государственного университета (НИИПФП БГУ). Руководитель - В.М.Синельников, ИЗМИРАН

Совместные российско-болгарские проекты в области фундаментальных космических исследований, выполняемые в соответствии с Соглашением между Российской академией наук (РАН) и Болгарской академией наук (БАН) о научном сотрудничестве в области ФКИ от 19 сентября 2002 года



6. Проект «Аврора-Р» - Исследование динамики ионосферной плазмы и авроральных явлений на основе экспериментальных данных по параметрам ионосферы при воздействии мощных возмущений. Руководители: Бойчо Бойчев, ИКИТ БАН; Г.Г. Беляев, ИЗМИРАН (продолжающийся)

Совместные российско-польские проекты в области фундаментальных космических исследований, выполняемые в рамках Соглашения о научном сотрудничестве между Российской академией наук (РАН) и Польской академией наук (ПАН) в области ФКИ от 14 марта 2005г. (продолжающиеся)

7. Проект «Асимптотика» - Асимптотические и численные решения задач дифракции на основе параболического уравнения и операторных методов». Руководители: Барбара Атаманюк, Центр космических исследований (ЦКИ) ПАН; А.В.Попов, И.В.Прокопович, ИЗМИРАН

8. Проект «Диагностика» - Волновая диагностика электромагнитных процессов в межпланетном ОКП, включая:

- эксперимент «Радиоспектрометр-детектор (РСД)» в рамках проекта «ИНТЕРГЕ ЛИ-ОЗОНД»;

- эксперимент «ВЧ - диагностика космической плазмы и среды вокруг Международной космической станции (МКС)». Руководители: Ханна Роткель, ЦКИ ПАН; В.Д. Кузнецов, С.Е. Андреевский, ИЗМИРАН

9. Проект «GNSS -ГЛОНАСС Мониторинг» - GNSS - ГЛОНАСС диагностика ионосферы Земли. Руководители: Анджей Кранковский, Варминьско-Мазурский Университет; И.И. Шагимуратов, Калининградский филиал ИЗМИРАН

10. Проект «Ионосферная погода» - Моделирование ионосферной погоды для радиосвязи и навигации. Руководители: Ивона Станиславска, ЦКИ ПАН; Т.Л.Гуляева, И.В. Крашенинников, ИЗМИРАН

11. Проект «Инжекция» - Исследование процессов инжекции нейтральных и заряженных частиц с борта космического аппарата на основе анализа данных КА «АПЭКС». Руководители: Збигнев Клосс, ЦКИ ПАН; Ю.М.Михайлов, ИЗМИРАН

7-ая рамочная программа Европейского сообщества

12. Проект «Электромагнитная безопасность» № 265772 (EM SAFETY-7FP-SCPOGA-2011-265772, 2012 - 2014). Н.Г. Птицына (исполнитель), СПбФ ИЗМИРАН

Национальный научный фонд, США

13. Грант NSF (Award Abstract # 1433323) “Toward an understanding of Neogene plate dynamics: Completion of a high-resolution, closure-enforced chronology of global plate motions since 20 Ma”, University of Wisconsin, USA. (2014 - 2018). С.А. Меркурьев (исполнитель), СПбФ ИЗМИРАН

Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

Направление II-12. Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических методов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений.

1. Разработана методика определения структуры подповерхностной среды по данным георадарного зондирования. Создан алгоритм определения градиентов диэлектрической проницаемости и проводимости слоистого грунта по волновой форме отраженных сигналов. Результаты использованы при георадарном обследовании дна озера Чебаркуль с поверхности льда, позволившем указать место падения крупного фрагмента метеорита «Челябинск». Копейкин В.В., Кузнецов В.Д., Морозов П.А., Попов А.В., Беркут А.И., Меркулов С.В., Алексеев В.А. Георадарное обследование предполагаемого места падения фрагмента метеорита Челябинск в озеро Чебаркуль. // *Геохимия*, 2013, № 7, с. 636-642.

2. В активных экспериментах по модификации ионосферы мощным КВ-излучением стенда "Сура" с использованием наземных и космических средств диагностики (магнитные обсерватории, Международная космическая станция, спутник "Деметер" и др.) обнаружены случаи идентичной суббуревой геомагнитной активности, стимулированной работой стенда, что свидетельствует о возможности управляемого эффективного воздействия на ионосферу средних широт мощным радиоизлучением (ИЗМИРАН, НИРФИ, ЦНИИМАШ). Ружин Ю.Я., Кузнецов В.Д., Пластинин Ю.А., Карабаджак Г.Ф., Фролов В.Л., Парро М. Авроральная активность, вызванная мощным радиоизлучением стенда "СУРА". // *Геомагнетизм и аэрномия*, Т.53, № 1, стр. 46–52, 2013.

3. Выведено новое модельное кинетическое уравнение для описания неравновесных процессов в плазме и газах, которое может служить основой для численного моделирования сложных задач газодинамики. Модель свободна от недостатков широко используемой модели Бхатнагара-Гросса-Крука, точно учитывает релаксацию первых 13 гидродинамических моментов, не содержит сложной экспоненциальной зависимости и позволяет снять неоднозначность в выборе коэффициентов при моделировании многокомпонентных систем. Для модели доказана H-теорема Больцмана на всех этапах релаксации функции распределения. Belyi V.V. Derivation of model kinetic equation. // *European Physics Letttrs.*, N2, 111 (2015).

Направление II-16. 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, исследование экзопланет и поиски внеземных цивилизаций, развитие



методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач

1. Построены и представлены в рабочую группу Международной ассоциации геомагнетизма и аэрономии модели-кандидаты ИЗМИРАН для создания окончательной модели геомагнитного поля DGRF-2010 (Definitive Geomagnetic Reference Field), предварительной модели IGRF-2015 (International Geomagnetic Reference Field) и модели векового хода IGRF-2017.5, которые используются мировым научным сообществом и международными организациями для научных исследований по геомагнетизму и для практических применений. Разработанные модели были использованы при создании итоговой модели IGRF-12 которая позволяет строить уточненные карты магнитного поля Земли, необходимые для задач навигации и определения магнитного склонения, в частности, в интересах Росавиации и Минприроды (Thébault, E., Finlay, C.C., Petrov V.G., Bondar T.N., Zvereva T.I., at all. International Geomagnetic Reference Field: the 12th generation. Earth, Planets and Space, DOI 10.1186/s40623-015-0228-9, 2015).

2. Исследована устойчивость конвекции в жидких ядрах планет земной группы. Для характерных значений чисел Прандтля и толщин сферических слоев конвективной зоны асимптотически и численно получены критические частоты и числа Рэлея для конвективной неустойчивости. Впервые получено аналитическое решение типа ВКБ в пределе, когда радиус внутренней границы жидкого сферического слоя мал по сравнению с внешним радиусом и тепловые или композиционные источники конвекции концентрируются у внутренней границы сферического слоя. Определение параметров геодинамики позволяет описывать и предсказывать эволюцию магнитного поля Земли на длительных периодах, что необходимо для построения моделей магнитного поля Земли и выявления его аномальной динамики, связанной с перемещением магнитных полюсов и ослаблением "магнитного щита" Земли (Старченко С.В., Котельникова М.С. Критическая устойчивость почти адиабатической конвекции в быстровращающемся и широком сферическом слое. ЖЭТФ, Т.143. вып.2, 2013.)

3. Развита численная модель, включая глобальную самосогласованную модель системы термосфера, ионосфера и протоносфера, и созданы новые эмпирические модели ионосферы. На основе этих моделей, теоретических оценок и решения обратных задач ионосферы впервые: а) доказана слабая зависимость сечений и скоростей фотодиссоциации и фототрыва электронов от отрицательных ионов области D ионосферы средних и низких широт от солнечной активности; б) дано объяснение годовой асимметрии (декабрьской аномалии) в ионосфере при низкой солнечной активности; в) детально обоснованы механизмы эффектов внезапных стратосферных потеплений в ионосфере, когда это потепление происходит в высоких широтах, а наиболее отчетливый эффект в ионосфере наблюдается над экватором. Эти и другие полученные в ИЗМИРАН результаты являются передовыми, в значительной степени определяя мировой уровень исследований по физике ионосферы.



1. Klimenko M.V., Klimenko V.V., Bessarab F.S., Korenkov Y.N., Liu H., Goncharenko L.P., Tolstikov M. V. Study of the thermospheric and ionospheric response to the 2009 sudden stratospheric warming using TIME-GCM and GSM TIP models: First results // *J. Geophys. Res. Space Physics.*, 2015. V. 120. P. 7873–7888, <http://dx.doi.org/10.1002/2014JA020861>. (IF = 3.318).

2. Mikhailov A.V., Perrone L. The annual asymmetry in the F2 layer during deep solar minimum (2008–2009): December anomaly // *J. Geophys. Res. Space Physics.* 2015. V. 120. P. 1341–1354, <http://dx.doi.org/10.1002/2014JA020929>. (IF = 3.318).

3. Pavlov A.V. Photochemistry of ions at D-region altitudes of the ionosphere: A review // *Surveys in Geophysics.* 2014. V. 35. N. 2. P. 259–314, <http://dx.doi.org/10.1007/s10712-013-9253-z>. (IF = 5.112).

13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год

1. Feshchenko R.M., A.V. Popov. Exact transparent boundary condition for the three-dimensional Schroedinger equation in a rectangular cuboid computational domain. // *Physical Review E*, 053308, 2013. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.88.053308> IF=2.313

2. Kuznetsov, V.D., Ruzhin, Y.Y. Anthropogenic trigger of substorms and energetic particles precipitations. // *Advances in Space Research*, 54 (2014), pp. 2549-2558. DOI information: 10.1016/j.asr.2013.10.015. IF=1.183

3. Borisov N., Ryabova, Yu. Ruzhin. Dynamics of plasma density perturbations in the upper ionosphere and the magnetosphere under the action of powerful HF radio waves. // *Journal of Atmosphere and Solar-Terrestrial Physics. Phys.* 2015. V. 134. P. 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2015.09.018> IF= 1.474

4. Belyi V.V. // Derivation of Model Kinetic Equation. // *European Physics Letters* 111 (2015) 40011. <https://doi.org/10.1209/0295-5075/111/40011> IF=2.753

5. Klimenko M.V., Klimenko V.V., Bessarab F.S., Korenkov Y.N., Liu H., Goncharenko L.P., Tolstikov M. V. Study of the thermospheric and ionospheric response to the 2009 sudden stratospheric warming using TIME-GCM and GSM TIP models: First results // *J. Geophys. Res. Space Physics*, 2015. V. 120. P. 7873–7888, <http://dx.doi.org/10.1002/2014JA020861>. IF=3.318

6. Mikhailov A.V., Perrone L. The annual asymmetry in the F2 layer during deep solar minimum (2008–2009): December anomaly // *J. Geophys. Res. Space Physics.* 2015. V. 120. P. 1341–1354, <http://dx.doi.org/10.1002/2014JA020929>. IF = 3.318



7. Pavlov A.V. Photochemistry of ions at D-region altitudes of the ionosphere: A review // *Surveys in Geophysics*. 2014. V. 35. N. 2. P. 259–314, <http://dx.doi.org/10.1007/s10712-013-9253-z>. IF=5.112

8. Thebault Erwan, Christopher C Finlay, et al. // *International Geomagnetic Reference Field: the 12th generation* // *Earth, Planets and Space*, 2015, pp 67-79. DOI 10.1186/s40623-015-0228-9 IF=1.79

9. Merkouriev, S., and C. DeMets, High resolution estimates of Nubia-North America plate motion: 20 Ma to present, *Geophys. Journal Int.* (March, 2014) 196 (3): 1281-1298 doi: 10.1093/gji/ggt463. IF=2.56.

10. Usov N.A. and S. A. Gudoshnikov, Giant magneto-impedance effect in amorphous ferromagnetic wire with a weak helical anisotropy: Theory and experiment, *Journal of Applied Physics*, Vol.113, pp.243902 (1-10) 2013. DOI: 10.1063/1.4812278. IF=2.210

Монографии

1. Soloviev A., Khokhlov A., Berezko A., Lebedev A., Kharin E., Shestopalov I., Manda M., Kuznetsov V., Bondar T., Mabie J., Nisilevich M., Nechitailenko V., Rybkina A., Pyatygina O., Shibaeva A. // *The Atlas of the Earth's Magnetic Field*. 364 pp. 2013. ISBN 978-5-904509-13-2 doi: 10.2205/2013BS011_Atlas_MPZ /: A. Gvishiani, A. Frolov V. Lapshin (Eds)

2. Sorokin V.M., Chmyrev V.M., Hayakawa M. *Electrodynamic Coupling of Lithosphere – Atmosphere – Ionosphere of the Earth*. // New York: Nova Science Publishers. 2015. 355 p. ISBN: 978-1-63483-030-0. 2015.

3. Vadim Surkov, Masashi Hayakawa. *Ultra and Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields*. Springer Tokio Heidelberg New York Dordrecht London, 2014, 486 p. ISBN 978-4-431-54366-4. DOI 10.1007/978-4-431-54367-1.

4. Гак Е.З., Ананьев И.П., Горшков Э.С. и др. *Магнитные поля и водные электролиты – в природе, научных исследованиях, технологиях*. // СПб, :Изд-во «Наука», 2013, ISBN 5-7399-0192-8, 535 с. Тираж – 1000 экз.

5. Жамалетдинов А.А. (2014). *Магнитотеллурический метод изучения строения массивов горных пород*. // Апатиты. Изд. Кольского филиала ПетрГУ, 2014. 103 с. (9.2 печ.листа). Тираж – 300 экз.

6. Горшков Э.С., Иванов В.В., Соколовский В.В. *Редокс реакции в космобиологии*. Учебное пособие. – СПб: Изд-во Политехнич. Ун-та, 2014, ISBN 978-5-7422-4615-2, 194 с. Тираж – 300 экз.

15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие

Всего в ИЗМИРАН в течение 2013 - 2015 гг. выполнялись работы по 44 проектам, поддержанных грантами РФФИ.

В частности:



1. Проект № 12-05-00817 а. Руководитель - Кувшинов А.В. "Глубинное электромагнитное зондирование Земли из космоса с использованием сигналов магнитосферного происхождения: новая методология обнаружения трехмерных аномалий мантийной электропроводности". (2012-2014 гг.; 1245000 руб.)

2. Проект № 11-05-00200 а. Руководитель - Деминов М.Г. "Изменчивость и аномальные свойства F2-слоя ионосферы (закономерности и механизмы)" (2011-2013 гг.; 955000 руб.)

3. Проект № 15-05-06292 а. Руководитель - Меркурьев С.А. "Исследование тонкой структуры линейных морских магнитных аномалий Мирового океана с целью их геоисторического и палеомагнитного анализа". (2015-2017 гг.; 1450000 руб.)

4. Проект № 13-05-12111 офи м. Руководитель - Панкратов О.В. "Космическая погода и безопасность наземных инфраструктур. Численное моделирование и прогноз электромагнитных эффектов, индуцированных реальными геомагнитными суббурями в сферической модели Земли с реальным трехмерным распределением проводимости". (2013-2015 гг.; 3000000 руб.)

5. Проект № 13-05-00893 а. Руководитель - Старченко С.В. "Энергетическое масштабирование гидромагнитного динамо в недрах Земли и планет". (2013-2015 гг.; 1230000 руб.)

6. Проект № 14-05-00204 а. Руководитель - Цветков Ю.П. "Изучение геомагнитного поля и внутреннего строения земной коры на основе геомагнитных полей и их градиентов, полученных в стратосфере на высотах 20-40 км". (2014-2016 гг.; 1630000 руб.)

7. Проект № 15-05-01811 а. Руководитель - Казанский А.Ю. "Последовательность позднечетвертичных вулканических событий в Байкальской рифтовой зоне по петромагнитным данным". (2015-2017 гг.; 1610000 руб.)

8. Проект № 15-05-01665 а. Руководитель - Карпов И.В. "Ионосферные неоднородности инициируемые метеорологическими процессами". (2015-2017 гг.; 1470000 руб.)

9. Проект № 14-07-00512 а. Руководитель - Шагимурагов И.И. "Математические методы и алгоритмы обработки GPS/ГЛОНАСС измерений для мониторинга ионосферы в Европейской части России с доступом к результатам через интернет-сервис". (2014-2015 гг.; 600000 руб.)

10. Проект № 15-35-20364 а. Руководитель - Клименко М.В. "Формирование плазменных структур различных масштабов в высокоширотной и субавроральной ионосфере Земли, их влияние на качество радиосвязи и работу навигационных спутниковых систем". (2015-2016 гг.; 4000000 руб.)

16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена



ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований

17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год

Всего в ИЗМИРАН за период 2013 - 2015 г.г. выполнялись работы по 56 проектам, реализованных в рамках федеральных целевых программ, а также 29 проектов в рамках ведомственных программ.

Федеральная космическая программа России на период 2006-2015 годы, Постановление Правительства РФ от 29.12.05 №825-50

Подпрограмма ИОНОЗОНД

1. Проект СЧ ОКР «Ионозонд-ИЗМИРАН»: Разработка, изготовление, испытания, поставка и наземная отработка технологических, опытных и летных образцов целевой аппаратуры (ЦА) ионосферного мониторинга для КА «Ионосфера» и КА «Зонд» (2014 г., договор с ИКИ РАН - 10930,0 тыс. руб.)

2. Проект СЧ ОКР «МКС» (Надежность-Наука) ИЗМИРАН: Выполнение работ поставщика по проведению КЭ «Сейсмопрогноз», предварительная обработка и экспресс-анализ результатов КЭ «Сейсмопрогноз» в 2014 году». (договор с ЦНИИ маш - 700 тыс. руб.)

Подпрограмма СЧ ОКР «Магистраль» (Облик)

3. НИР «Ионосфера»: Проектно-поисковые исследования и обоснование требований к составу и параметрам измерений в задачах мониторинга ионосферных возмущений и их воздействий на ракетно-космическую технику (2013 г., договор с ЦНИИ маш - 895 тыс. руб.)

4. Проект СЧ ОКР «МКС» (Надежность-Наука) ИЗМИРАН: Обработка и комплексный анализ результатов, полученных в завершеном КЭ «Молния-Гамма» в 2013 году (договор с ЦНИИ маш - 750 тыс. руб.)

Подпрограмма ОКР «МКС-Эксперименты»

5. Проект ОКР «Сейсмопрогноз-СМ»: Изготовление, испытания и поставка научной аппаратуры «Сейсмопрогноз-СМ» (2014 г., договор с ОАО "РКК Энергия" - 1680,0 тыс. руб.)

6. Проект ОКР «Гидроксил-МКС»: Разработка научной аппаратуры «Спектрофотометрический комплекс» для исследования верхней атмосферы Земли с борта МКС» (договор с ОАО "РКК Энергия" - 400,0 тыс. руб.)

Федеральная целевая программа «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008-2015 годы»



7. Подпрограмма «Оснащение станций геофизических наблюдений современными средствами вертикального и наклонного зондирования ионосферы, средствами накопления, подготовки и передачи ионосферных данных в каналы связи»

Поставка и установка наземных станций вертикального радиозондирования ионосферы (2014 г., договор с ИПГ Росгидромета - 17142,9 тыс. руб.)

8. Разработан и создан макет магнитометра на основе ВТСП-СКВИДов типа НТМ-6 и НТМ-8, изготовленных с использованием так называемой «flip-chip» - технологии в Исследовательском Центре Юлих (Германия). Получены значения уровней чувствительности разработанных магнитометров, близкие к рекордным. Так, измеренный шум макета магнитометра со СКВИД-датчиком НТМ-8, составлял около 30 фТл/ $\sqrt{\text{Гц}}$ на частотах порядка 100 Гц и возрастал до 60 фТл/ $\sqrt{\text{Гц}}$ на частоте 1 Гц. Сделаны оценки перспектив создания практических измерительных систем на основе ВТСП-СКВИДов для геофизических применений на базе полученных результатов. (Faley, M.I. Poppe, U. ; Dunin-Borkowski, R.E.; Schiek, M. ; Boers, F. ; Chocholacs, H. ; Dammers, J. ; Eich, E. ; Shah, N.J. ; Ermakov, A.B. ; Slobodchikov, V.Y. ; Maslennikov, Y.V. ; Koshelets, V.P. High- Tc DC SQUIDS for magnetoencephalography // IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 2013, Vol.:23, Issue: 3, p.1600705(5).

9. Выполнена научно-исследовательская работа: «Исследование возможности создания трехкомпонентного магнитометра на основе эффекта гигантского магнитного импеданса для геофизических применений» по теме: «Развитие магнитометрического приборостроения и метрологии магнитных измерений, наблюдения вариаций магнитного поля». Разработан и создан макет магнитометра на эффекте гигантского магнитного импеданса (в кооперации с ООО "Макриэл системс" и НИТУ "МИСиС") с чувствительностью 1 нТ. На основе эффекта ГМИ также разработан и создан сканирующий магнитометр для измерений локальных магнитных полей вблизи корродирующих

10. Разработана теория метода и создана экспериментальная установка по измерению ЭДС на второй гармонике, что позволяет, сравнивая экспериментально измеренные сигналы с теоретическим расчетом определять материальные параметры, такие как намагниченность насыщения, значение константы магнитострикции, и величину амплитуды закалочных остаточных напряжений

Внедренческий потенциал научной организации

18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований

Научно-производственная лаборатория геомагнитных приборов и измерений ИЗМИРАН является единственной в России лабораторией производящей кварцевые цифровые магнитометры для измерения вариаций магнитного поля, удовлетворяющих требованиям для магнитных обсерваторий.



Магнитная обсерватория ИЗМИРАН обеспечивает научные и прикладные задачи данными о вариациях магнитного поля в центральном регионе и позволяет проводить сверку магнитных приборов.

19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год

Разработаны и изготовлены для собственных нужд и по заказам сторонних организаций цифровые кварцевые магнитовариационные станции. Станция прошла государственную регистрацию и включена в Государственный реестр типа средств измерения за номером RU.E.34/001.A № 61608 Станция трёхкомпонентная магнитовариационная (МВС) «КВАРЦ-4АС» (<http://reestr.si.ru/reestr/16221-Stantsiya-trehkomponentnaya-tsifrovaya-magnitovariatsionnaya-MVS.html>)

ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ

Экспертная деятельность научных организаций

20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами

Руководство Подкомитетом ПК 2 «Процессы в магнитосфере Земли. Магнитные измерения» Технического комитета по стандартизации «Метрологическое обеспечение измерений физических полей в околоземном космическом пространстве, магнитосфере, ионосфере, атмосфере и гидросфере поверхностных вод суши и морей»

Разработана окончательная редакция ГОСТа 25645.109 «Магнитосфера Земли Термины и определения»

Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций

21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год

1.Поставка «Трёхкомпонентной магнитовариационной станции» (2014 г., договор с ФНПЦ НИИИС им.Ю.Е.Седакова - 985,0 тыс. руб.)

2.Создание и поставка "Программно-аппаратного комплекса цифровой магнитовариационной станции" (2015 г., договор с ОАО НПК «НИИДАР» - 1050,0 тыс. руб.)



3.СЧ НИР: «Экспериментальные исследования по разработке технологии создания магниточувствительных материалов, обладающих гигантским магнитоимпедансным эффектом и высокочувствительных магнитометров на их основе» (2015 г., договор с ФГУП «ЦНИИХМ» - 12000,0 тыс. руб.)

4.СЧ ОКР "Создание устройства автоматики системы электроснабжения малоразмерного космического аппарата" (2015 г., договор с ФГУП «ЦНИИХМ» - 2000,0 тыс. руб.)

5. Услуги "Расчет значений склонения полного поля Земли для использования при обновлении топографических карт". (2014 г. , договор с ООО «Оборонкадастр» - 100,0 тыс. руб.)

6. «Формирование и обновление Баз картографических данных магнитного склонения на акваторию Мирового океана на эпоху 2015 года» (Государственный контракт № 2015.290750, Управление навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации. (1.01.215 - 31.12.2015, – 1500,0 тыс. руб.

7.НИР «Разработка математической модели для компьютерного моделирования величины и пространственного распределения локальных магнитных полей, возникающих вследствие протекания коррозионных процессов на гетерогенной (с коррозионной точки зрения) металлической поверхности и ее программного обеспечения» (2015 г., договор с НИТУ "МИСиС" - 1510,0 тыс. руб.)

8.Услуги"Определение поправок в склонении магнитной стрелки для сопровождения наклонно-направленного бурения скважин на 32 лицензионных участках ОАО "НК "Роснефть" в ХМАО" (2015 г., договор с ООО «РН-Юганскнефтегаз» - 491,0 тыс. руб.)

9.СЧ проекта «Акватория-ЗМ» Исследование методов дистанционного обнаружения подводных объектов по геофизическим возмущениям электромагнитных полей" (2015 - 2017 гг., договор с Институтом океанологии РАН им. П.П. Ширшова - 1366,7 тыс. руб.)

Договоры на разработку магнитометров для программы космических исследований.

10. Договор № 312 от 30.10. 2014 г. с ИКИ РАН по приборам ГЕЛИОМАГ, РСД и и ХЕМИКС . Создание прибора ГЕЛИОМАГ для комплекса научной аппаратуры проекта «Интергелиозонд». - 13576,0 тыс. руб.

Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении (представляются по желанию организации в свободной форме)

22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении, а также информация, которую организация хочет сообщить о себе дополнительно

По направлению "Магнетизм Земли и планет"

Непрерывные измерения геомагнитного поля на сети магнитных обсерваторий - Москва Троицк, Воейково и Красное озеро (Ленинградская область), Ладушкин (Калинин-



градская область). Ряд наблюдений магнитного склонения (с 1724 г.), компонент H , Z и полного поля T (с 1878 г.) в Санкт-Петербурге и его окрестностях (включая Воейково) является практически непрерывным и наиболее длинным рядом наблюдений магнитного поля Земли в России. Обсерватория Санкт-Петербурга подготовлена к вступлению в "Интермагнет" (совместный проект с ГЦ РАН). Данные магнитной обсерватории ИЗМИРАН и K -индекс в реальном времени представлены на сервере <http://serv.izmiran.ru/> - за 2013-2015 гг. поступало около 7 тыс. внешних запросов данных в год.

Уникальное в мировом масштабе направление исследований - проведение экспериментов по градиентным магнитным измерениям на аэростатах (<http://www.izmiran.ru/IZMIRAN75/MEP/Tsvetkov.pdf>).

Выполнение заказов по определению магнитного склонения отдельных районов РФ (в среднем более 10 запросов от различных организаций в год). Обсерватория Москва является единственным пунктом, в котором проводятся сверки магнитных бусселей, в основном по запросам МО, за период 2013-2015 было выполнено 15 запросов на сверку.

Регулярная (каждые 5 лет) разработка Международной модели магнитного поля и представление материалов в Международную ассоциацию по геомагнетизму и аэрономии (МАГА). ИЗМИРАН является единственной российской организацией, создающей модели главного магнитного поля Земли и участвующей в создании международных моделей. ; К представленной на сайте ИЗМИРАН интерактивной модели главного магнитного поля Земли IGRF-11,12, <http://serv.izmiran.ru/cgi-bin/igrf-11a.py> поступало более 17 тыс. запросов на расчет в год.

Подготовка и издание атласа геомагнитного поля на базе всех имеющихся данных, начиная с XV века (совместно с ГЦ РАН), Soloviev A., Khokhlov A., Berezko A., Lebedev A., Kharin E., Shestopalov I., Manda M., Kuznetsov V., Bondar T., Mabe J., Nisilevich M., Nechitailenko V., Rybkina A., Pyatygina O., Shibaeva A. // The Atlas of the Earth's Magnetic Field. 364 pp. 2013. ISBN 978-5-904509-13-2 doi: 10.2205/2013BS011_Atlas_MPZ /: A. Gvishiani, A. Frolov V. Lapshin (Eds)

Ранее совместно с Институтом геодезии и картографии Республики Польша был подготовлен и издан "Атлас магнитных карт Балтийского моря"

Участие в подготавливаемом к реализации проекте "Резонанс" и "Интергелиозонд" Федеральной космической программы РФ с экспериментом по измерениям магнитного поля.

Директор ИЗМИРАН В.Д.Кузнецов - председатель секции "Геомагнетизм и аэрономия" Национального геофизического комитета, единственный представитель от МАГА в бюро SCOSTEP, член SuperMag, главный редактор журнала "Геомагнетизм и аэрономия".

По направлению "Ионосфера и распространение радиоволн"

ИЗМИРАН является ведущей организацией по созданию эмпирических и прогностических моделей ионосферы, определяя в значительной степени мировой уровень этого научного направления. В том числе, создана эмпирическая модель медианы высоты макси-



мума F2-слоя, которая включена в международную модель ионосферы IRI как лучшая среди моделей такого типа. Создана прогностическая модель EUROMAP для краткосрочного (1-24 ч) прогноза критической частоты максимума F2-слоя по Европейскому региону. Модель входит в Систему Ионосферного Прогноза РФ.

- Mikhailov A.V., Perrone L. A method for foF2 short-term (1-24 h) forecast using both historical and real-time foF2 observations over European stations: EUROMAP model // Radio Sci. 2014. V. 49. P. 1–18, <http://dx.doi.org/10.1002/2014RS005373> (IF = 1.450).

- Shubin V.N. Global median model of the F2-layer peak height based on ionospheric radio-occultation and ground-based Digisonde observations // Adv. Space Res. 2015. V. 56. N. 5. P. 916–928, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2015.05.029> (IF = 1.409).

ФИО руководителя В.Д.Кузнецов

Подпись

Дата



22.05.2017



057074