

ИДГ РАН- 30 лет
Современное состояние и
перспективы

С.Б. Турунтаев

Миссия института

Фундаментальные исследования физических процессов во внутренних и внешних геосферах для решения крупных научно-технических проблем рационального использования природных ресурсов, прогноза и предупреждения естественных и техногенных катастроф, геофизических аспектов национальной безопасности.

Особенность института – уникальный опыт регистрации, изучения и моделирования последствий крупномасштабных воздействий на геосферы.

Стратегические цели Института

- Получение новых знаний в области геофизики, геомеханики, подземной флюидодинамики, сейсмологии, физики атмосферы и ионосферы
- Проведение междисциплинарных научно-исследовательских работ, обеспечивающих создание прогностических моделей реакции геосфер на естественные и техногенные воздействия.
- Создание новых геофизических методов, современных комплексов аппаратуры, уникальных научных стендов и установок мирового уровня.
- Подготовка высококвалифицированных кадров, в том числе с использованием базовой кафедры МФТИ, привлечение талантливой молодежи в сферу науки.

Научные направления Института

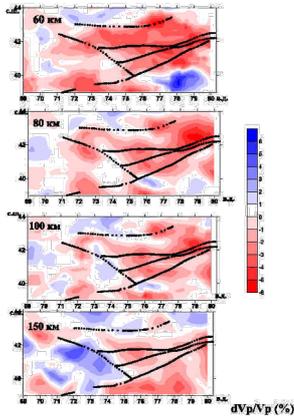
- Геомеханика и сейсмология блочных структур и разломов земной коры, триггерные эффекты в геосистемах, техногенная сейсмичность, подземная флюидодинамика, безопасное и эффективное освоение земных недр, динамическая устойчивость особо ответственных наземных и подземных сооружений, сейсмология взрывов.
- Взаимодействие внутренних и внешних геосфер, приповерхностная геофизика, методы комплексного геофизического мониторинга.
- Динамические, радиационные и плазмохимические процессы в ионосфере и атмосфере Земли, распространение электромагнитных волн в ионосфере и магнитосфере, возмущенных природными и техногенными воздействиями.
- Экстремальные явления в геосферах (взрывы, извержения вулканов, внедрения внеземных тел и их удары по поверхности Земли), их последствия, проблемы астероидно-кометной опасности, разработка моделей крупномасштабных природных катастроф.
- Комплексное приборное и методическое обеспечение фундаментальных и прикладных исследований, развитие междисциплинарных центров геофизического мониторинга, создание современных лабораторных стендов.



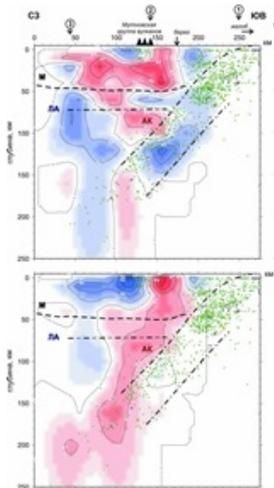
Лаборатория сейсмологических методов исследования литосферы

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. И.А. Санина

Построение кинематических и динамических моделей строения коры и верхней мантии

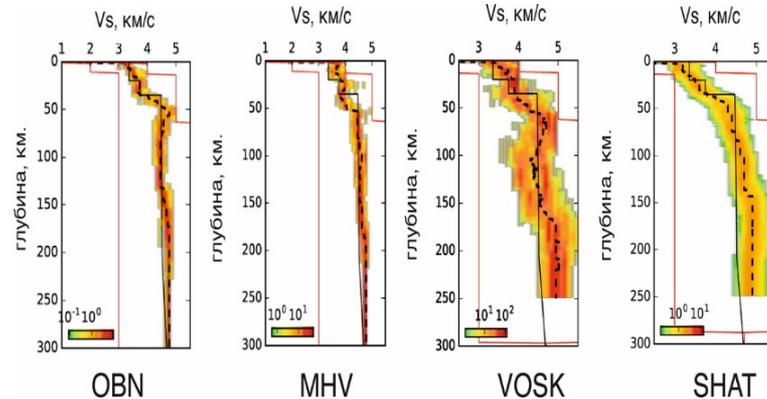


Впервые получены пространственные модели скоростного строения территории всего **Тянь-Шаня**. Показана смена характера неоднородностей на глубинах от 20 км по разные стороны от Таласо-Ферганского разлома, что может свидетельствовать о различной природе тектонических процессов, объясняющих высокую сейсмичность данного региона



Впервые получена пространственная структура зоны субдукции в районе п-ова **Камчатка** с высокой степенью разрешенности, показана ее неоднородность, установлено изменение угла погружения Тихоокеанской плиты. Выявлена низкоскоростная зона, которая может быть интерпретирована как астеносферный клин в диапазоне глубин от 70 до 120 км.

Одномерные скоростные модели земной коры и верхней мантии центральной части ВЕП

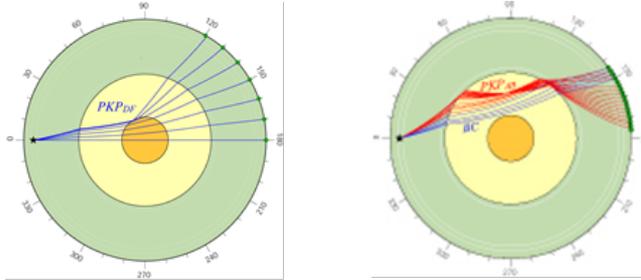


В результате создания новой сети сейсмических станций впервые удалось построить глубинные скоростные модели коллизийной зоны Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Впервые для данного региона показано, что раздел кора/мантия представлен не единой границей, а зоной Мохо на глубинах 40 – 54 км соответственно. В верхней мантии впервые для центральной части ВЕП выделена средне литосферная неоднородность (MLD) на глубинах 70-140 км. Для Волго-Уральского блока зона Мохо определена на глубинах 35 и 47 км.

Исследование тонкой структуры земного ядра

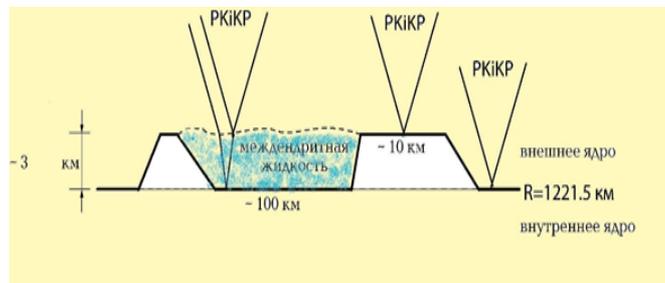
Дифференциальное вращение внутреннего ядра Земли

Выполнена оценка скорости дифференциального вращения внутреннего ядра на основе анализа дифференциальных времен пробега сейсмических волн PKP_{DF} и PKP_{BC}



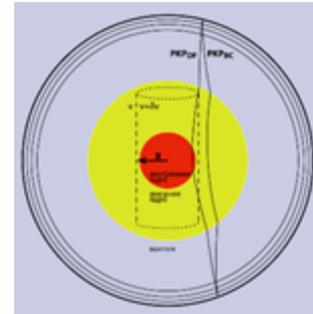
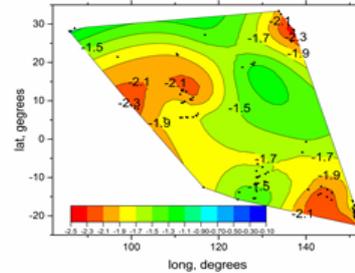
Мозаичность поверхности внутреннего ядра

Установлена пространственная изменчивость отражающих свойств поверхности твердого ядра, носящая мозаичный характер, с латеральным размером 10-100 км и толщиной отдельных элементов 1-5 км. Идея мозаичности получила свое дальнейшее развитие как в ИДГ РАН, так и за рубежом.



Пространственное распределение дифференциальных невязок времен пробега PKiKP

В 2013-2015 гг. по новым данным о дифференциальных временах пробега волн, отраженных от верхней границы жидкого ядра (PcP) и от поверхности внутреннего ядра ($PKiKP$) установлены изменения рельефа в 4-5 км поверхности внутреннего ядра под Восточной Азией с латеральным масштабом около 200 км.



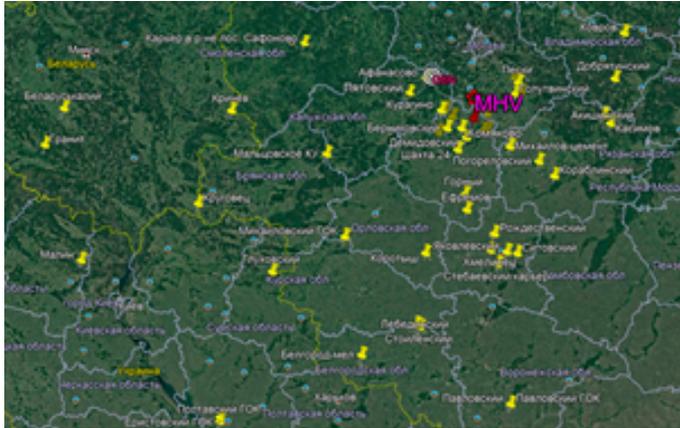
Анизотропия внутреннего и динамика внешнего ядра (асферические структуры в земном ядре)

Модель внешнего ядра Земли со слабой 0.3-0.5% цилиндрической (радиус 1375 км) аномалией скорости продольных волн и 1.5% анизотропией внутреннего ядра

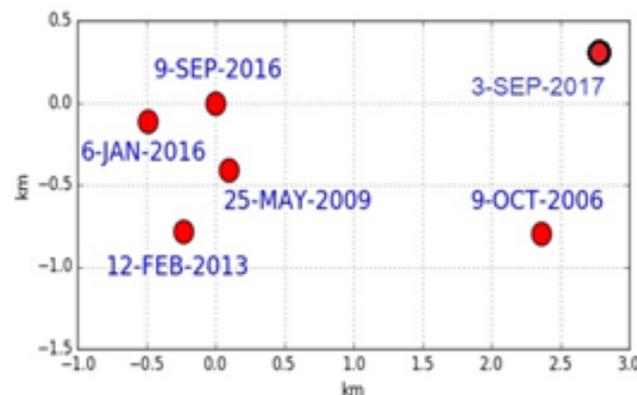
Полученные данные могут служить основой для построения динамических моделей формирования и развития внутреннего ядра Земли, а также конвекции во внешнем ядре, определяющей эволюцию магнитного поля Земли

Развитие инструментальных методов наблюдений. Геофизические аспекты национальной безопасности.

В рамках программы исследования сейсмичности Восточно-Европейской платформы (ВЕП), в 2004 г. была установлена Малоапертурная сейсмическая антенна МСА «Михнево».



Карта расположения источников сейсмических событий на ВЕП, сигналы от которых зарегистрированы МСА «Михнево» с начала эксплуатации



Взаимное расположение всех 6 взрывов, произведенных КНДР, зарегистрированных МСА «Михнево»

Разработан метод кросс-корреляции волновых форм, который позволяет дистанционно обнаруживать, определять относительные координаты и магнитуду для сверхслабых событий и оценивать постсейсмическую релаксацию массива на основе дистанционного обнаружения афтершоковой эмиссии. Развитие этого подхода позволило обнаружить и определить магнитуду афтершоков для пятого и шестого ПЯВ в КНДР. В мировой сейсмологической практике метод в настоящее время внедряется в международную систему контроля ДВЗЯИ

ЛАБОРАТОРИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

зав. лаб. – к.ф.-м.н. А.А. Остапчук

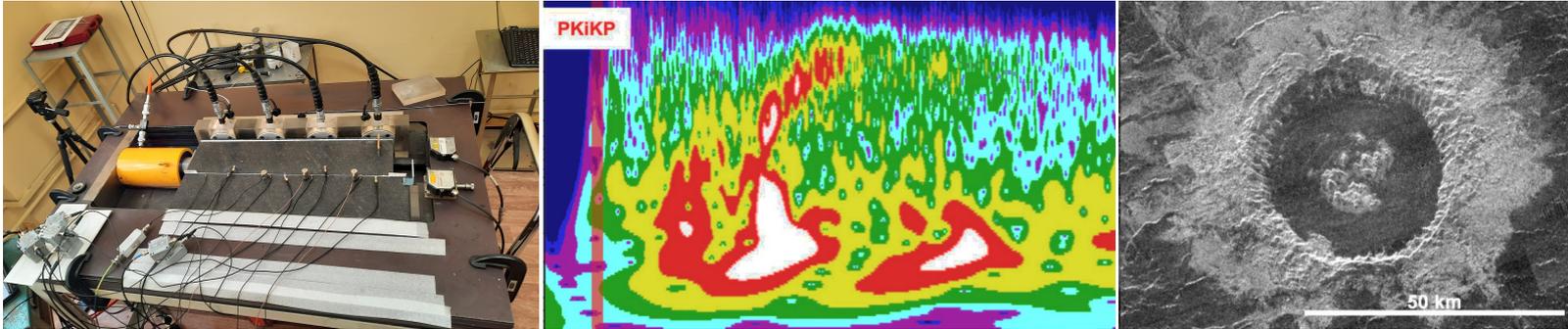


Задачи лаборатории:

- изучение закономерностей зарождения и развития природных и техногенных деформационных процессов в земной коре, включая землетрясения, скольжение по разломам, лавины и оползни, их связь с подземной флюидодинамикой;
- механика импактных событий и их роль в эволюции Земли и планет;
- механические, сейсмические и акустические эффекты взрывов в горнодобывающей промышленности

ЛАБОРАТОРИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

зав. лаб. – к.ф.-м.н. А.А. Остапчук



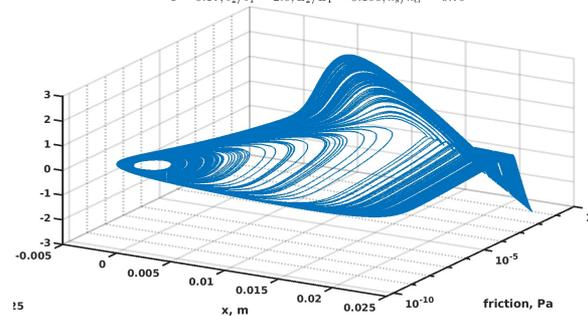
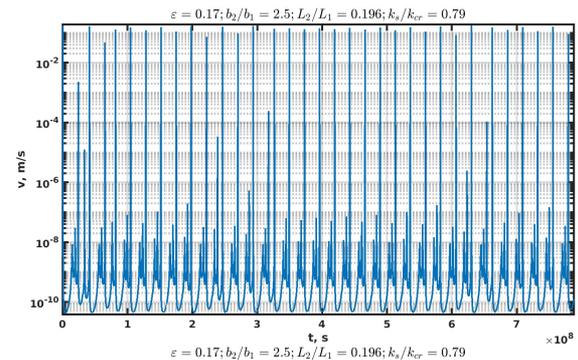
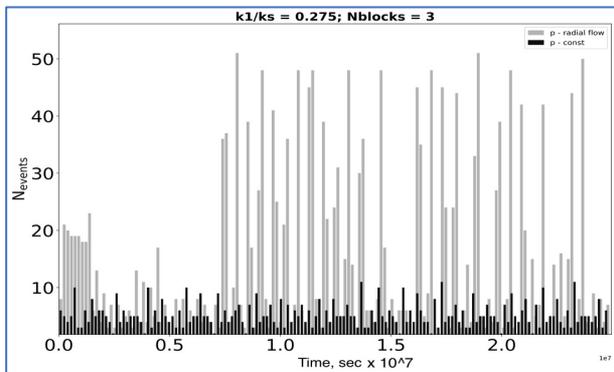
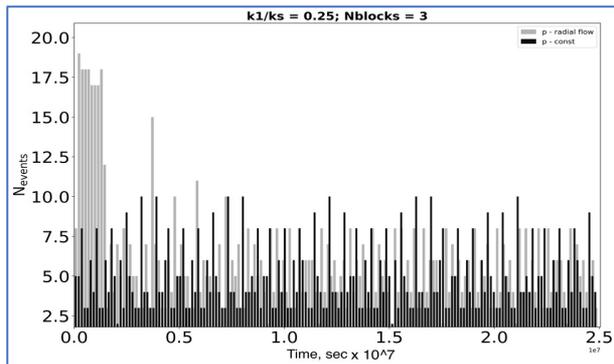
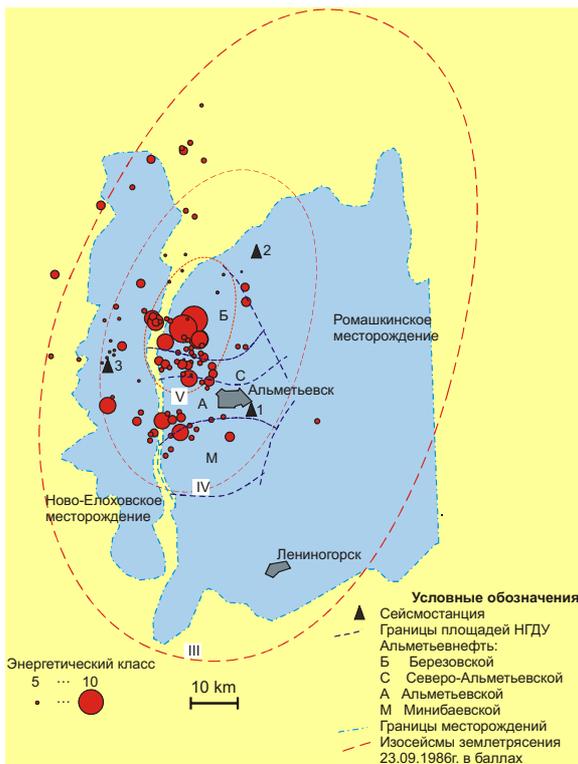
Достижения последних лет:

- Создано и развивается важное для решения многих задач геофизики, сейсмологии, горных наук новое научное направление – «Геомеханика разломов», объединяющее исследования как в области структуры разломных зон, так и механики их деформирования.
- Экспериментально установлено новое физическое явление: выраженный эффект изменения механических характеристик разломной зоны перед динамическим срывом, который может быть обнаружен за несколько дней до события.
- Разработана методика дистанционного контроля состояния коллектора in situ по данным прецизионного мониторинга уровня подземных вод.
- Создан оригинальный метод математического моделирования для исследования процессов образования ударных кратеров на Земле и других планетных телах, учитывающий эффект временного снижения трения в крупномасштабных деформационных процессах.

Лаборатория ГЕОМЕХАНИКИ И ФЛЮИДОДИНАМИКИ

Зав. лабораторией к.ф.-м.н. Н.А. Барышников

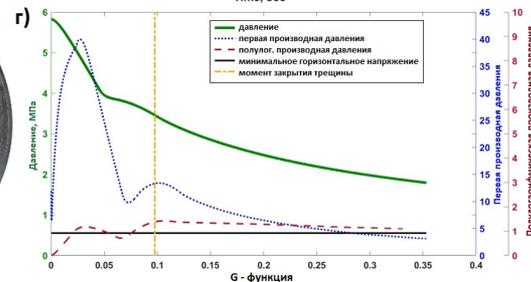
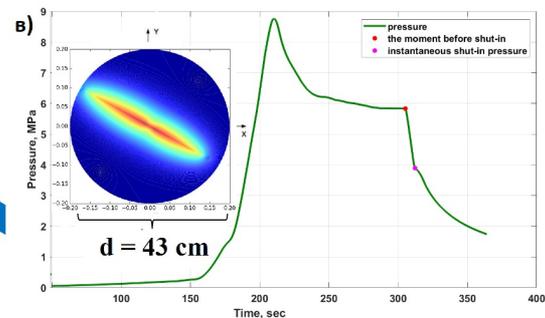
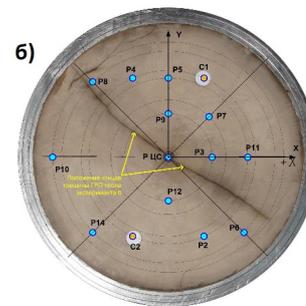
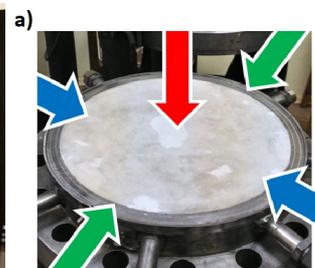
Изучение взаимосвязанных сейсмодинамических и флюидодинамических процессов в земной коре, изучение фундаментальных механизмов реакции флюидонасыщенных систем на техногенное воздействие, в том числе при интенсификации нефтедобычи. Разработка модели оценки отдаленных последствий реакции флюидонасыщенных систем земной коры на техногенные воздействия



Лаборатория ГЕОМЕХАНИКИ И ФЛЮИДОДИНАМИКИ

Зав. лабораторией к.ф.-м.н. Н.А. Барышников

Экспериментальное изучение гидроразрыва и микросейсмичности

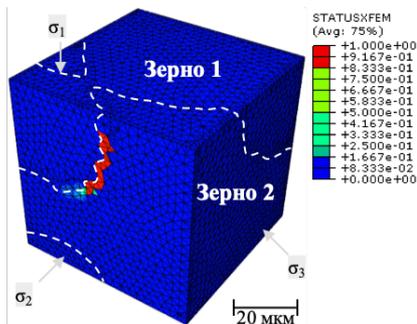
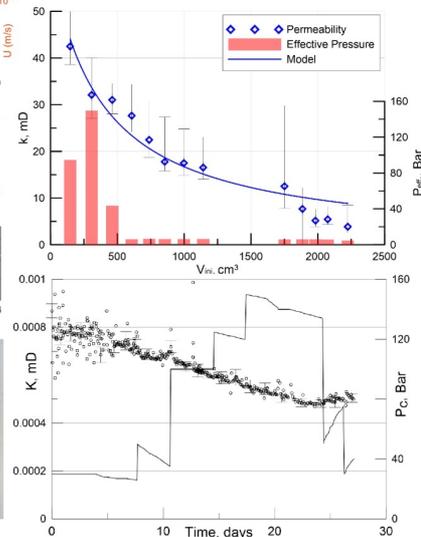
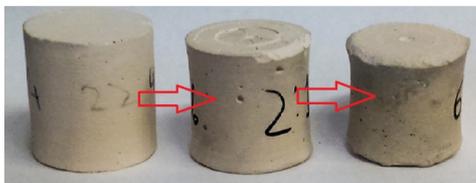
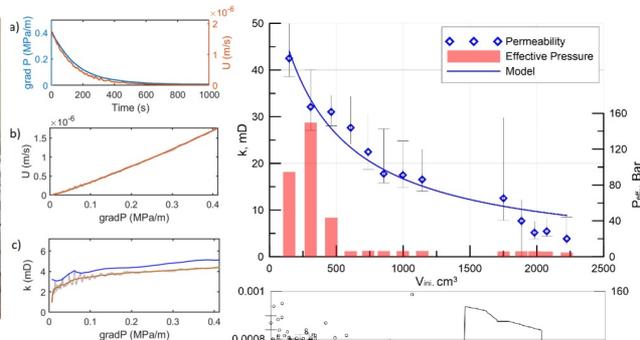


На уникальной лабораторной установке для моделирования трещин гидроразрыва пласта выполнен комплекс лабораторных экспериментов, в которых найдены условия переориентации трещин ГРП из-за изменения напряженного состояния, вызванного разработкой месторождения

Лаборатория ГЕОМЕХАНИКИ И ФЛЮИДОДИНАМИКИ

Зав. лабораторией к.ф.-м.н. Н.А. Барышников

Исследование нелинейности фильтрационных свойств пористых сред



В России актуальна проблема освоения запасов баженовской свиты – низкопроницаемых пород с характерными проницаемостями порядка 1 мД и ниже, в которых могут проявляться эффекты, связанные с отклонением закона фильтрации от линейного. Создана экспериментальная установка для исследований фильтрации жидкости в низкопроницаемых породах, поставлен ряд опытов по изучению влияния напряжённого состояния на проницаемость образцов горной породы. Получены данные об изменении проницаемости в ходе упругого и неупругого деформирования, в том числе о долговременной реакции образцов с проницаемостью порядка 1 микродарси на всестороннее сжатие.

Исследование развития и распространения трещин гидроразрыва в горных породах на микроуровне с учётом минеральной неоднородности, матричной структуры, упругопластических свойств минералов и их межзеренных контактов.

Лаборатория приповерхностной геофизики

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. А.А. Спивак

Установление природы и механизмов генерации, преобразования и взаимодействия геофизических полей в приповерхностной зоне Земли.

Определение роли разломных зон земной коры в формировании режимов геофизических полей.

Установление влияния слабых возмущений земной коры (деформация в результате лунно-солнечного прилива, барические вариации в атмосфере и т.д.) на геодинамические процессы.

Создан Центр геофизического мониторинга г. Москвы ИДГ РАН для проведения систематических исследований влияния на среду обитания явлений и процессов природного и техногенного происхождения. Ведутся инструментальные наблюдения за сейсмическим фоном мегаполиса, микропульсациями атмосферного давления, вариациями напряженности электрического поля в приземной атмосфере.

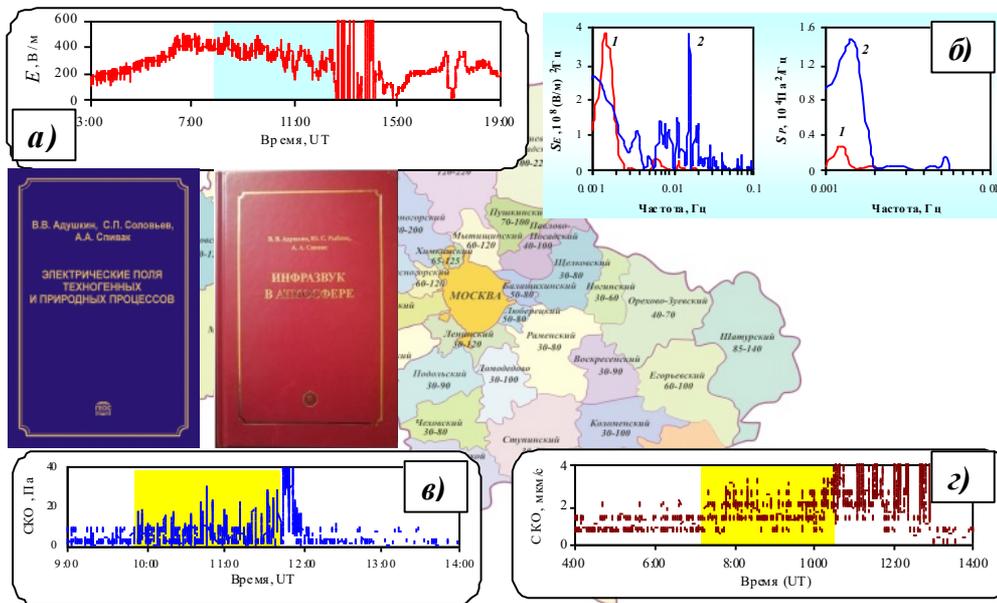
Проведение синхронных инструментальных наблюдений в г. Москве и в геофизической обсерватории «Михнево», позволяет оценить влияние мегаполиса.



Лаборатория приповерхностной геофизики

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. А.А. Спивак

Выполнен обобщающий анализ результатов инструментальных наблюдений за вариациями электрического поля и акустических колебаний в приземной атмосфере, вызванными природными и техногенными источниками. Впервые предложен комплексный прогностический признак опасных атмосферных явлений в виде ураганов, шквалов и сильных гроз

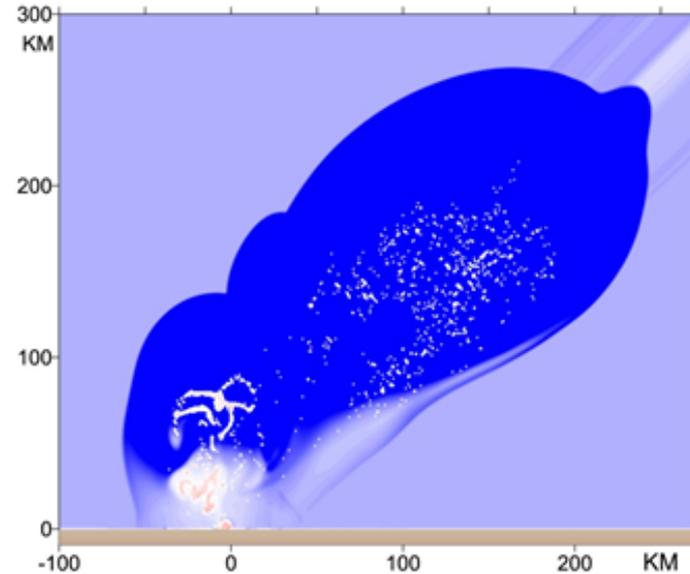
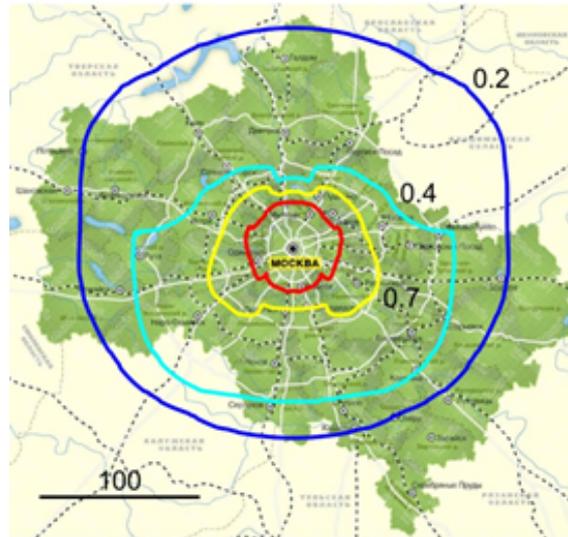


Возмущение геофизических полей при опасных атмосферных явлениях: а) – пульсации электрического поля (фоном обозначен предгрозовой период); б) – изменение спектра электрического поля (слева) и акустических колебаний (справа) в период урагана (фоном отмечен предвестник): 1 – фоновые характеристики, 2 – в период, предшествующий явлению; в) и г) – соответственно среднеквадратичные отклонения амплитуды акустических колебаний в атмосфере и сейсмического шума (фоном отмечены предвестники)

Лаборатория Математического моделирования геофизических процессов

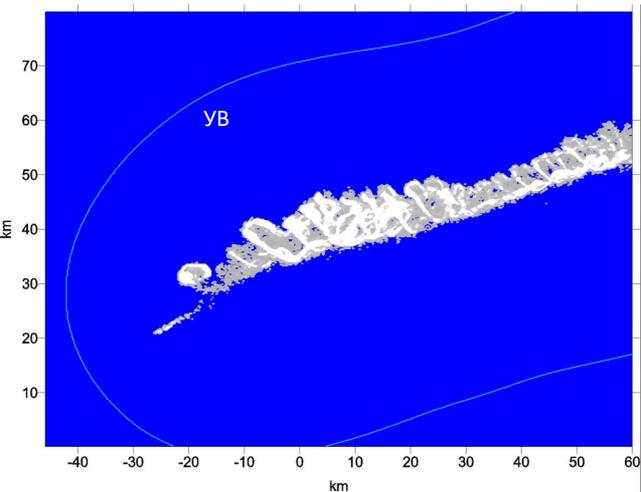
Зав. лабораторией д.ф.-м.н. В.В. Шувалов

Построена комплексная компьютерная модель падения на Землю 300-метрового астероида, аналогичного астероиду Апофис, который периодически сближается с нашей планетой. Показано, что если такой астероид упадет в центре Москвы, то образуется кратер, внутри которого окажется вся историческая часть Москвы. Практически на всей территории внутри МКАД все живое будет убито ударной волной. Вся территория Московской области будет охвачена массовыми пожарами. Разрушения, подобные вызванным падением Челябинского метеорита, будут наблюдаться во всем Центральном округе России. Сильные ионосферные возмущения, способные вызвать серьезные нарушения радиосвязи, будут заметны на всей территории Европы. Аномальные погодные явления будут наблюдаться во всем мире в течение нескольких лет после падения астероида.



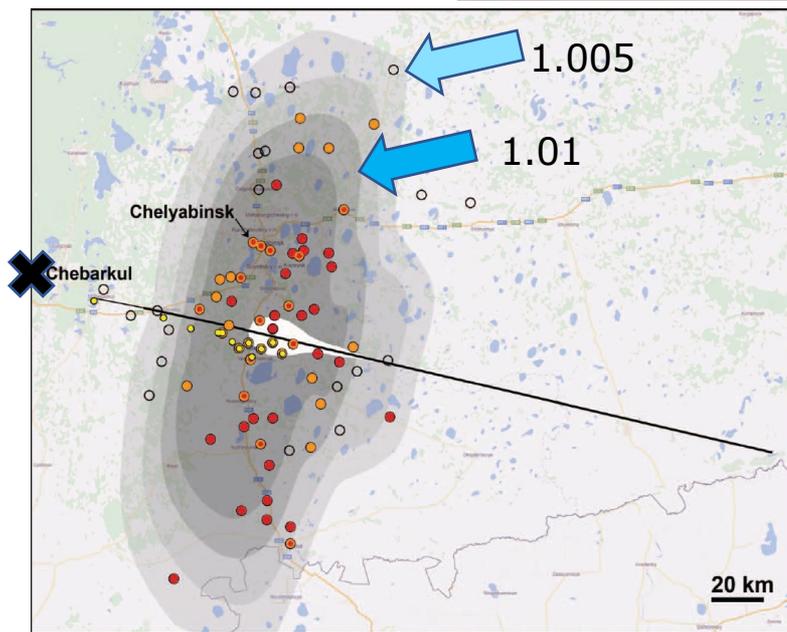
Слева изолинии максимального избыточного давления $\Delta P/P_0$, нанесенные на карту Московской области. Справа распределения относительной плотности воздуха (синий цвет) через 90 сек. после столкновения. Более насыщенный цвет соответствует большей плотности. Показаны результаты для случая, когда астероид падает под наиболее вероятным углом 45 градусов.

Челябинское событие 15.02.2013



Формирование ударной волны и следа
Вверху – расчет, внизу – фото.

Челябинский болид



Область разрушений при падении ЧМ:

Контурсы - модель, сплошные кружки – разрушения, пустые - нет

Давление ударной волны:

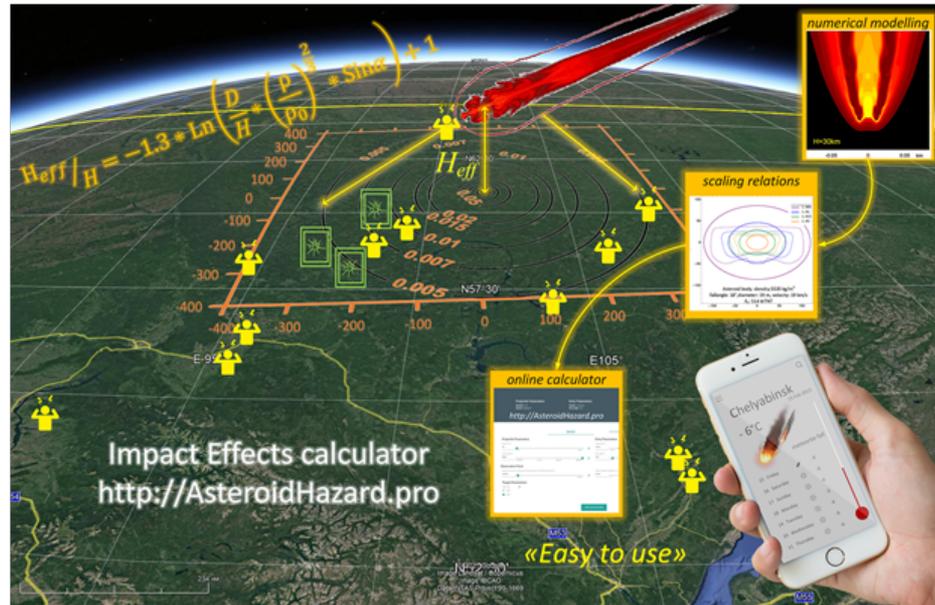
>1.8: разрушение мостов

1.38-1.43: разрушение кирпичных зданий;

1.23-1.27: разрушение деревянных зданий;

1.005-1.07: повреждение окон

Методика быстрой оценки последствий падения на Землю космических тел

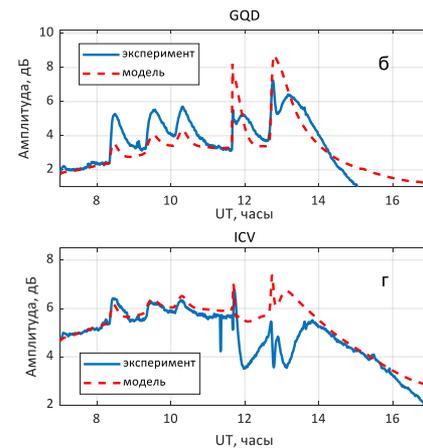
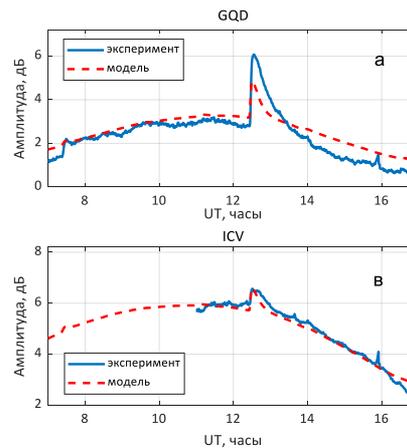


Разработана методика быстрой оценки основных поражающих факторов (избыточного давления за фронтом ударной волны, потоков излучения на поверхности Земли, сейсмического эффекта, возмущений ионосферы, размера кратера, если он образуется, толщины слоя выбросов из кратера) при падении на Землю комет и астероидов размером от десятков метров до нескольких километров. Отличие этой методики от других состоит в том, что она основана не на аналогии с сильными взрывами, а на результатах проведенных нами систематических расчетах ударов в широком диапазоне размеров и скоростей ударников и построении на основе результатов этих расчетов интерполяционных формул. Методика учитывает сложный характер выделения энергии при ударе и зависимость результатов от угла наклона траектории. Методика реализована в виде он-лайн калькулятора, доступного на сайте <http://AsteroidHazard.pro>.

Лаборатория Литосферно-ионосферных связей
Зав. лабораторией к.ф.-м.н. И.А. Ряховский
Лаборатория Электродинамических процессов в геофизике
Зав. лабораторией к.ф.-м.н. А.Н. Ляхов

- Вероятностные модели средней атмосферы и нижней ионосферы
- Фундаментальные исследования ионизационно-рекомбинационных процессов в нижней ионосфере, прямые и обратные задачи неравновесной химической кинетики при воздействии потоков энергичных частиц и жесткого электромагнитного излучения
- Разработка новых вычислительных моделей ионизации среды

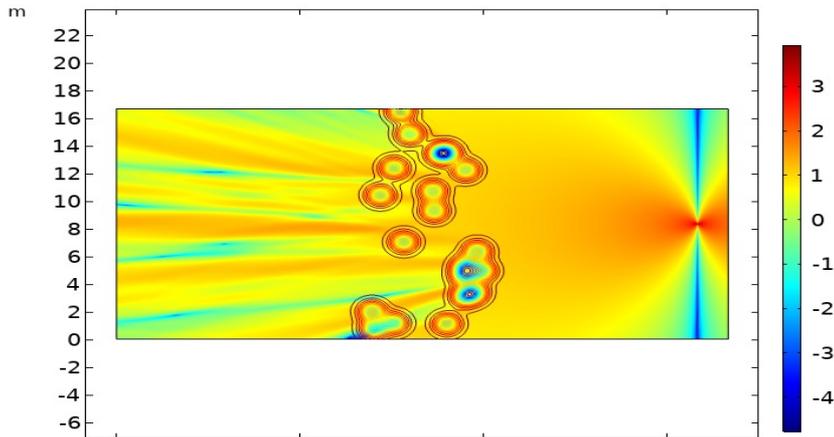
Верификация расчетных моделей



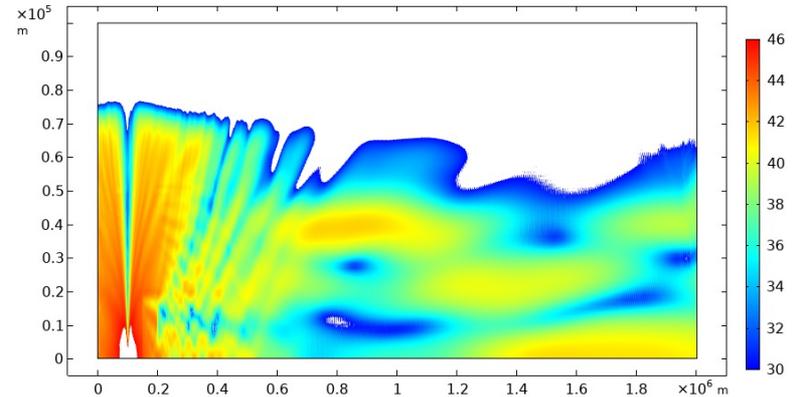
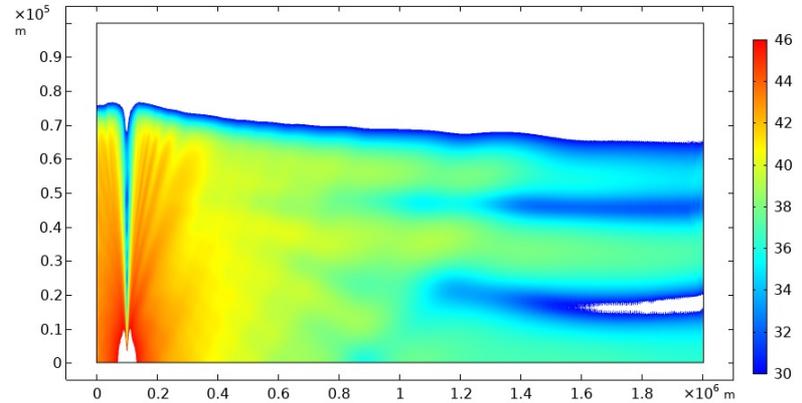
Высоты от 40 до 100 км играют важную роль в глобальных климатических процессах, знания о процессах, протекающих на этих высотах под воздействием жесткого УФ, сверхжесткого рентгеновского и гамма-излучения, до сих пор содержат белые пятна нерешенных задач. В Институте развивается направление вероятностного моделирования ионосферы, базирующееся на исследовании кинетики сетей химических реакций одновременно с разработкой принципиально новых моделей ионизации атмосферы.

Распространение радиоволн

- Созданы 2-х и 3-х мерные конечно-разностные коды решения задачи распространения с учетом геомагнитного поля, реальной проводимости земли и нелинейных эффектов
- 2-мерные FDFD коды позволяют исследовать процессы сильного рассеяния радиоволн на ионосферных неоднородностях

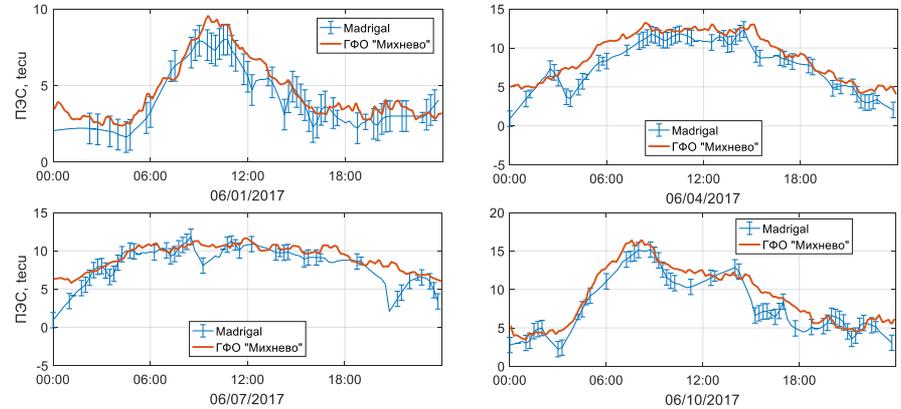


Расcеяние 900 МГц сигнала на системе неоднородностей



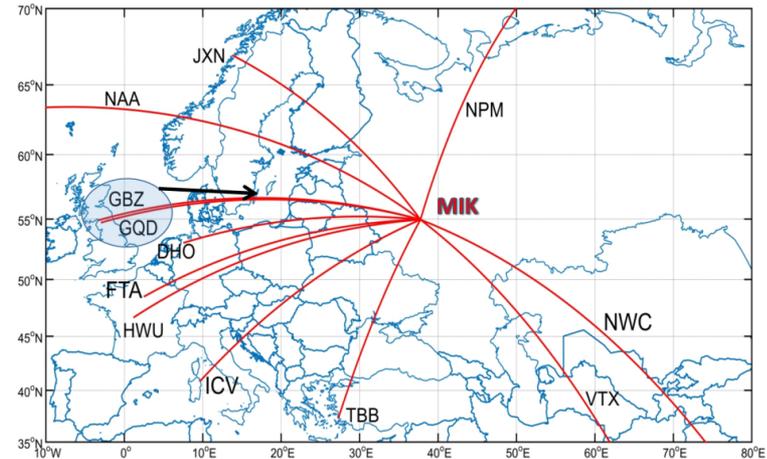
Экспериментальные исследования ионосферы в ГФО «Михнево»

Исследование вариаций полного электронного содержания в ионосфере

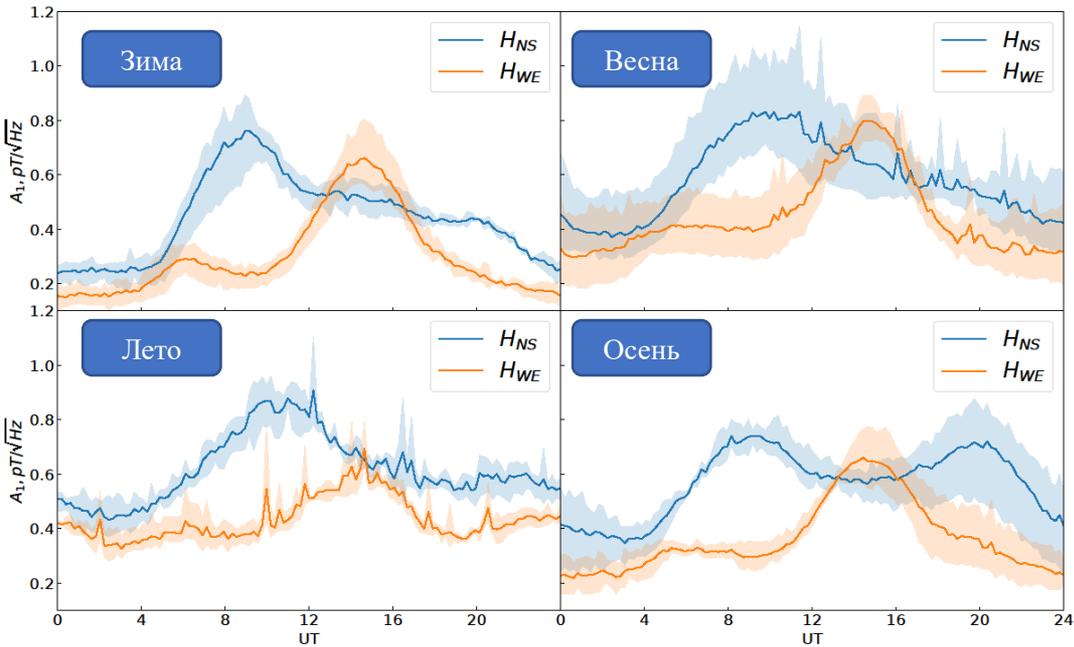


Мониторинг КНЧ-НЧ сигналов и обратные задачи физики нижней ионосферы:

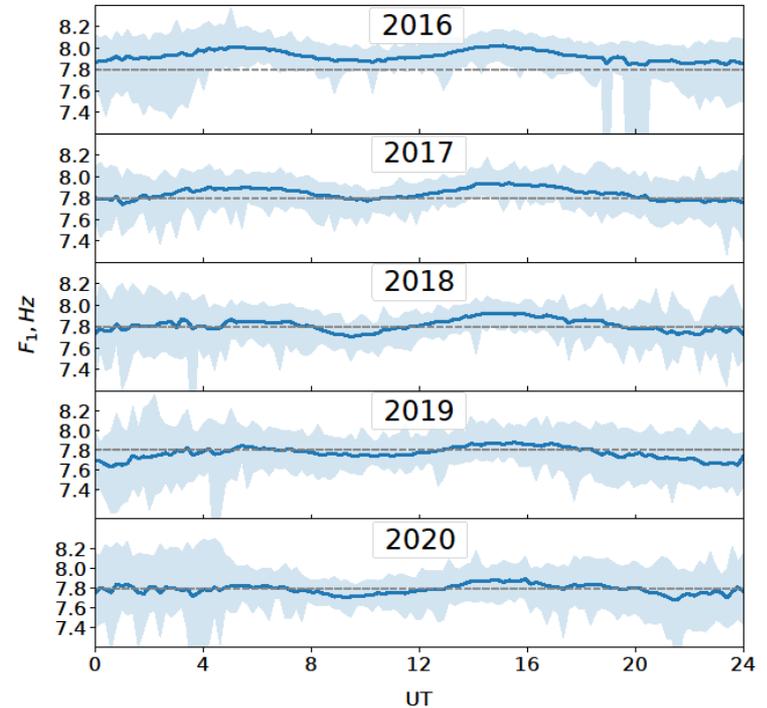
- **восстановление профиля электронной концентрации**
- **восстановление скорости ионизации**



Исследования Шумановских резонансов



Сезонная динамика суточной амплитуды ШР в ГФО «Михнево»

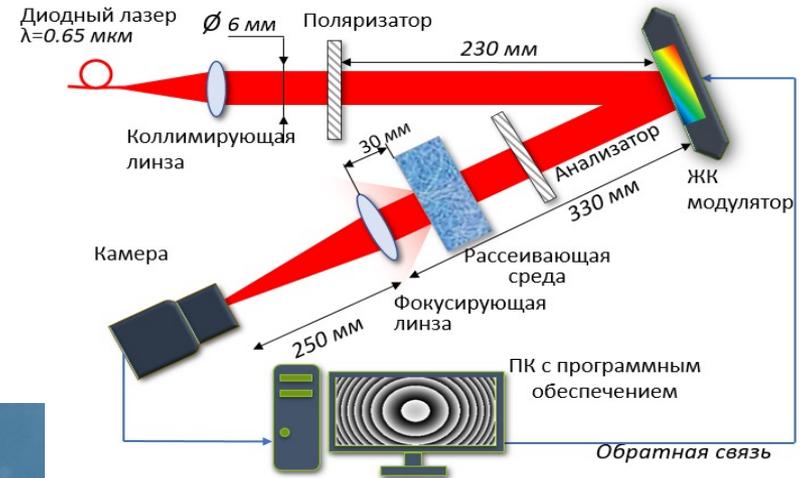
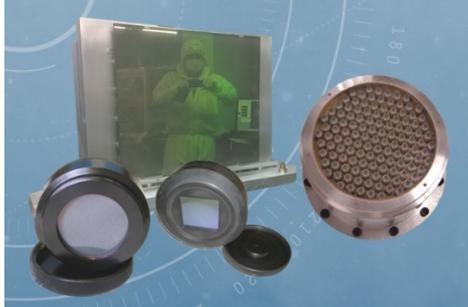


Вариация первой частоты ШР в ГФО «Михнево»

Лаборатория атмосферной адаптивной оптики

Зав. лабораторией д.ф.-м.н. А.В. Кудряшов

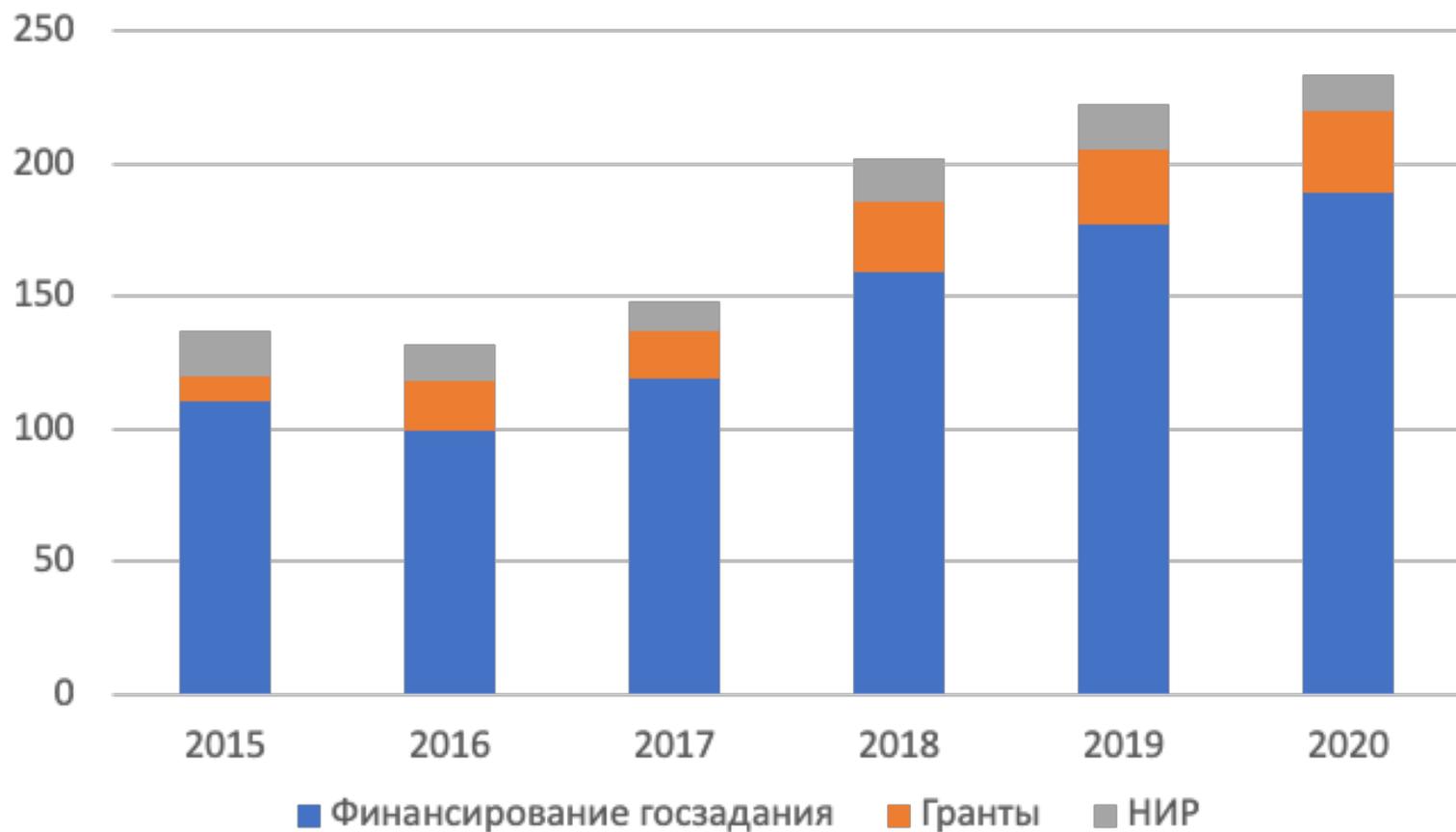
Разработка и изготовление адаптивных оптических систем для управления параметрами мощного лазерного излучения, а также компенсации искажений светового излучения в условиях атмосферной турбулентности.



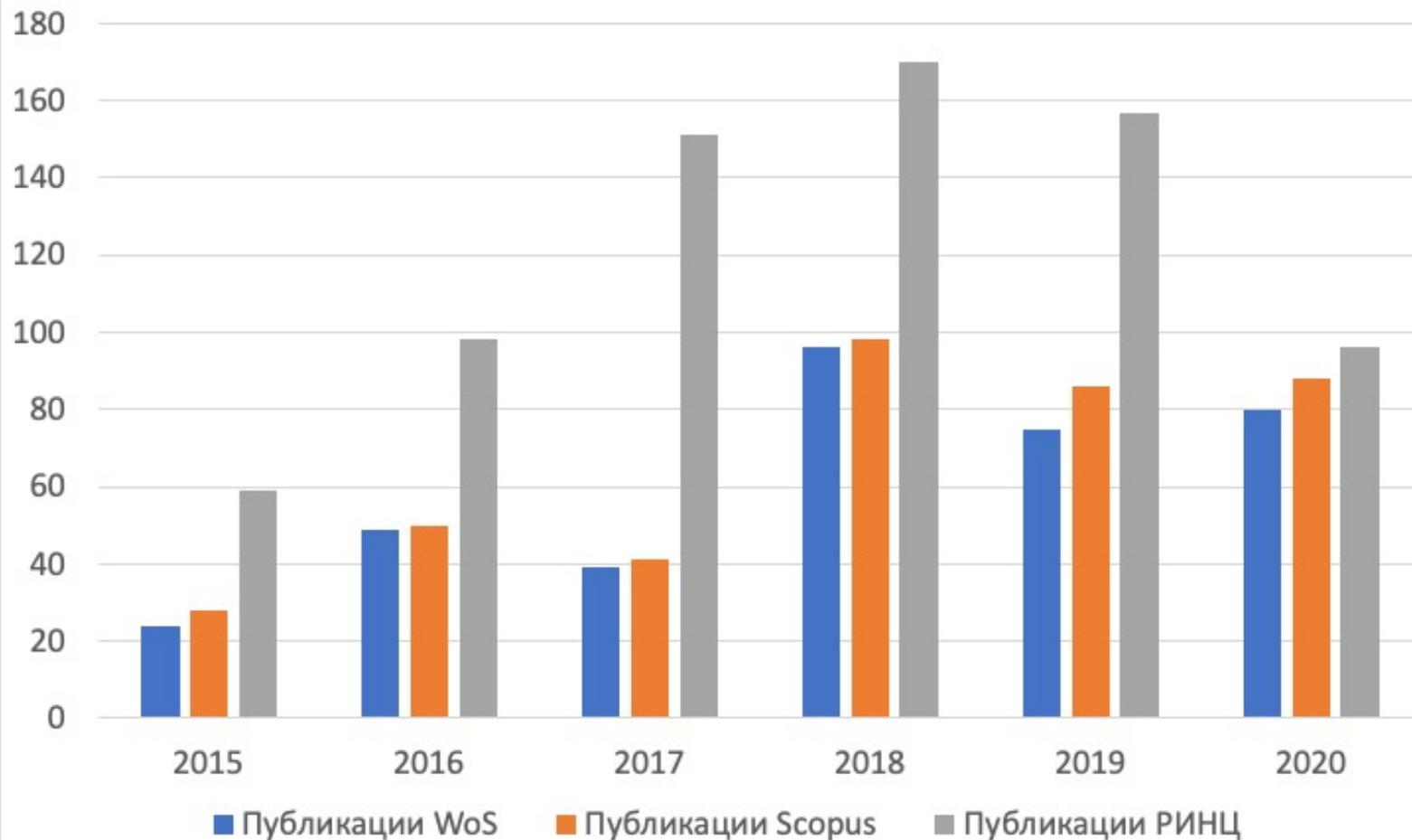
Разработан и изготовлен лабораторный макет адаптивной оптической системы, предназначенной для коррекции aberrаций волнового фронта излучения, прошедшего сквозь турбулентную атмосферу.

Проведено экспериментальное исследование возможности фокусировки лазерного излучения видимого диапазона с использованием жидкокристаллического пространственного модулятора света. Реализованные параметры установки позволяют моделировать прохождение луча сквозь слой тумана средней плотности протяженностью от 300 м до 5 км.

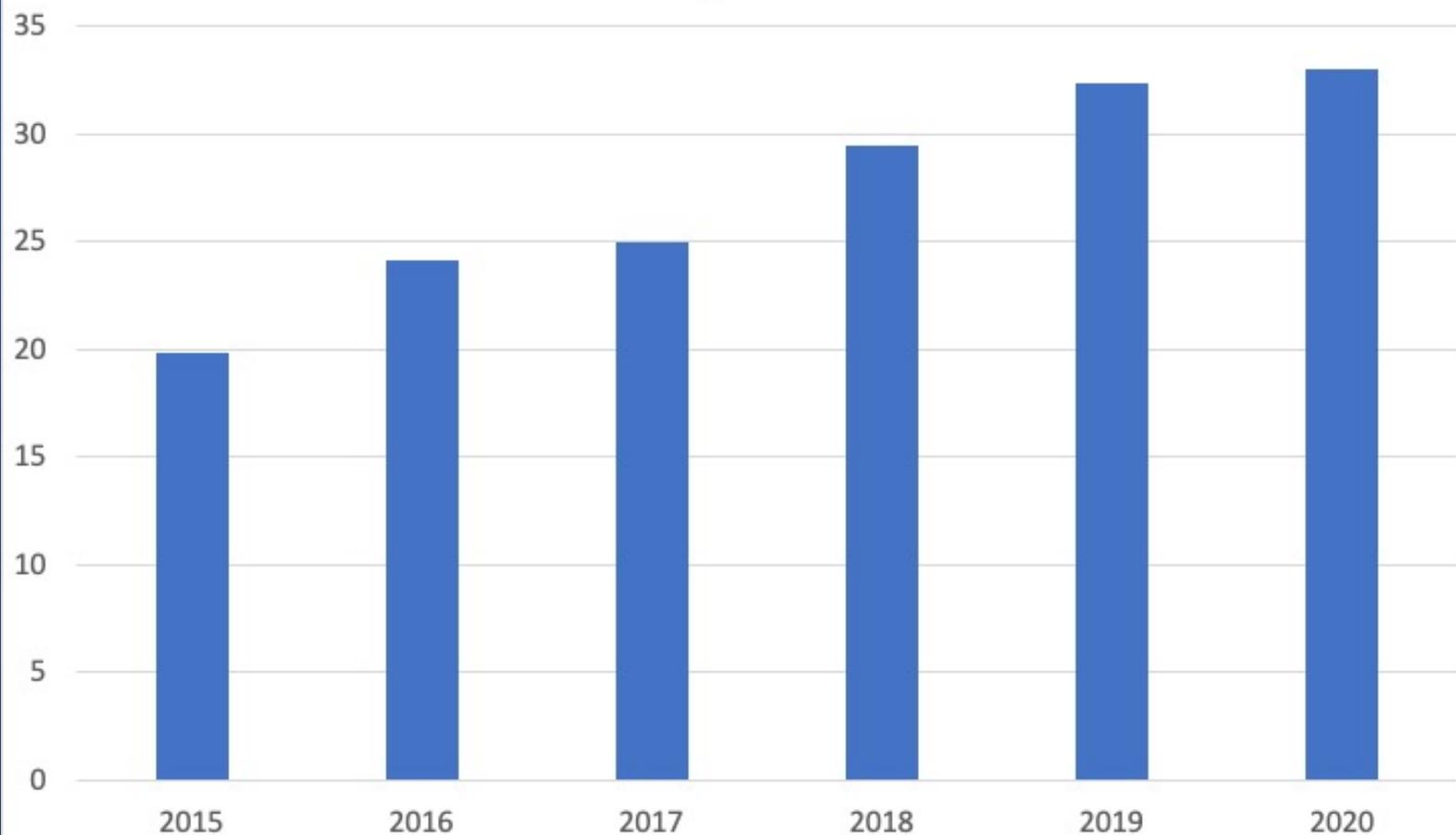
Финансирование ИДГ РАН



Количество публикаций



Численность сотрудников до 39 лет в процентах от общего количества исследователей



ПОЗИТИВ

- Востребованные научные задачи
- Высокая квалификация
- Государственное финансирование
- Молодые сотрудники
- ГФО «Михнево»
- Научное оборудование
- Кафедра



Спасибо за внимание!
