

О РАБОТЕ В 2005 ГОДУ СЕМИНАРА НАУЧНОЙ ШКОЛЫ – С.А. РЫБАКА “АКУСТИКА НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД”

PACS: 01.10.Fv

В 2005 г. семинар Научной школы профессора С.А. Рыбака “Акустика неоднородных сред” (Акустический институт им. акад. Н.Н. Андреева) продолжил свою работу. Семинар традиционно собирает представительную научную аудиторию. Первое заседание семинара состоялось в 1997 г. В 2005 г. состоялось юбилейное 100-е заседание семинара. В 2000 г. в рамках Ежегодника Российского Акустического Общества вышел первый сборник трудов семинара, а в 2005 г. – шестой. В 2005 г. в ходе работы семинара были заслушаны 15 докладов специалистов, представляющих ведущие научные центры России.

Доклад С.В. Егерова (АКИН) «Фотоакустика на конгрессе “Photonics West 2005”» содержал информацию о работе конгресса “Photonics West”, который проходит под эгидой SPIE (Международное общество инженеров-оптиков) и ежегодно собирает до 15 тыс. участников в городе Сан Хосе (США). Конгресс “Photonics West” сочетает в себе проведение масштабной выставки приборов и ряда тематических конференций, в том числе и конференцию по медицинским приложениям оптоакустики “Photons plus ultrasound”, на которой в 2005 г. был представлен доклад С.В. Егерова, О.Б. Овчинникова, А.В. Фокина, В.В. Климова, Д. Гузатова, А.П. Канавина, А.П. Ораевского “Импульсное оптоакустическое взаимодействие в суспензии золотых частиц: чувствительность обнаружения, основанная на лазерной кавитации”. Основной результат работы состоит в том, что статистическая обработка серий оптоакустических сигналов позволяет обнаружить микро- и нанообъекты в жидких пробах в предельно низких концентрациях.

Акустике магнитных жидкостей были посвящены два доклада.

В докладе Б.А. Гордеева и П.Н. Морозова (Нижегородский филиал Института машиноведения РАН) “Применение инерционных магнитореологических трансформаторов в системах виброзащиты” приводятся основные методы оценки динамических характеристик течения магнитореологических жидкостей в каналах магнитореологических трансформаторов при воздействии внешнего магнитного поля. Такие оценки нужны как для правильного прогнозирования поведения трансформатора при различных динамических нагрузках, так и для создания активных систем виброзащиты трансформаторов с использованием управляемых внешними сигналами магнито- и электрореологических заполнителей. Из системы магнитогидродинамиче-

ских уравнений, описывающих движение магнитореологической жидкости в аксиально-симметричном магнитном поле, авторами доклада получены выражения для скорости движения такой жидкости в канале магнитореологического трансформатора и показано, что эти выражения в явном виде зависят от магнитогидродинамических свойств рабочей жидкости, в частности, от числа Гартмана. Рассмотрены конкретные примеры движения магнитореологической жидкости по дроссельному каналу для различных частот внешнего вибросигнала.

В работе В.В. Соколова (МГАПИ) “Распространение волн в магнитных жидкостях” в рамках теории распространения магнитозвуковых волн малой амплитуды в магнитной жидкости с замороженной намагниченностью описаны экспериментальные данные по анизотропии скорости распространения ультразвука в магнитной жидкости на основе додекана. Показана применимость полученных теоретических результатов для описания экспериментальных данных по распространению медленной магнитозвуковой волны в намагничивающейся суспензии.

Один доклад был посвящен вопросам медицинской акустики.

В работе А.Е. Пономарева, О.А. Сапожникова (Физический факультет МГУ) “Компрессия акустических импульсов при отражении от многослойной структуры” продемонстрирована возможность использования временного обращения волн в двух акустических задачах: компрессии ультразвуковых импульсов специально подобранной формы при отражении от многослойной структуры и восстановления колебательной скорости на поверхности ультразвукового излучателя методом нестационарной голографии. Создана соответствующая экспериментальная установка, позволяющая длинные импульсные сигналы специальной формы заметно укорачивать во времени после отражения их от многослойной структуры. В результате голографического восстановления распределения пикового значения нормального ускорения на поверхности плоского одноэлементного датчика, применяемого для эхо-энцефалографии, авторам работы удалось полностью восстановить характер колебаний поверхности источника с дефектом (неизлучающая полоска шириной 2 мм). Следует подчеркнуть, что вид распределения пикового давления на поверхности голограммы не позволяет выявить указанные особенности колебаний поверхности источника.

Один доклад был посвящен вопросам кристаллоакустики.

В докладе В.Б. Волошинова, Н.В. Поликарповой, В.Г. Можяева (Физический факультет МГУ) "Близкое к обратному отражение объемных акустических волн при скользящем падении в сильно анизотропных кристаллах" на примере сильно анизотропного акустооптического кристалла парателлурита, вырезанного в форме прямоугольной призмы, экспериментально подтверждено, что в кристалле парателлурита медленная отраженная волна может распространяться почти навстречу падающему потоку акустической энергии даже при скользящем падении упругих волн на плоскую границу кристалла парателлурита и вакуума. В эксперименте визуализация падающего и отраженного от такой границы коллимированного акустического пучка производилась с помощью дифракции света на ультразвуке. Для различных углов среза кристалла рассчитан угол между потоками падающей и обратной волны. По расчетам авторов, коэффициент обратного отражения для потока акустической энергии близок к единице для широкого интервала углов среза кристалла.

Вопросам дифракции волн были посвящены 2 доклада.

Доклад М.Ю. Гуреева и М.А. Миронова (АКИН) "Сверхфокусировка сферической волны" посвящен экспериментальным исследованиям возможности фокусировки сферической волны в области, значительно меньшей длины волны. Для фокусировки использован конус с жесткими стенками, оканчивающийся в узкой части поглотителем в виде трубки малого, по сравнению с длиной волны, диаметра и правильно подобранной длины. Модуль коэффициента отражения в эксперименте не превосходит 0.3. В отсутствие поглощения полное поле не имеет особенности при стремлении к вершине конуса. Уменьшение амплитуды отраженной волны приводит к появлению особенности в полном поле, что можно интерпретировать как сверхфокусировку.

В докладе А.Г. Кюркчана и Е.А. Скородумовой (Московский технический университет связи и информатики) "Решение трехмерной задачи дифракции волн на группе тел методом диаграммных уравнений" предложенный в 1992 г. А.Г. Кюркчаном метод диаграммных уравнений распространен на решение трехмерной задачи дифракции на группе тел. Основу метода диаграммных уравнений составляет сведение исходной задачи дифракции на группе тел к решению системы из N (число рассеивателей) интегрооператорных уравнений второго рода относительно диаграмм рассеяния отдельных рассеивателей. Авторами доклада получено аналитическое (асимптотическое) решение задачи рассеяния волн группой тел и выполнена оценка пределов применимости такого решения. Тестирование предложенного метода на различных комбинациях рассеивателей: 2 полуцилиндра, 2 полусферы, гриб (цилиндр и

полусфера), лампочка (цилиндр и сфера) показало, что метод может быть применен для моделирования характеристик рассеяния волн телами сложной геометрии.

Вопросам геофизики были посвящены 4 доклада.

Доклад Е.Б. Черепецкой, В.Н. Инькова, В.Л. Шкуратника, А.А. Карабутова (МГГУ, МГУ, МЛЦ) "Диагностика геоматериалов лазерным ультразвуковым методом" посвящен диагностике неоднородной структуры, а также дефектов геоматериалов с помощью двух систем лазерной ультразвуковой спектроскопии - в режиме проходящих волн и в режиме эхолокации. В первом случае из амплитудного и фазового спектра сигнала рассчитывались дисперсия скорости и затухания продольных волн в образце. Благодаря специальному устройству, позволяющему вращать образец вокруг вертикальной оси, для ряда частот измерена анизотропия коэффициента затухания в образцах гранитогнейсов, слюдистых сланцев и интрузивных пород. Получено превышение численного значения анизотропии коэффициента затухания над анизотропией скорости продольных волн (в 3-7 раз для указанных пород). Показано, что по частотной зависимости коэффициента затухания можно судить о характерных размерах зерен в данном направлении. Лазерное возбуждение мощных импульсов упругих волн с амплитудой давления до 10 МПа в режиме эхолокации позволило исследовать процессы нелинейного взаимодействия упругих волн с дефектами геоматериала. Авторами получено, что наличие в образцах габбро трещин с глубиной раскрытия 100 мкм и более приводит к нелинейному искажению формы импульса. При прохождении через образец происходит разделение во времени фазы сжатия и фазы разрежения первоначально короткого биполярного импульса упругих продольных волн.

В докладе Г.А. Максимова, Е.В. Подъячева, Е. Ортеги* (МИФИ, *Национальный университет г. Сан Хуан, Аргентина) "Затухание волны Стоунли и других собственных мод вследствие их рассеяния на шероховатостях поверхности флюидонаполненной скважины" методом среднего поля в приближении малых по сравнению с длиной волны высот шероховатостей рассчитывается коэффициент затухания волны Стоунли, распространяющейся вдоль шероховатой поверхности флюидонаполненной скважины. Получены выражения для парциальных коэффициентов затухания волны Стоунли за счет ее рассеяния на шероховатостях стенок скважины как в себя, так и в другие собственные моды, а также в объемные продольные и поперечные волны. Приведен анализ частотных зависимостей парциальных коэффициентов затухания волны Стоунли от соотношения между корреляционной длиной шероховатостей и радиусом скважины.

В работе В.Е. Назарова и А.В. Радостина (ИПФ РАН, Нижний Новгород) "Исследование нелинейных волновых процессов в микронеоднородных

твердых телах (на примере горных пород и металлов)" теоретически и экспериментально изучаются эффекты нелинейного распространения непрерывных и импульсных продольных акустических волн в микронеоднородных средах. Исследуются причины гистерезисной и диссипативной акустической нелинейности микронеоднородных сред с дефектами разного вида (дислокации, границы зерен, перегибы или пороги на дислокациях, микротрещины), обладающими соответствующими нелинейными релаксационными и резонансными свойствами. По результатам лабораторных экспериментальных исследований амплитудных и частотных зависимостей различных нелинейных эффектов в микронеоднородной среде составляется неаналитическое феноменологическое уравнение состояния такой среды, а по нему определяются параметры содержащихся в них дефектов. Показано, что наличие в твердом теле трещин может привести к разномодульности уравнения состояния, зернистая структура может изменить степень нелинейности уравнения, дислокации приводят к гистерезисной зависимости напряжения от деформации. Отмечается, что описанные нелинейные эффекты (самопросветление среды или нелинейное ограничение амплитуды волны, затухание звука на звуке или усиление звука звуком, а также изменение скорости распространения сильной низкочастотной и слабой высокочастотной волны) могут наблюдаться в трещиноватых и зернистых горных породах в условиях их естественного залегания. Разработана методика, позволяющая определять качественные и количественные реологические свойства и параметры нелинейности этих дефектов, что может быть использовано для классификации и диагностики различных микронеоднородных сред.

В докладе И.Б. Есипова, Е.Д. Баженовой, А.Н. Вильмана (АКИН) "Медленные флуктуации акустического поля в гранулированной среде" приводятся результаты экспериментального исследования распространения звука в гранулированной среде. Обнаружено, что при возбуждении гармонического сигнала постоянной амплитуды акустический отклик отдельной гранулы сильно меняется во времени. Зависимость амплитуды гармонических составляющих в спектре отклика от уровня возбуждаемого сигнала оказывается немонотонной и также сильно меняется во времени. Наиболее интенсивными оказываются флуктуации субгармонической составляющей распространения сигнала. Получены спектры флуктуаций интенсивности гармонических составляющих отклика. Обсуждается возможный механизм медленных флуктуаций акустического поля в гранулированной среде.

И.А. Урусовский (АКИН) продолжил исследования по шестимерной трактовке структуры Вселенной.

В докладе "Космологическая подпитка внутриземного тепла в ее шестимерной трактовке" в рамках простейшей шестимерной трактовки расширения Вселенной при сохранении энергии каж-

дой элементарной частицы в этом пространстве проведен учет влияния возрастания скорости света на выделение тепла внутри Земли. Проведено обоснование шестимерной трактовки расширения Вселенной сравнением результатов теории с данными наблюдений. Показано, что скорость света увеличивается во времени из-за замедления расширения Вселенной. Показано, что такое увеличение скорости света приводит к существенной подпитке внутриземного тепла и ряда небесных тел. Обусловленный этим механизмом поток тепла из Земли составляет при предпочтительных параметрах теории 19% от полного наблюдаемого потока.

Проблемам распространения звука в океане были посвящены 2 доклада.

В докладе Е.А. Копыла и Ю.П. Лысанова (АКИН) "Рассеяние звука на резко анизотропных объемных неоднородностях океана" на основе разработанной ранее модели случайных объемных неоднородностей океана (флуктуаций показателя преломления), характеризующихся энергетическим спектром фрактального типа и имеющих различную степень пространственной анизотропии, получены оценки коэффициента рассеяния звука в первом приближении метода малых возмущений.

В докладе К.В. Коняева и А.Е. Филонова* (АКИН, *Гвадалахарский Университет, Мексика) "Форс-мажорный режим разрушения внутреннего прилива на шельфе" по данным профилометра скорости течений ADCP, установленного на дне тихоокеанского шельфа Мексики на расстоянии 2 км от берега при глубине дна 34.5 м, экспериментально определено строение и разрушение приливной внутренней волны при наклоне дна, близком к критическому для полусуточной внутренней волны. Приведен анализ скоростей течений приливной внутренней волны на исследуемой трассе, орбитальных движений в приливной волне и ее нелинейности в различных частотных диапазонах. Оказалось, что орбитальные движения в волне нестабильны. Велики гармоники прилива. На высоких частотах гармоники создают вертикальные струи, которые пронизывают всю водную толщу и не спадают до нуля на краях толщи. На пологом шельфе основную роль в стоке энергии внутреннего прилива играют солитоны, на крутом шельфе их сменяют гармоники прилива.

Семинар проходит в Акустическом институте (улица Шверника 4) раз в две недели по четвергам. Начало семинара в 11.00. Подробную информацию о семинаре можно найти на страничке семинара в Интернете <http://www.akin.ru>.

Заявки для участия в работе семинара просьба отправлять по адресу: sveta@akin.ru, а также по телефону руководителю семинара Рыбаку С.А. (495) 126-90-72 или секретарю семинара Токмаковой С.П. (495) 129-99-61.

Токмакова С.П.