

**I. РЕЗУЛЬТАТЫ,  
ПРЕДСТАВЛЯЕМЫЕ  
В ДОКЛАД ПРЕЗИДЕНТА РАН**

1. Создан компактный, слабо релятивистский (30 кВ) СВЧ источник терагерцового излучения с рекордными параметрами. В гиротроне с импульсным соленоидом получена генерация СВЧ импульсов длительностью 40 мкс с энергией 60 мДж (пиковая мощность 2.7 кВт) на частотах вплоть до 1.02 ТГц.

*Авторы:* М. Ю. Глявин, А. Г. Лучинин (ИПФ РАН).

**Аннотация.** Разработка компактных, относительно простых и доступных источников мощного терагерцового (ТГц) излучения важна для многочисленных приложений, включающих диагностику плазмы, спектроскопию, обнаружение и визуализацию взрывчатых веществ и оружия, новые медицинские технологии, атмосферный контроль, производство материалов высокой чистоты и т.д. На сегодня известны твердотельные и вакуумные источники, обеспечивающие ТГц излучение на уровнях мощности от милливатта до десятков (до сотни - в случае квантовых каскадных лазеров) милливатт. Высокие уровни мощности (со средней непрерывной мощностью в сотни ватт) способны обеспечить релятивистские лазеры на свободных электронах (ЛСЭ). Гиротроны, основанные на взаимодействии электронов, вращающихся во внешних магнитных полях с быстрыми волнами, способны обеспечить существенно более высокие уровни мощности, чем современные твердотельные приборы и намного более компактны, чем лазеры на свободных электронах. Чтобы обеспечить условия циклотронного резонанса электронов с ВЧ полем для гиротронов необходимы сильные магнитные поля: до 40 Т при работе на основном циклотронном резонансе.

Разборный ТГц гиротрон с импульсным магнитом был разработан, изготовлен и испытан в ИПФ РАН. Соленоид выполнен из композитного кабеля, центральная жила которого, состоящая из сплава ниобий-титан, механически армирует внешнюю медную оболочку. Для уменьшения омических потерь и термостабилизации, соленоид охлаждался жидким азотом. Кабель наматывался непосредственно на корпус гиротрона из тонкой нержавеющей стали, что позволило уменьшить внутренний диаметр соленоида и, соответственно, энергетику магнитного поля. Частота следования импульсов ограничивалась возможностями охлаждения соленоида и составила 1 импульс в минуту. После больше чем 2500 импульсов с магнитными полями выше 30Т никаких признаков изнашивания соленоида или ухудшения его характеристик не обнаружено.

При изменении амплитуды импульса магнитного поля, была получена генерация ряда мод на частотах близких к 1ТГц и выходной мощностью на уровне 1 кВт. Переход с моды на моду при изменении магнитного поля обеспечивал ступенчатую перестройку частоты. При магнитном поле близком к 38.5 Т, возбуждение моды  $TE_{17,4}$  обеспечило генерацию на частоте 1.022 ТГц в импульсе длительностью 40 мкс с энергией 60 мДж (пиковая мощность 2.7 кВт).

### **Публикации**

1. М.Ю. Глявин, А.Г. Лучинин Терагерцовый гиротрон с импульсным магнитным полем. Изв. ВУЗов Радиофизика, в печати (2007. № 10-11)
2. M. Glyavin, A. Luchinin The experimental tests of THz range gyrotron with pulsed magnetic field. Book of abstract, PPPS 2007, Albuquerque, New Mexico, USA
3. M.Yu. Glyavin, A.G. Luchinin, and G.Yu. Golubiatnikov. Generation of 1.5-kW 1-THz coherent radiation from a gyrotron with a pulsed magnetic field, Phys.Rev.Lett, to be published

2. Продемонстрирована возможность использования эффекта электро-магнитно индуцированной прозрачности в качестве нового эффективного метода исследования особенностей структуры переходов, скрытых неоднородным уширением. Экспериментально обнаружено и измерено суперсверхтонкое расщепление нижних компонент уровней  $^4I_{5/2}$  и  $^4G_{9/2}$  ионов  $Nd^{3+}$ , допированных в  $LaF_3$ , вызванное спин-спиновым взаимодействием электронов рабочих ионов и ядер соседних частиц.

**Авторы:** Р. А. Ахмеджанов, А. А. Бондарцев, Л. А. Гушин, Н. А. Жарова (ИПФ РАН).

**Аннотация.** Использование электромагнитно индуцированной прозрачности и когерентного пленения населенности в значительной мере расширило возможности резонансной лазерной спектроскопии. Были разработаны новые эффективные методы исследования сверхтонкой структуры возбужденных состояний, измерения дипольных моментов атомных и молекулярных систем, когерентного детектирования высоковозбужденных ридберговских состояний и т.д.

В настоящей работе продемонстрирована возможность использования эффекта электромагнитно индуцированной прозрачности для исследования особенностей структуры переходов, скрытых неоднородным уширением, что особенно важно для конденсированных сред. Исследовалась зависимость поведения ЭИП-резонансов от внешнего приложенного магнитного поля и двухфотонной лазерной расстройки  $\Lambda$ - и  $V$ -схеме на зеемановских подуровнях перехода  $^4G_{9/2} - ^4I_{5/2}$  ионов  $Nd^{3+}$ , допированных в  $LaF_3$ . На основе анализа полученных результатов определена величина суперсверхтонкого расщепления уровней, вызванного спин-спиновым взаимодействием электронов рабочих и ядер соседних частиц.

Проведено численное моделирование, в ходе которого решались динамические уравнения для компонент матрицы плотности. Экспериментальные зависимости ширины и глубины «окна» прозрачности от интенсивности управляющего поля совпадают с рассчитанными лишь при учете суперсверхтонкого расщепления.

#### Публикации

1. Р.А. Ахмеджанов, А.А. Бондарцев, Л.А.Гушин, Н.А. Жарова, А.Г. Петросян. Электромагнитно индуцированная прозрачность на зеемановских подуровнях в кристалле  $Nd^{3+}:LaF_3$

// Письма в ЖЭТФ. Т. 85, вып. 8. С. 476-480 (2007).

2. Р.А. Ахмеджанов, А.А. Бондарцев, Л.А.Гушин, Н.А. Жарова. Использование эффекта электромагнитно индуцированной прозрачности для измерения суперсверхтонкого расщепления уровней ионов редкоземельных металлов, допированных в оптические кристаллы // Принята в Письма в ЖЭТФ. Т. 86, вып. 9 (2007).

3. Rinat Akhmedzhanov, Alexander Bondartsev, Lev Gushchin, Alexander Litvak, Dmitry Sazanov, Nina Zharova. Investigation of interference quantum effects on Zeeman transitions in  $Nd^{3+}:LaF_3$  crystal // Proceedings of III International Conference "Frontiers of Nonlinear Physics 2007", p. 201-202 (2007).

3. В целях развития аэрокосмических дистанционных методов мониторинга подводных систем сброса сточных вод выполнено масштабное лабораторное моделирование процессов, происходящих при истечении пресных сточных вод из коллектора подводной сбросовой системы в стратифицированный океан. Масштабное моделирование, проведенное в большом термостратифицированном бассейне ИПФ РАН, показало, что формирующиеся в этом процессе всплывающие факелы возбуждают интенсивные короткопериодные внутренние волны при взаимодействии с областью скачка плотности (пикноклином). На основании анализа зависимостей амплитуд генерируемых волн от характеристик струйного течения и стратификации, предложен

механизм генерации волн, связанный с возбуждением автоколебаний глобально неустойчивой моды при взаимодействии всплывающей струи с пикноклином.

**Авторы:** В.Г. Бондур, Ю.В. Гребенюк (ЦПАМ, «Аэрокосмос»), Ю.И. Троицкая, Д.А. Сергеев, Е.В. Ежова, В.И. Казаков, И.А. Соустова (ИПФ РАН).

**Аннотация.** Одним из важных источников антропогенного воздействия на прибрежные акватории является сброс сточных вод. Изучение процессов, связанных с этим воздействием, в настоящее время производится контактными методами в натуральных условиях с использованием аэрокосмических дистанционных методов, а также с помощью математического моделирования динамики затопленных турбулентных струй. Одним из возможных механизмов поверхностного проявления глубоководного сброса является генерация внутренних волн.

Целью настоящей работы является выяснение возможности возбуждения внутренних волн такими всплывающими турбулентными струями на основе масштабного лабораторного моделирования и оценка эффективности такого механизма генерации внутренних волн (вв). Эксперименты проводились в большом термостратифицированном бассейне ИПФ РАН (БТСБ). Размеры БТСБ: длина 20 м, ширина 4 м, глубина 2 м. В бассейне создается температурная стратификация термоклинного типа с перепадом температуры при переходе через термоклин  $20^{\circ}\text{C}$  и его характерной толщиной – 20 см. Модель диффузора коллектора представляла собой трубку длиной 1.3 м, на боковой поверхности которой имелось 5 отверстий диаметром  $b_0=3$  мм, расположенных на расстоянии 30 см друг от друга. Для моделирования всплывающих струй использовался раствор этилового спирта с плотностью  $0.93$  г/см<sup>3</sup>, скорость истечения которого  $U_0$  изменялась от 0.3 до 1.9 м/с. Такой выбор параметров обеспечивал геометрическое подобие модели со сбросовой системой Sand Island Honolulu wastewater outfall в бухте Мамаля (Гавайи) в масштабе 1:27. Выбор  $U_0=1$  м/с обеспечивал подобие по безразмерным параметрам задачи: числу Ричардсона  $-Ri = g\Delta\rho_0 b_0 / \rho_0 U_0^2$  и безразмерному параметру стратификации  $-Str = N_0^2 b_0 \rho_0 / g\Delta\rho_0$ , где  $\Delta\rho_0$  – начальная разность плотностей струи и окружающей жидкости,  $N_0^2$  – максимальное значение частоты плавучести,  $g$  – гравитационное ускорение.

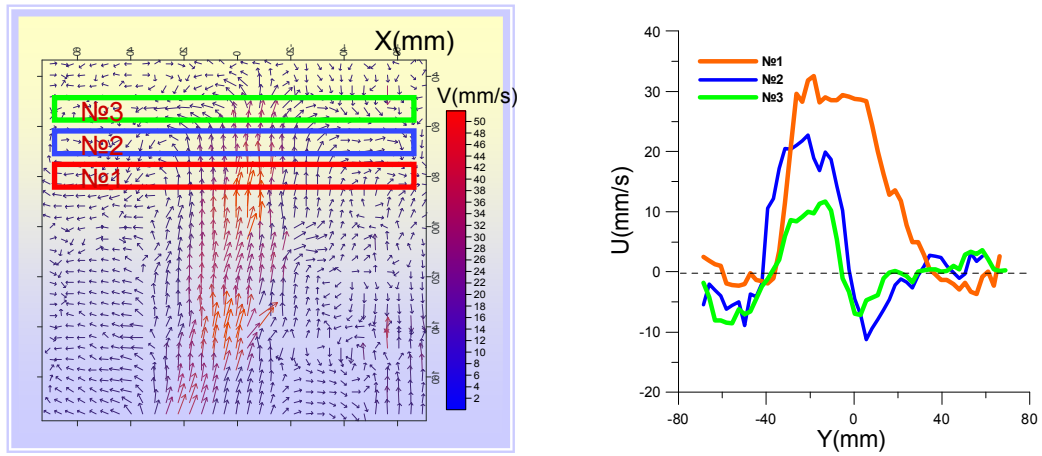
При взаимодействии струи с термоклином наблюдалось возбуждение интенсивных колебаний изотерм. При скорости истечения жидкости 95–105 см/с, соответствующих условиям масштабного моделирования размах колебаний изотерм составлял 3–5 см, что в натуральных условиях соответствует 0.8–1.3 м. Были построены зависимости амплитуд внутренних волн (вв) от параметров задачи и предложен вероятный сценарий их генерации, связанный с возбуждением автоколебаний, возникающих за счет развития гидродинамической неустойчивости всплывающих струй. Получена характерная для автоколебательного режима зависимость амплитуды колебаний вв от управляющего параметра – числа  $Ri$ .

### Публикации

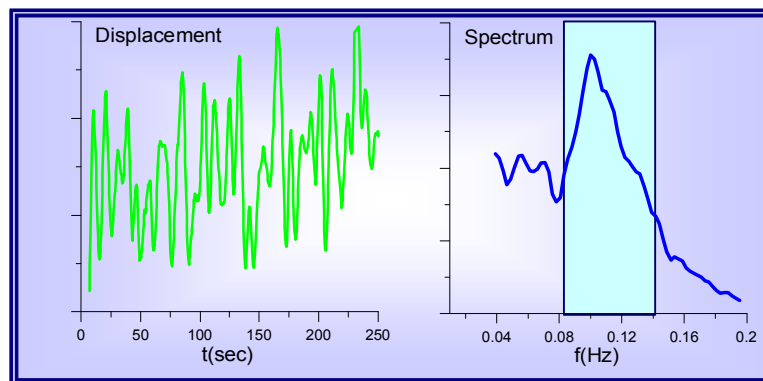
1. Bondur V., Keeler R., Gibson C. Optical satellite imagery detection of internal wave effects from a submerged turbulent outfall in the stratified ocean // Geophysical Research Letters, V. 32, June, 2005, 12 p.
2. Бондур В.Г., Журбас В.М., Гребенюк Ю.В. Математическое моделирование турбулентных струй от подводных стоков в прибрежной зоне. Океанология, т. 46, № 6, с. 805-820, 2006.
3. Ю.И.Троицкая, Д.А.Сергеев, Е.В.Ежова, И.А.Соустова, В.И.Казаков Автогенерация внутренних волн всплывающими струями в стратифицированном бассейне, направлено в Доклады РАН, 2007.

4. Troitskaya Yu, Sergeev D, Soustova I, Ejova E, Kazakov V. Dynamics of turbulent jet with positive buoyancy in stratified fluid // Proc. Int. 18eme Congres Francais de Mecaniqu. 2007. CFM 2007-1277.

Поле скорости в струе, измеренное методом Particle Image Velocimetry:



Профили скорости в 3-х сечениях: 1. Ниже уровня нейтральной плавучести; 2. На уровне нейтральной плавучести; 3. Выше уровня нейтральной плавучести.



Колебания верхней границы (лев. рисунок) струи и их частотный спектр (прав. рисунок). Прямоугольником отмечен теоретически рассчитанный интервал частот глобально неустойчивой моды  $0.08 \text{ Гц} \leq f_0 \leq 0.14 \text{ Гц}$ .