



## О НАУЧНОЙ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНСТИТУТА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ АН СССР

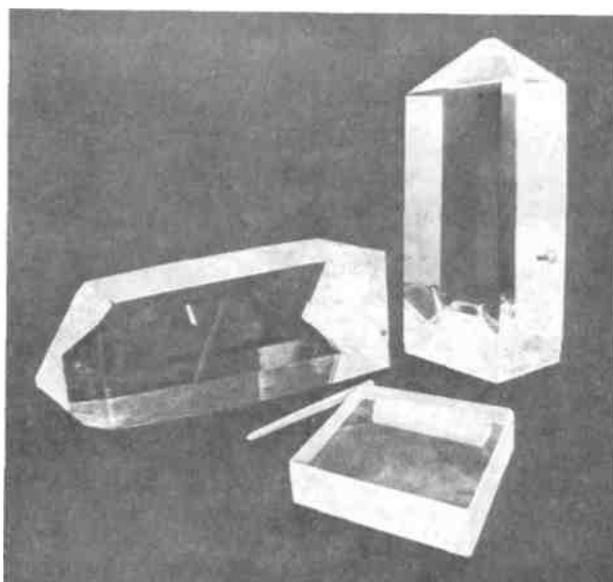
Институт прикладной физики (ИПФ) Академии наук СССР был образован в 1976 г. в составе Отделения общей физики и астрономии АН СССР на базе нескольких отделов горьковского Научно-исследовательского радиофизического института Минвуза РСФСР.

В настоящее время институт представляет собой крупное научное учреждение, ведущее фундаментальные и прикладные исследования в области электроники больших мощностей, физики плазмы, гидрофизики и гидроакустики, квантовой радиофизики и нелинейной оптики, физики миллиметровых и субмиллиметровых волн, автоматизации научных исследований, физики твердого тела и радиофизических методов в медицине.

В 1984 г. общая численность работников института составляла 1374 человека, из которых 434 — научные сотрудники, в том числе один академик, один член-корреспондент АН СССР, 22 доктора и 109 кандидатов наук. В аспирантуре института обучаются 29 аспирантов и 40 сотрудников являются соискателями.

На заседании Президиума Академии наук СССР был рассмотрен вопрос о научной и научно-организационной деятельности института со времени его образования. С докладом выступил директор ИПФ АН СССР академик А. В. ГАПОНОВ-ГРЕХОВ.

Организационный период в жизни института, сказал докладчик, был Достаточно трудным. Это было связано с необходимостью проведения большого объема научных исследований в условиях, когда материально-техническая база института практически отсутствовала. Происходила и Конкретизация научных задач, естественно, с учетом исследований, ведущихся в других институтах Академии наук СССР. В результате, например, существенно расширились работы по гидрофизике и гидроакустике, а работы по нелинейной оптике атмосферы были практически прекращены (они ведутся в Институте оптики атмосферы СО АН СССР и Институте физики атмосферы АН СССР), и основное внимание сосредоточилось на общих задачах нелинейной оптики и на радиофизических методах диагностики атмосферы в миллиметровом и субмиллиметровом Диапазонах длин волн.



Образцы водорастворимых монокристаллов высокого оптического качества, выращенные скоростным методом

В этот период в институте были развернуты также исследования по некоторым проблемам физики твердого тела, по использованию радиофизических методов в медицине, по автоматизации научного эксперимента и математическому моделированию. По существу, здесь сформировались новые научные направления, играющие важную роль в работе института.

Прежде чем перейти к характеристике современного состояния института, следует сказать о двух особенностях, заложенных уже при его создании: широкий спектр научных направлений, в которых ведутся исследования, и обязательное сочетание фундаментальных и прикладных исследований.

Широкий профиль работ института может вызвать известное беспокойство. Во-первых, возникает вопрос: так ли уж он необходим? Во-вторых, не приведет ли широта к разбросанности тематики исследований? На это можно ответить следующее: широкий спектр работ института — это необходимость, связанная с прикладным характером работ. Как осуществляется практическое применение результатов науки в технике и технологии? Чаще всего сначала формулируется цель, которой необходимо достичь, и лишь в процессе исследований определяется, какие средства нужно привлечь для решения поставленной задачи — при этом обычно дело не сводится к одному разделу науки. Таким образом, целевая постановка — это как бы обратная задача науки. Есть, конечно, и прямая задача, когда разрабатывается определенная область науки и в процессе разработки ищутся возможные применения полученных результатов. Но и в этом случае часто оказывается, что применение связано с обязательным привлечением методов и результатов из других научных областей.

Вместе с тем, чтобы при такой разнообразной тематике избежать разбросанности, нужен единый стержень, единая основа, объединяющая всю проблематику института. В институте таким единым стержнем является, пожалуй, общая динамика нелинейных колебательных и волновых процессов в системах и средах различной физической природы. Фундаментальные исследования в области нелинейной динамики («нелинейной физики») представляют собой одну из «горячих точек» современной науки,

и нет сомнения, что здесь можно ожидать появления новых результатов, имеющих определяющее значение для решения многих научных и прикладных проблем.

Сочетание фундаментальных и прикладных исследований, то есть вторая особенность института, возникшая уже при его организации, вытекает и из сложившихся (или складывающихся) взаимоотношений науки с промышленностью.

Дело в том, что проблема передачи научных результатов в промышленность — так называемое внедрение — сравнительно легко решается в тех случаях, когда речь идет об относительно малых усовершенствованиях, не требующих перестройки производства и технологии. Если экономические и технические выгоды очевидны, затраты невелики, переучивание кадров не требуется — дело решается просто.

Все обстоит значительно хуже, если речь идет о принципиально новом предложении, новом технологическом процессе. В этом случае нужна дорогостоящая перестройка производства, обучение кадров, неизбежно нарушение ритма промышленного предприятия. А будет ли достигнут экономический эффект — еще не ясно. Как в такой ситуации наиболее рационально работать академическому институту? Самый правильный путь, на наш взгляд, заключается, во-первых, в постановке (с участием промышленности) крупномасштабного научного эксперимента, а во-вторых, в последующем проведении промышленного эксперимента под научным руководством академического института. Чтобы этот процесс уже на первом этапе не затянулся до бесконечности, необходимо развитие инженерных служб в самом академическом институте и тесная связь (то есть совместная работа) с промышленностью еще на стадии научных исследований. В Институте прикладной физики практиковались и практикуются следующие формы взаимодействия с промышленностью: договоры о научно-техническом содружестве; общие научно-исследовательские программы института и промышленных организаций; создание в рамках института временных целевых научно-технических лабораторий, совместных с отраслевыми министерствами. В задачи лабораторий входит разработка определенных изделий или технологий и их обязательное внедрение на заранее определенном промышленном предприятии и в заранее установленные сроки.

После этих предварительных замечаний докладчик перешел к краткой характеристике современного состояния Института прикладной физики АН СССР.

Научные отделы и входящие в их состав лаборатории и секторы объединены в три научных отделения, соответствующие основным направлениям деятельности института. Это отделения электроники больших мощностей и физики плазмы, гидрофизики и гидроакустики, квантовой и микроволновой радиофизики. Научные отделы связаны с инженерно-физическим отделением института, в задачи которого входит, с одной стороны, инженерное обеспечение ведущихся исследований, отработка различных технологий (например, технологии скоростного выращивания кристаллов для нелинейной оптики или технологии лазерного напыления при изготовлении сверхрешеток, многослойных структур и рентгеновских зеркал), автоматизация научных исследований, а с другой стороны, доведение разработок института до такой стадии, когда они могут быть переданы в промышленность. По численности инженерно-физическое отделение приблизительно такое же, как научные отделения, вместе взятые.

Общее обеспечение работ института осуществляется отделами главных специалистов, экспедиционным отделом, опытным производством (находящимся пока, к сожалению, в стадии формирования), отделом научно-



Освоение молодыми специалистами современных методов численного эксперимента (терминалы коллективного пользования)

технической информации с редакционно-издательской группой и научной библиотекой. Экспедиционные работы института ведутся в двух направлениях: в области гидрофизики — в различных акваториях Мирового океана и в области физики атмосферы и распространения радиоволн — в условиях высокогорья и в других специфических географических районах.

Редакционно-издательская деятельность института, начатая в 1979 г., связана в основном с выпуском сборников научных трудов, где публикуются работы ведущих специалистов страны по актуальным проблемам, входящим в тематику института. Всего в институте выпущено 23 сборника, каждый из которых, как правило, отражает состояние соответствующей проблемы в стране.

При быстром росте института (за семь лет численность сотрудников выросла в два с половиной раза) важнейшей проблемой становится подготовка научных кадров. У института существуют традиционные связи с Горьковским университетом, а также с Горьковским политехническим институтом, где ИПФ организовал базовую кафедру. Преимущественно из этих вузов приходят в институт молодые специалисты. Дальнейшая их подготовка ведется, в основном, на базе «института стажеров»: все они под руководством ведущих сотрудников отделов проходят специализацию в течение двух (для стажеров-исследователей) или двух с половиной (для стажеров-инженеров) лет. Специализация предусматривает обучение сотрудников по индивидуальным планам, участие в научных семинарах и аттестацию в форме открытой защиты результатов исследований за каждый год. Такую подготовку за период 1977—1984 гг. прошли около 250 молодых специалистов. Кроме того, при институте создана аспирантура: общее число аспирантов и соискателей в настоящее время составляет около 70 человек.

Рассказать здесь хотя бы о важнейших исследованиях Института прикладной физики АН СССР, выполненных в течение последних пяти лет, невозможно. Представление об общем уровне работы можно получить из краткой характеристики некоторых научных направлений и

проблем, разрабатываемых институтом, и научных результатов, полученных в последние годы.

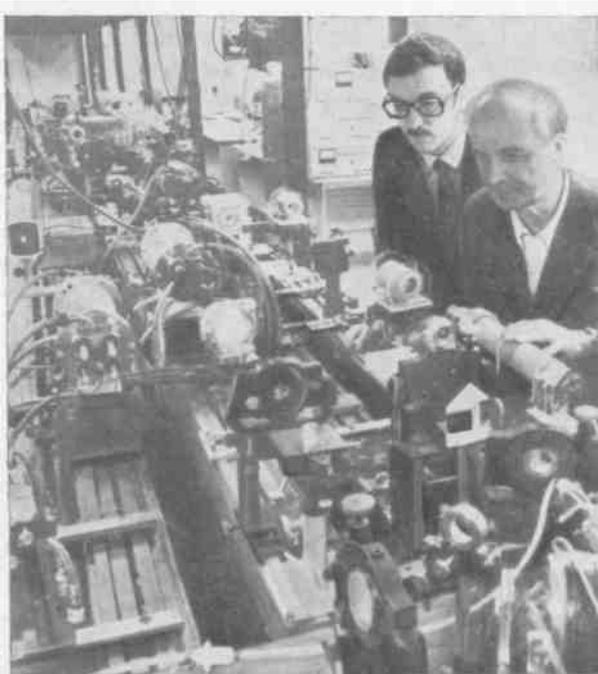
Основное направление исследований в электронике больших мощностей связано с изучением физических процессов индуцированного излучения в неравновесных ансамблях заряженных частиц и с использованием этих процессов для создания новых типов генераторов и усилителей когерентного электромагнитного излучения большой мощности. В институте разработаны и созданы слабoreлятивистские генераторы непрерывного и квазинепрерывного действия (гиротроны) в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах волн, до последнего времени не имевшие зарубежных аналогов и послужившие прототипами генераторов, разрабатываемых отечественной промышленностью. Гиротроны и гиротронные комплексы открыли новые возможности решения проблемы нагрева плазмы в установках управляемого термоядерного синтеза — на частотах электронного циклотронного резонанса; эти возможности сейчас интенсивно изучаются во всем мире. Предложены также эффективные конструкции импульсных высокочастотных генераторов на релятивистских электронных пучках. Исследование нелинейного взаимодействия мод в генераторах с электродинамическими системами, обладающими спектром собственных частот повышенной плотности, и разработанные методы селекции мод в генераторах с повышенным сечением пространства взаимодействия позволили создать (совместно с Институтом общей физики, Физическим институтом им. П. Н. Лебедева АН СССР, Институтом сильноточной электроники СО АН СССР) одномодовые и одночастотные генераторы электромагнитного излучения с мощностью, рекордной для миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн.

Работы института в области физики плазмы ведутся, главным образом, в двух направлениях, связанных с изучением нелинейных волновых явлений. Это изучение взаимодействия мощного электромагнитного излучения с плазмой и исследование механизмов излучения космической плазмы.

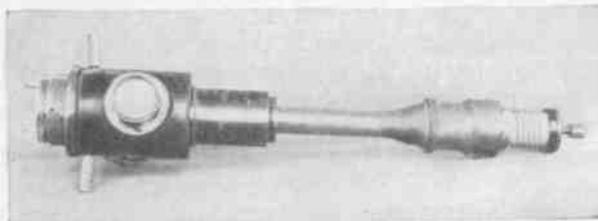
В экспериментах по взаимодействию мощного СВЧ-излучения с изотропной плазмой обнаружены и исследованы, в частности, такие нелинейные явления, как самофокусировка волн, нелинейная прозрачность закритической плазмы, модуляционное возбуждение регулярных структур ленгмюровских колебаний, генерация квазистационарных магнитных полей, динамика и структура газового разряда. Построена теория этих явлений.

Развитие указанного направления, помимо чисто научных целей, важно для решения ряда прикладных задач, к которым относятся, например, нагрев плазмы в установках управляемого термоядерного синтеза, распространение радиоволн в плазме, создание мощных газовых лазеров.

В области физики космической плазмы проведены теоретическое и экспериментальное исследования механизмов генерации спорадического радиоизлучения потоками субрелятивистских электронов в плазме солнечной короны. Построена теория альвеновских мазеров, на основе которой количественно объяснены многие особенности динамики и структуры радиационных поясов, происхождение и характеристики различных типов низкочастотных электромагнитных излучений в магнитосфере Земли. Предложен и изучен механизм мелкомасштабного расслоения ионосферной плазмы под действием мощного КВ-радиоизлучения, основанный на явлении тепловой параметрической неустойчивости. Исследовано происхождение аннигиляционных линий в спектрах гамма-барстеров, а также роль циклотронного излучения в различных космических объектах (ат-



Установка для исследования эффекта обращения волнового фронта



Один из образцов гиротрона

мосферах Солнца и Юпитера, коронах белых карликовых и нейтронных звезд).

В области гидрофизики и гидроакустики можно выделить следующие взаимосвязанные проблемы: общая теория волновых и турбулентных процессов в океане; взаимодействие радио-, оптического и акустического излучения с гидрофизическими полями и дистанционная диагностика этих полей; лабораторное и математическое моделирование гидрофизических процессов в океане и их взаимосвязи с электромагнитными и акустическими полями.

В области теории нелинейных волновых процессов и турбулентности разработаны методы исследования взаимодействия солитонов, изучены эффекты адиабатического взаимодействия низкочастотных и высокочастотных волн с широким спектром, обоснованы спектры двумерной анизотропной турбулентности стратифицированных сред. Получены актуальные результаты в области исследования механизмов стохастизации колебаний и волн в детерминированных нелинейных системах; предложены и построены генераторы шума, разработаны приближенные методы описания динамических систем со стохастическим поведением, исследованы различные пути перехода к турбулентности и возможности управления ею с помощью внешних полей.

В области динамики океана разработана модель формирования и изменчивости спектра поверхностного волнения под действием внутренних волн; изучены механизмы возбуждения внутренних волн и их взаимодействия с турбулентностью и сдвиговыми течениями в океане; дано обоснование моделей дистанционной диагностики океана.

Для изучения волновых процессов в океане разработан и опробован в натуральных условиях комплекс аппаратуры для синхронной регистрации параметров подповерхностных гидродинамических процессов и поверхностного волнения в океане, включающий оптические, радиолокационные и гидроакустические приборы. В частности, впервые в натуральных условиях выяснены корреляционные связи между параметрами коротковолновой ряби поверхностного волнения и амплитудой и фазой внутренних волн.

Разработан ряд новых методов исследования распространения низкочастотных акустических сигналов на дальних трассах, в том числе метод исследования свойств звукового канала на таких трассах, с помощью которого удалось определить потери при распространении сигнала в различных условиях и оценить временную и пространственную когерентность сигнала.

Разработан и экспериментально проверен новый способ масштабного моделирования температурной стратификации океана в лабораторных бассейнах, позволяющий получать количественные характеристики генерируемых в океане внутренних волн.

Методы гидрофизики и гидроакустики находят широкое применение в медицинской и технической диагностике. В частности, в ИПФ создано семейство импульсных и импульсно-когерентных доплеровских приборов (УЗКАР-3, УЗКАР-Д, УЗКАР-ДС), предназначенных для диагностики структуры и анализа скорости кровотока в сердце и крупных сосудах. Эффекты нелинейной акустики положены в основу предложенного и реализованного в ИПФ метода обнаружения газовых пузырьков в тканях организма при декомпрессиях.

Исследования в области квантовой радиофизики и нелинейной оптики направлены на решение проблемы улучшения пространственно-временной когерентности оптического излучения, на расширение диапазона перестраиваемых источников света, на создание высокостабильных газовых лазеров и их использование для прецизионных измерений. В результате этих исследований предсказан, обнаружен и изучен эффект обращения волнового фронта (ОВФ) при четырехволновом взаимодействии в условиях двухквантового резонанса, с помощью которого получены рекордные значения коэффициента усиления при ОВФ в световой волне и показана возможность компенсации фазовых искажений при удвоении частоты в оптически неоднородных кристаллах. Разработаны параметрические генераторы света с большой энергией в импульсе и высокой пространственно-временной когерентностью. На основе созданных высокостабильных непрерывных лазеров предложен и реализован метод регистрации малых смещений, например смещений растущих граней кристаллов.

Широкое признание получили проводимые в институте исследования спектров молекул с высоким разрешением в субмиллиметровом диапазоне волн, в результате которых достигнуты рекордные точности в измерениях частот линий. Созданы образцы техники субмиллиметровой спектроскопии газов — сканирующий спектрометр РАД и СВЧ-синтезатор частоты. Составлены и опубликованы атласы частот и интенсивностей переходов ряда молекул.

Исследования по физике миллиметровых и субмиллиметровых радиоволн связаны с пассивным и активным зондированием атмосферы и ок-



ружающей среды, а также с диагностикой плазмы в целях решения проблемы управляемого термоядерного синтеза. В частности, продемонстрирована возможность восстановления вертикального профиля озона по данным о форме и интенсивности теллурической линии Оз. На основе экспериментальных и теоретических исследований непрерывного и линейчатого спектров излучения галактических темных туманностей и связанных с ними объектов получены данные о физических условиях в газовой-пылевой комплексах, являющихся вероятными очагами звездообразования. Завершен цикл экспериментальных и теоретических исследований прохождения радиоволн диапазона 0,5—8 мм сквозь толщу атмосферы. Создана серия высокочувствительных супергетеродинных приемников и многоканальных спектрометров миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн.

Работы института в области физики твердого тела охватывают такие проблемы, как поведение полупроводников и полупроводниковых структур в сильных электрическом и магнитном полях, взаимодействие электромагнитного излучения с неравновесными носителями заряда в полупроводниках и полупроводниковых структурах, высокочастотные нелинейные свойства магнетиков и сверхпроводников, лазерная эпитаксия полупроводников и создание твердотельных структур с заданными свойствами. В институте предложены, рассчитаны и созданы перспективные типы генераторов субмиллиметрового диапазона на полупроводниках — полупроводниковый мазер на циклотронном резонансе и субмиллиметровый полупроводниковый лазер на переходах между легкими и тяжелыми дырками. Ведутся успешные исследования по созданию рентгеновских зеркал с высоким коэффициентом отражения при нормальном падении излучения, разработан и внедряется метод выращивания водорастворимых монокристаллов высокого оптического качества, позволяющий на один-полтора порядка уменьшить время получения крупных заготовок для преобразователей частоты и управления оптическим излучением.

Первостепенное значение придается автоматизации научных исследований. Созданы математическая и вычислительная база для проведения численного эксперимента, а также техническая база автоматизации и методологические основы построения типовых и специализированных систем АНИ. Например, такие мобильные проблемно-ориентированные системы стали неотъемлемой частью проводимых институтом научных экспедиций.

Научные результаты, достигнутые институтом во всех указанных направлениях, получили общественное признание.

В частности, Государственных премий СССР удостоены сотрудники ИПФ — авторы работ «Субмиллиметровая спектроскопия на основе ЛОВ» (1980), «Мощные гиротроны миллиметровых волн и энергетические комплексы для термоядерных исследований» (1983), «Самообращение волнового фронта при вынужденном рассеянии па гиперзвуке» (1983), «Разработка физических принципов высокоэффективного преобразования частоты лазерного излучения в нелинейных кристаллах и создание на этой основе источников когерентного излучения, перестраиваемых в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах» (1984). Премия АН СССР им. А. А. Белопольского 1984 г. за цикл работ «Циклотронное излучение в астрофизике» была присуждена сотруднику ИПФ В. В. Железнякову. Ряд работников института удостоен премий Ленинского комсомола. Зарегистрированы открытия в области физики ионосферной плазмы и нелинейных колебаний и волн.

В кратком перечислении трудно сколько-нибудь полно охарактеризовать всю научную тематику института. Вместе с тем обозначенный круг задач иллюстрирует отмеченную выше широту профиля института, необходимую для правильной постановки, плодотворного и рационального решения сложных комплексных научно-технических проблем настоящего и обозримого будущего.

Основные научные направления, определенные для ИПФ АН СССР, заведомо сохраняются до 1990 г., а с некоторыми уточнениями и на больший период. По всем направлениям в институте будут проводиться фундаментальные исследования, направленные на решение крупных народнохозяйственных задач, а также исследования, связанные с решением конкретных прикладных проблем. Институт планирует дальнейшее расширение связей и более тесное взаимодействие с промышленностью, развитие опытного производства, наращивание современной материально-технической базы, подготовку кадров высокой квалификации.

Выступая в ходе обсуждения доклада, вице-президент АН СССР академик Е. П. Велихов высоко оценил работы Института прикладной физики АН СССР, который за короткий срок занял передовые позиции в стране в области гидрофизики, релятивистской электроники, квантовой электроники. Здесь создан ряд новых, оригинальных методов: выращивание крупных кристаллов для нелинейной оптики, лазерное напыление пленок и т. д., нашедших важное применение. Очень разумно/построена структура института, но многое еще предстоит сделать для его укрепления, и Академия наук должна оказать ему помощь. Необходимо распространить опыт временных научно-технических лабораторий, которые впервые были созданы в этом институте. Очень важно для развития работ института обеспечение вычислительной техникой. Видимо, нужно поставить перед новым Отделением информатики, вычислительной техники и автоматизации задачу — специализировать вычислительную базу института. Необходимо сделать все возможное для того, чтобы в следующей пятилетке укрепить его математическую и экспериментальную базу (прежде всего опытные мастерские). Е. П. Велихов напомнил историю

создания в Институте прикладной физики гиротронов, которые играют важную роль в работах по УТС. Разработанные в ИПФ гиротроны превосходят по важнейшим параметрам приборы западных фирм, но электронная промышленность до сих пор с трудом соглашается на их изготовление в небольших количествах. Можно было бы, не решая кардинальных проблем кооперации с промышленностью, построить небольшой завод (так делается, например, в Болгарии) по выпуску гиротронов. Уже имеющийся опыт показывает, что для реализации прекрасных идей института необходимо развитие его экспериментальной базы и создание промышленного производства вокруг него.

Институт прикладной физики — один из лучших институтов Отделения общей физики и астрономии, подчеркнул академик А. М. Прохоров. Его фундаментальные работы известны не только у нас в стране, но и за рубежом. Например, много новых представлений внесли работы института в гидрофизику. А. М. Прохоров также отметил необходимость помощи институту для дальнейшего развития его прикладных работ.

Члены комиссии АН СССР по ознакомлению с деятельностью института были поражены тем размахом, с которым здесь ведутся очень интересные, важные работы, сказал академик Б. Б. Кадомцев. Дух энтузиазма, царящий в каждой лаборатории, немало способствует выдвиганию новых идей, их развитию и реализации, созданию в конечном счете новых технологий. Хотя институт и носит название Института прикладной физики, но в действительности — это мощный интеллектуальный центр фундаментальных исследований. Работы по нелинейным колебаниям, которые традиционно развивались в Горьком и которые сейчас перешли в область общей нелинейной физики, включая стохастичность и динамику нелинейных систем, ведутся здесь на передовом научном уровне, и в этой области институт занимает лидирующее положение не только в нашей стране, но и за рубежом. Он обладает огромным научным потенциалом, находится в расцвете сил, и от него можно ждать много новых интересных результатов.

Академик А. М. Обухов указал на связь ИПФ с Отделением океанологии, физики атмосферы и географии АН СССР. Институт является головной организацией в проведении ряда совместных с отделением работ. Здесь, как уже отмечалось, успешно развивается гидрофизика. Проблемы физики атмосферы — аэрофизики — также успешно решались в институте, в частности, здесь занимались лазерным зондированием (направление, которое было начато в Институте физики атмосферы АН СССР). Видимо, эти научные разделы и дальше должны остаться в ведении института. А. М. Обухов внес предложение поручить Секции физико-технических и математических наук АН СССР при участии Отделения океанологии, физики атмосферы и географии рассмотреть вопрос о состоянии исследований по атмосферной акустике в Академии наук и выработать рекомендации по их дальнейшему развитию и обеспечению. Он предложил также создать при Институте прикладной физики пансионат (аналогичный Звенигородскому под Москвой) для проведения там традиционных школ по нелинейной физике.

Подводя итоги обсуждения, вице-президент АН СССР Ю. А. Овчинников отметил большое значение деятельности Института прикладной физики и подчеркнул необходимость расширения его экспериментальной базы. Нужно решительнее добиваться реализации научного потенциала института, а для этого требуется увеличение финансирования работ. В заключение Ю. А. Овчинников поблагодарил А. В. Гапонова-Грехова за интересный доклад.

Президиум Академии наук СССР одобрил научную и научно-организационную деятельность Института прикладной физики АН СССР и утвердил следующие основные направления его научных исследований: гидрофизика и гидроакустика; квантовая радиофизика и нелинейная оптика; физика плазмы; электроника больших мощностей; физика мил-

лиметровых и субмиллиметровых волн; автоматизация научных исследований; физика твердого тела; радиофизические методы в медицине.

Предусмотрено дальнейшее существенное развитие материально-технической базы института, в частности строительство лабораторного корпуса и оснащение опытного производства современным технологическим оборудованием и штатами для обеспечения работ по вакуумной и полупроводниковой электронике, лазерной эпитаксии, физике твердого тела, физике миллиметровых и субмиллиметровых волн.

Отделению информатики, вычислительной техники и автоматизации АН СССР поручено оказать помощь институту в развитии технических средств автоматизации научных исследований, в частности в обеспечении его соответствующей элементной базой в стандарте КАМАК, специальными процессорами и ЭВМ.

УДК 53