

ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ РОССИИ*

Из воспоминаний академика Ю. Б. Харитона: «Первыми в СССР атомной бомбой начали заниматься мы с Зельдовичем еще с начала 1939 года». В то время Ю. Б. Харитон и Я. Б. Зельдович были сотрудниками Института химической физики АН СССР (ИХФ), организованного академиком Николаем Николаевичем Семёновым в 1931 г. Опираясь на открытие в 1939 г. деления урана, при котором каждый акт деления атома урана сопровождается образованием 2–3 нейтронов, которые, в свою очередь, могут участвовать в последующих актах деления, они провели соответствующие расчеты о возможности реализации разветвленной цепной реакции деления в уране. Результаты этих расчетов были опубликованы в Журнале экспериментальной и теоретической физики (ЖЭТФ, 1939. № 9. С. 1425). Более того, ими были выяснены условия возникновения ядерного взрыва и выполнены оценки его огромной разрушительной силы. По всем этим вопросам было сделано сообщение на семинаре в Ленинградском физико-техническом институте.

В 1940 г. академик Н. Н. Семёнов как директор ИХФ, опираясь на указанные результаты работы своих сотрудников Ю. Б. Харитона и Я. Б. Зельдовича, в которых было показано, что при делении урана возможны взрывные цепные реакции с выделением огромной энергии, направил в правительство страны письмо о необходимости развития комплекса работ по созданию ядерного оружия. К сожалению, ответа на письмо не последовало. Тем не менее, из этих скудных воспоминаний Ю. Б. Харитона следует, что уже в предвоенные годы в ИХФ возникло новое научное направление, нацеленное на разработку ядерного оружия и изучение особенностей ядерного взрыва. Эти ключевые эпизоды из довоенной истории свидетельствуют о том, что ИХФ оказался первой и единственной в те годы научной организацией, приступившей к исследованиям по созданию ядерного оружия.

Начавшаяся в 1941 г. война, эвакуация ИХФ из Ленинграда в Казань приостановили развитие исследований в области разработки атомной бом-

бы. Но уже в 1945 г., после возвращения в Москву, основным направлением работ ИХФ становятся исследования взрывных процессов и цепных реакций как ключевых элементов ядерного взрыва. Руководителем и организатором этих исследований был директор Института академик Н. Н. Семёнов. В своем письме в начале 1946 г. в адрес Л. П. Берия он пишет: «Я приложу все усилия к превращению вопроса об атомных взрывах в одно из главных направлений Института химической физики на долгие годы. Такая установка кажется мне вполне естественной. Я действительно думаю, что именно нашему институту, много сделавшему в теории цепного и теплового взрыва для обыкновенных химических процессов, подлежит развивать в нашей стране и область атомных взрывов и кинетики ядерных цепных реакций».

В целях решения проблемы по разработке атомного оружия Н. Н. Семёнов организует в ИХФ несколько соответствующих подразделений, нацеленных на изучение процессов взрыва и горения:

- отдел взрывчатых веществ под руководством Ю. Б. Харитона;
- отдел горения под руководством Я. Б. Зельдовича;
- лабораторию турбулентного горения во главе с К. И. Щелкиным;
- отдел горения под руководством А. Ф. Беляева;
- лабораторию детонации во главе с А. Я. Апиным.

Василий Константинович Бобылев был научным сотрудником в отделе Ю. Б. Харитона.

Организация подобных подразделений свидетельствовала о том, что проблемы взрыва и горения взрывчатых веществ (ВВ), конденсированных, жидких и газообразных, становятся в ИХФ первоочередным направлением исследований. Очевидно, что директор Института и руководители организованных им новых научных подразделений прекрасно понимали, в каких направлениях следует развивать исследования взрывных процессов, имея в виду проблему создания ядерного оружия.

*По материалам [1–4].

Между тем, события по созданию атомного оружия в США развиваются крайне стремительно. И действительно, не прошло и года после возвращения ИХФ из эвакуации в Москву, как стало известно, что 16 июля 1945 г. в США было проведено испытание первой атомной бомбы мощностью около 20 кт. Более того, в августе 1945 г. США сбросили атомные бомбы на японские города Хиросима мощностью 15 кт и Нагасаки мощностью 21 кт.

Под влиянием этих событий резко меняется отношение правительства страны к проблеме создания ядерного оружия. Уже в самом начале 1946 г. выходит целый ряд постановлений Правительства об организации работ по Атомному проекту, нацеленных на разработку атомной бомбы.

В докладе Правительству от 12.02.1946 И. В. Курчатов как научный руководитель Атомного проекта предлагает привлечь академика Н. Н. Семёнова «к работе по изучению выделения энергии в уране-235 и плутонии-239 в связи с конструированием атомной бомбы» и в докладной записке от 26.02.1946 — организовать в Институте химической физики специальный сектор для проведения теоретических и экспериментальных исследований по вопросам ядерных цепных реакций.

Следует отметить основные постановления Правительства, которые сопровождались существенной структурной перестройкой в ИХФ. Так, 8 апреля 1946 г. вышло Постановление Совета Министров № 805-327 о создании группы Я. Б. Зельдовича (А. С. Компанеец, С. П. Дьяков, Н. Н. Богомолов) с задачей теоретического обоснования атомной бомбы и разработки термоядерного устройства на принципе детонации дейтерия и об организации КБ-11 при лаборатории № 2 АН СССР. Главным конструктором КБ-11 был назначен Ю. Б. Харитон, заместителем — К. И. Щёлкин, руководителем лаборатории нейтронных инициаторов — А. Я. Апин, руководителем лаборатории детонации взрывчатых веществ — А. Ф. Беляев. Поскольку все указанные лица были сотрудниками ИХФ, то из этого Постановления следует, что вклад ИХФ на начальном этапе организации КБ-11 оказался весьма внушительным: из 15 научных сотрудников шесть были из ИХФ.

В другом Постановлении Совета Министров от 30 апреля 1946 г. № 973-40 принято решение «Об организации при ИХФ АН СССР Спецсектора по изучению теории ядерных цепных реакций и взрывов», а также разработке методов и специальной аппаратуры для регистрации физических процес-



Адушкин Виталий Васильевич, академик РАН, Советник РАН, научный руководитель ИДГ РАН, почетный профессор МФТИ, в период 1956–1962 гг. — младший научный сотрудник в лаборатории А. Ф. Беляева ИХФ АН СССР, затем сотрудник Спецсектора (до 1963 г.). Участник 95 испытаний ядерного оружия

сов, сопровождающих атомный взрыв. В целях реализации этого Постановления директор ИХФ академик Н. Н. Семёнов в рамках организованного им Спецсектора сформировал шесть отделов и одну лабораторию:

- отдел приборостроения — руководитель Г. Л. Шнирман;
- отдел высоких напряжений — руководитель О. И. Лейпунский;
- отдел прикладной механики — руководитель С. А. Христианович;
- отдел теоретической физики — руководитель А. С. Компанеец;
- отдел механики подводного взрыва — руководитель И. Л. Зельманов;
- отдел теплового и светового излучений — руководитель А. А. Ковальский;
- электровакуумная лаборатория — руководитель Б. М. Степанов.

Возглавить Спецсектор ИХФ, в особенности в области разработки специальной аппаратуры для регистрации физических процессов и поражающих факторов ядерного взрыва, Н. Н. Семёнов поручил М. А. Садовскому, ставшему в связи с этим заместителем директора ИХФ. Кроме того, по инициативе Н. Н. Семёнова в Спецсектор ИХФ были временно переведены на работу лучшие ученые страны,

и при ИХФ был образован постоянно действующий семинар под председательством академика Н. Н. Семёнова. В работе этого семинара принимали участие сотрудники лаборатории № 2, лаборатории № 3, ФИАНа, ИХФ и Института математики.

Одновременно с развитием в ИХФ теоретических и экспериментальных работ по Атомному проекту Н. Н. Семёнов был занят проблемой места проведения испытаний первой атомной бомбы. Из трех возможных районов для строительства полигона при активном участии заместителя директора ИХФ М. А. Садовского и генерала Рожановича было определено место проведения испытаний — район в пустынной степной местности в 120 км от Семипалатинска, вниз по течению Иртыша. Научным руководителем полигона был назначен М. А. Садовский. Таким образом, формально начало участия ИХФ в создании и испытании ядерного оружия можно отнести к апрелю 1946 г.

В эти годы (1946–1948) под руководством академика Н. Н. Семёнова в ИХФ идет напряженная работа по подготовке к испытаниям первой атомной бомбы. В задачи ИХФ входило:

- разработка теоретических моделей развития ядерного взрыва;
- предварительное определение параметров физических полей и поражающих факторов ядерного взрыва: воздушной ударной волны (ВУВ), потоков гамма-излучения и нейтронов, светового и теплового излучения;
- организация работы особого конструкторского бюро по изготовлению аппаратуры для регистрации основных поражающих факторов;
- определение энергии взрыва и его тротилового эквивалента (ТЭ);
- разработка экспериментальных стендов в лабораториях ИХФ в целях моделирования основных эффектов ядерного взрыва.

При непосредственном участии Н. Н. Семёнова разрабатываются методики по регистрации нейтронного и гамма-излучения, позволяющие контролировать процесс развития ядерных цепных реакций во времени, а также решаются вопросы определения коэффициента полезного действия (КПД) ядерного взрыва радиохимическим методом.

В 1948 г. часть группы Я. Б. Зельдовича переезжает в Арзамас-16, другая часть продолжает работать в ИХФ. В соответствии с Постановлением Совета Министров от 10 июня 1948 г. создаются еще две группы для работы по проблеме термоядерного устройства. Одна группа в ИХФ, ее возглавляет Н. Н. Богомолов, другая — в Физическом институте

АН СССР, в которую входят И. Е. Тамм, В. Л. Гинзбург, А. Д. Сахаров, Ю. Л. Романов, М. А. Лаврентьев. В дальнейшем эта группа начинает взаимодействовать с группой Я. Б. Зельдовича.

В 1948 г. ИХФ становится основной базой обучения кадрового состава из числа военнослужащих для участия в проведении физических измерений на полигоне. Подбором и обучением этих специалистов руководят директор ИХФ Н. Н. Семёнов и его заместитель М. А. Садовский. Лекции читают О. И. Лейпунский, А. С. Компанец, П. А. Ямпольский, И. Л. Зельманов и др.

В сентябре–декабре 1948 г. основной состав сотрудников ИХФ (около 100 чел.) выезжает на полигон для подготовки аппаратуры к испытанию. Аппаратура на опытном поле устанавливается в специальных железобетонных и стальных сооружениях и на нескольких башнях, построенных для регистрации ВУВ, светового, теплового и гамма-излучения.

В апреле 1949 г. в своем письме в Правительство Н. Н. Семёнов сообщает: «К настоящему времени вся работа в Институте химической физики закончена (за исключением двух позиций), и сотрудники Института выехали для научного руководства подготовкой операции на месте. Почти все приборы перевезены на полигон».

Взрыв первой атомной бомбы был произведен 29 августа 1949 г. Бомба была установлена на стальной башне на высоте 27 м, имела вес 4,7 т, диаметр 1,5 м и длину 3,3 м. На рис. 1 показаны основные стадии развития взрыва и газопылевого облака, которое поднялось на высоту 7 км.

Вся обширная программа инструментальных измерений физических параметров и поражающих факторов этого взрыва, разработанная под руководством Н. Н. Семёнова и М. А. Садовского, была полностью выполнена. Более 80% всех приборов, применявшихся при регистрации всего спектра физических эффектов при ядерном взрыве, были разработаны и изготовлены в ОКБ Спецсектора ИХФ.

В отделе Г. Л. Шнирманна была разработана система автоматики опытного поля «АП-1», «ЩГР» и «БА» («боевой автомат») для включения всей аппаратуры по заданной программе и в соответствии с подрывом заряда. Эта система использовалась на полигоне в течение 12 лет. В наладке и эксплуатации автоматики поля принимали участие А. А. Разоренов, А. С. Зверев и др. Для регистрации скорости детонации в заряде в лаборатории П. В. Кевлишвили были разработаны электронные измерители времени «ИВ».

Особое внимание было уделено оптическим наблюдениям, в состав которых входило более ста оптических приборов и датчиков, значительная их

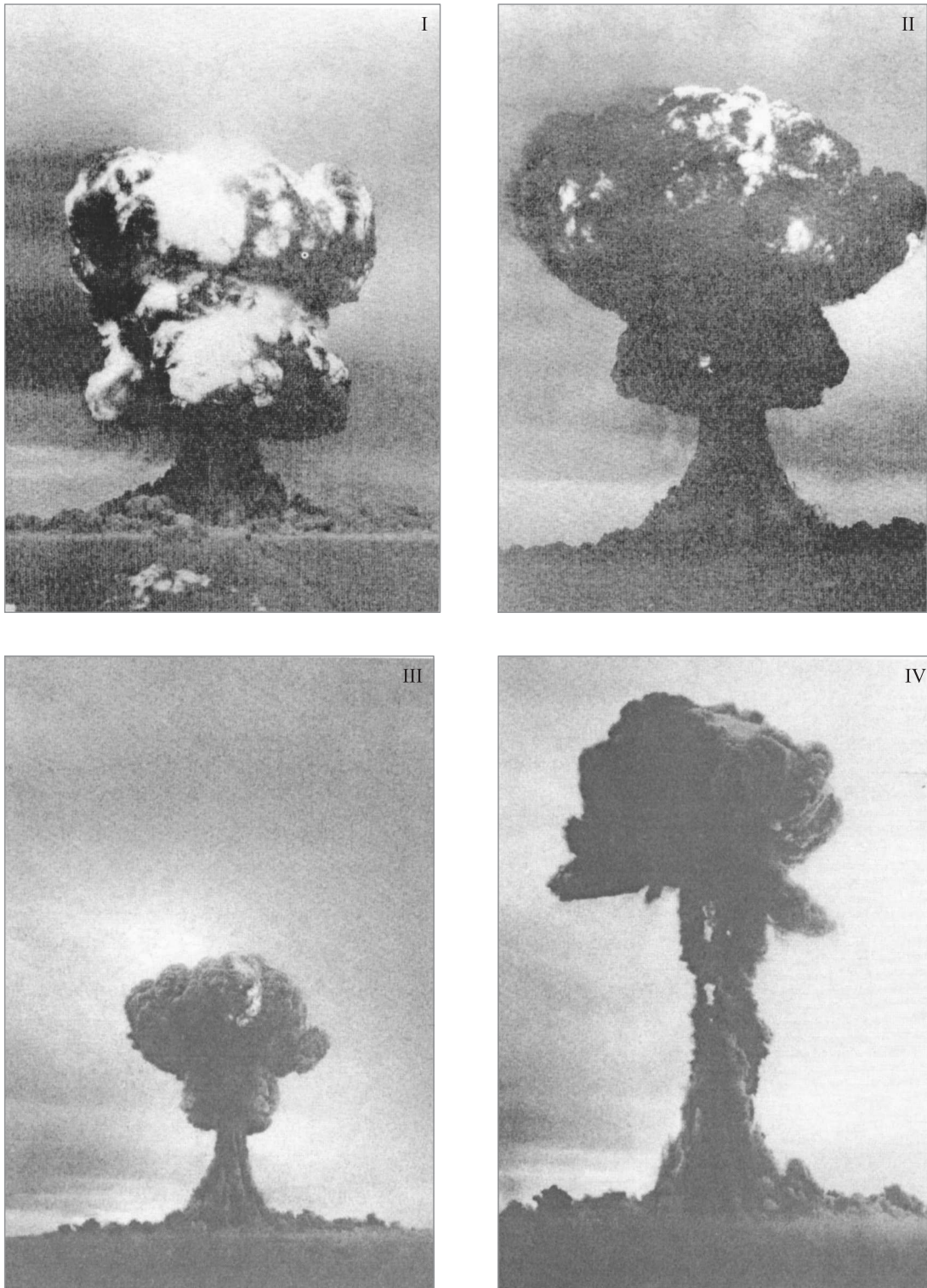


Рис. 1 Последовательные фазы развития взрыва (I–IV) при испытании первой атомной бомбы 29 августа 1949 г. ($q = 22$ кт, $H = 30$ м). Съемка проводилась с разных расстояний

часть была изготовлена в ИХФ. Подготовку и проведение оптических наблюдений осуществляли сотрудники ИХФ из лабораторий Г. Л. Шнирмана, П. В. Кевлишвили и А. С. Дубовика. Оптические измерения позволили установить:

- размер и динамику развития огненного шара;
- спектральный состав и температуру излучения;
- размер и развитие газопылевого облака;
- величину лучистой энергии, сопровождавшей ядерный взрыв.

По результатам оптических наблюдений за развитием огненного шара была определена энергия взрыва, которая составила 22 кт.

Измерения гамма-излучения проводились под руководством О. И. Лейпунского. Измерения потоков нейтронов выполняли О. И. Лейпунский, П. А. Ямпольский, В. Б. Миллер, А. М. Тихомиров и др. Определение интенсивности потоков светового и теплового излучений проводилось группой А. А. Ковальского. Оценки КПД сгорания плутония в заряде проводились И. Л. Зельмановым и В. Л. Тальрозе по показателям измерения радиоактивности. Измерения параметров ВУВ проводили М. А. Садовский, П. Ф. Похил, П. Л. Декабрун, Ю. В. Кондратьев и др. Известные формулы М. А. Садовского зависимости максимального давления и импульса от энергии взрыва, установленные им ранее при взрывах химических ВВ, оказались справедливыми при ядерном взрыве, что позволило применить их для определения ТЭ.

Через два месяца после испытания первой атомной бомбы вышло Постановление Совета Министров СССР № 5070-1944 от 29 октября 1949 г. о награждении ее создателей. Особо отличившимся участникам работы во главе с И. В. Курчатовым были присвоены звания Героя Социалистического труда: Я. Б. Зельдовичу, Ю. Б. Харитону, К. И. Щёлкину. Отдельным пунктом в Постановлении было записано: «Садовского М. А., кандидата физико-математических наук, научного руководителя опытного полигона, руководителя разработкой новейших приборов и методики измерений атомного взрыва представить к званию Героя Социалистического Труда». И далее: «Семёнова Н. Н., Шнирмана Г. Л., Лейпунского О. И. представить к награждению орденом Ленина, Похила П. Ф., Кевлишвили П. В. — орденом Трудового Красного Знамени». Все указанные участники работ получили звания лауреатов Сталинской премии и денежные премии.

После участия в научно-техническом обеспечении проведения первого испытания атомной бомбы (1949 г.) в ИХФ развернулась работа по подготовке

к следующему ответственному эксперименту, в котором намечалось испытание первого термоядерного заряда. На начальном этапе разработки такого термоядерного заряда в ИХФ под руководством Н. Н. Семёнова и В. Н. Кондратьева были проведены теоретические исследования ряда соответствующих ядерно-физических процессов. В дальнейшем основные исследования по разработке термоядерного заряда были проведены в КБ-11 под научным руководством Ю. Б. Харитона и Я. Б. Зельдовича. По предложению А. Д. Сахарова в этом заряде для термоядерного усиления располагались слои термоядерного горючего и урана, поэтому этот заряд получил название «слойка» Сахарова. Затем по предложению В. Л. Гинзбурга в слоистую систему заряда был включен дейтерид лития.

Основная задача ИХФ при подготовке к испытаниям разрабатываемого термоядерного заряда оставалась прежней — это всесторонняя инструментальная регистрация всего комплекса физических явлений и поражающих факторов взрыва, включая определение его ТЭ. Николай Николаевич Семёнов как директор Института назначил ответственными руководителями подготовки всего комплекса аппаратуры к испытанию М. А. Садовского, Г. Л. Шнирмана, П. В. Кевлишвили.

За три года после первого испытания в ИХФ было подготовлено заново около 500 различных измерительных, регистрирующих и киносъёмочных приборов. В числе этой аппаратуры были измерители времени в микросекундном диапазоне для регистрации цепной реакции деления атомов урана по развитию потоков гамма-излучения и нейтронов, датчики давления и скорости ударной волны, светового и теплового излучения, скоростные и типовые киносъёмочные камеры.

Всего на опытном поле, в сооружениях и местах расположения испытываемых образцов военной техники было установлено более 2200 датчиков и регистраторов. Для обслуживания такого количества регистрирующих приборов состоялся массовый выезд сотрудников ИХФ на это ответственное испытание.

Испытательный взрыв первого термоядерного заряда был проведен 8 августа 1953 г. на Семипалатинском полигоне. На рис. 2 приведены кинокадры развития газопылевого облака этого взрыва. Ядерный заряд был установлен на высоте 33 м на стальной башне высотой 40 м. По совокупности измерений давления и импульса фазы сжатия ударной волны, интенсивности гамма-излучения и размеров огненного шара было установлено полное энерговыделение опытного заряда и определен ТЭ взрыва на уровне 430 кт.

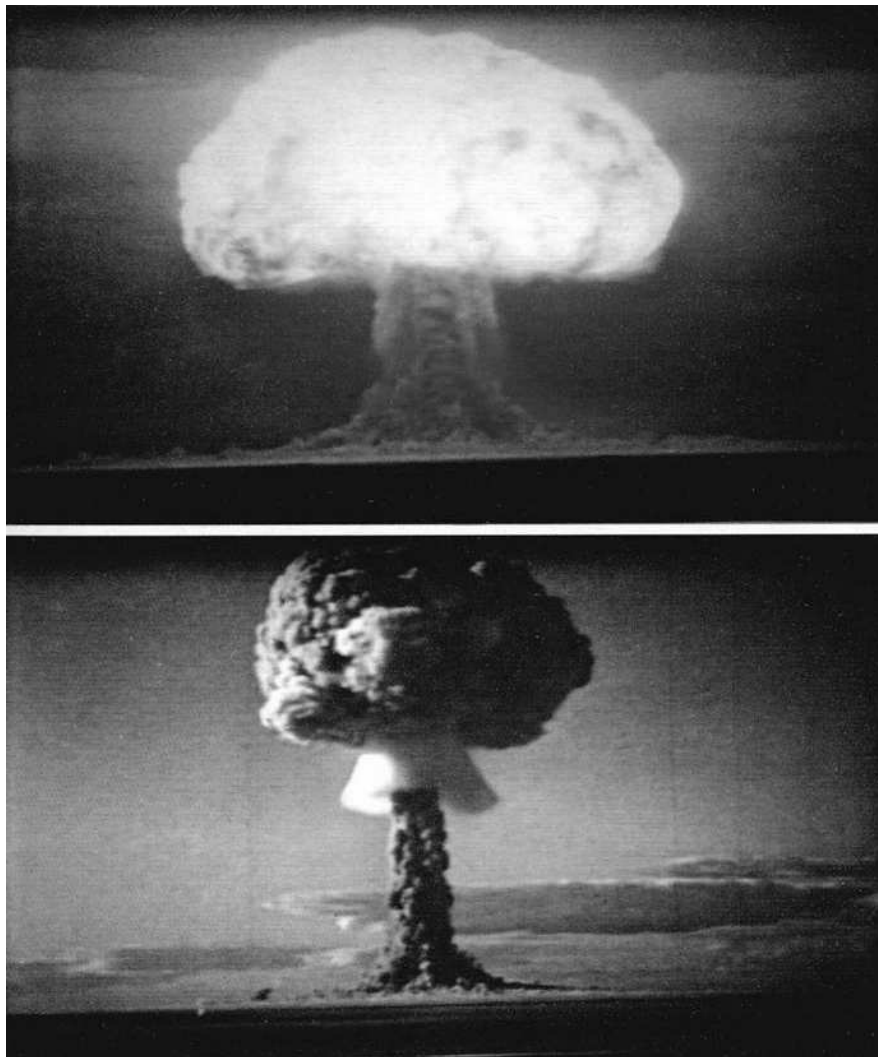


Рис. 2 Последовательные фазы взрыва первого термоядерного заряда 8 августа 1953 г. ($q = 430$ кт, $H = 33$ м). Съемка проводилась с разных расстояний

Следующим ответственным испытанием, в котором также принимала участие большая группа сотрудников ИХФ во главе с академиком Н. Н. Семёновым, был термоядерный взрыв (водородная бомба) 22 ноября 1955 г. Исключительная важность этого испытания заключалась в отработке новой физической схемы заряда — принципа радиационной имплозии, сжатия активного вещества излучением. Бомба была сброшена с самолета, взрыв произведен на высоте 1550 м, его энерговыделение составило 1,6 Мт в ТЭ. Размер огненного шара достиг 2000 м, свечение длилось 12 с.

Это испытание оказалось самым мощным термоядерным взрывом на Семипалатинском полигоне. При этом взрыве было отмечено аномальное (пятикратное) усиление слабой ударной волны на значительных расстояниях от места взрыва. Силь-

ные разрушения и повреждения зданий произошли в г. Курчатова на берегу Иртыша и окружающих поселках вне полигона, включая г. Семипалатинск. Разрушения остекления наблюдались на расстояниях 300–350 км.

Для детального анализа этого эффекта была создана комиссия во главе с профессором А. Ф. Беляевым, которая тщательно проверила записи приборов и документально подтвердила факт пятикратного увеличения давления. Качественно эффект был объяснен влиянием градиента ветра и инверсией температуры с высотой. По результатам этого испытания был принят запрет на проведение ядерных взрывов мегатонного класса на Семипалатинском полигоне.

После описанных выше исторических испытаний еще для многих сотрудников ИХФ на-

пряженная работа на Семипалатинском полигоне продолжилась. Были коллективные выезды на ответственные испытания и отдельных групп в целях отработки новых видов оборудования и регистрации каких-либо факторов ядерного взрыва. Огромную роль в организации научно-исследовательских работ, в особенности на начальном этапе при разработке методов изучения ядерного взрыва, о котором не было никаких сведений, сыграл директор ИХФ академик Н. Н. Семёнов, который не только привлек весь коллектив ученых ИХФ, но и лично участвовал примерно в 20 испытаниях. Не покидал полигона в течение многих месяцев при его организации и в дальнейшем при проведении очередных испытаний заместитель директора ИХФ М. А. Садовский. Ему и его ближайшим соратникам Г. Л. Шнирману, П. В. Кевлишвили, А. С. Дубовику, А. И. Соколику, В. Н. Родионову и многим другим принадлежит также определяющая роль в проведении экспериментальных работ по созданию комплекса специальной аппаратуры для регистрации быстропротекающих процессов при ядерном взрыве и действия его поражающих факторов. Всего на Семипалатинском полигоне за период воздушных испытаний 1949–1962 гг. было проведено 113 экспериментальных ядерных взрывов.

Отметим новые фундаментальные результаты и некоторые уникальные данные, полученные сотрудниками ИХФ в процессе теоретического и экспериментального изучения ядерных взрывов в приземной атмосфере.

1. Установлена эффективность поражающих факторов ядерного взрыва: ВУВ, радиационных потоков гамма-излучения и нейтронов, светового и теплового излучения. Эти результаты помещены в соответствующие справочники и методические руководства. На их основе разрабатываются меры и способы защиты от воздействия ядерного оружия, оцениваются мгновенные и долговременные последствия ядерных взрывов.
2. Развита теория ядерного взрыва в атмосфере с учетом реальных уравнений состояния (Я. Б. Зельдович, А. С. Компанеец) и установлены фундаментальные зависимости основных параметров ВУВ (максимальное давление на фронте, импульс и продолжительность фазы сжатия) от энергии взрыва и расстояния (формулы М. А. Садовского).
3. Определен ТЭ ядерного взрыва в атмосфере, из которого следовал основополагающий результат, что только 50% полной энергии ядерного взрыва расходуется на образование ударной волны. При наземном ядерном взрыве ТЭ снижается до 35%.
4. Разработана новая теория подъема огненного шара и грибообразного газопылевого термика с учетом образования торообразного вихревого кольца. На основе этой теории установлена практически важная зависимость высоты зависания облака от величины тепловой энергии в источнике, которая используется в настоящее время для оценки энергии вулканических извержений, при крупных пожарах, ударах космических тел и других катастрофических явлениях.
5. Зафиксировано аномальное явление пятикратного увеличения интенсивности слабой ударной волны на значительных расстояниях от центра взрыва. На основе этого явления разработана новая теория нерегулярного отражения слабых ударных волн в атмосфере с учетом нелинейных эффектов (С. А. Христианович).
6. В процессе ядерных испытаний 1954–1958 гг. был обнаружен так называемый эффект «теплого слоя», заключающийся в разрушении фронта ударной волны, снижении в 2–3 раза ее амплитуды и перестройке всего газодинамического течения за фронтом.
7. Важным результатом явилось создание в ИХФ нового поколения геофизических приборов: высокоскоростных регистрирующих оптических систем, выполняющих съемку до 2–3 млн кадров в секунду, детекторов для регистрации радиоактивного, рентгеновского, светового и теплового излучений, датчиков нового типа для регистрации ударных волн, а также сейсмометров, отличающихся высокой чувствительностью и широким частотным диапазоном.

В начале 1950-х гг. Институт химической физики был привлечен к организации и проведению испытаний торпед с ядерными зарядами как составной части морского подводного оружия. В Институте под непосредственным руководством его директора академика Н. Н. Семёнова началась активная подготовка к проведению испытаний ядерных зарядов в морских условиях. В задачи ИХФ входил следующий круг вопросов:

- выбор места проведения испытаний ядерных зарядов под водой;
- разработка теории ядерного взрыва в воде;
- проведение измерений параметров ударной волны в воде и воздухе, развитие султана и других подводных явлений, сейсмических колебаний грунта, выхода продуктов взрыва в атмосферу и радиационных процессов в воде;

- определение поражающего действия подводного ядерного взрыва на объекты Военно-Морского Флота (ВМФ);
- определение энергии подводного ядерного взрыва и его ТЭ.

Николай Николаевич Семёнов принимал самое активное участие в выборе места для проведения испытаний ядерного оружия в морских условиях. Созданная в 1954 г. правительственная комиссия, в состав которой входили директор ИХФ Н. Н. Семёнов и его заместитель М. А. Садовский, предложила организовать ядерный полигон на островах Новой Земли, достаточно удаленных от материка и населенных пунктов.

Николай Николаевич Семёнов привлек к теоретическим и экспериментальным исследованиям подводных ядерных взрывов известных ученых Института: С. А. Христиановича, В. Л. Тальрозе, Г. Л. Шнирмана, П. В. Кевлишвили, Е. И. Шемякина и многих других.

Научным руководителем готовящихся подводных испытаний стал профессор И. Л. Зельманов. Разработку теории подводного ядерного взрыва возглавил академик С. А. Христианович. К расчетам уравнения состояния воды при высоких давлениях и температурах приступил Н. М. Кузнецов.

Группа Л. С. Козаченко начала готовить механические измерители давления МИД-3, поршневые

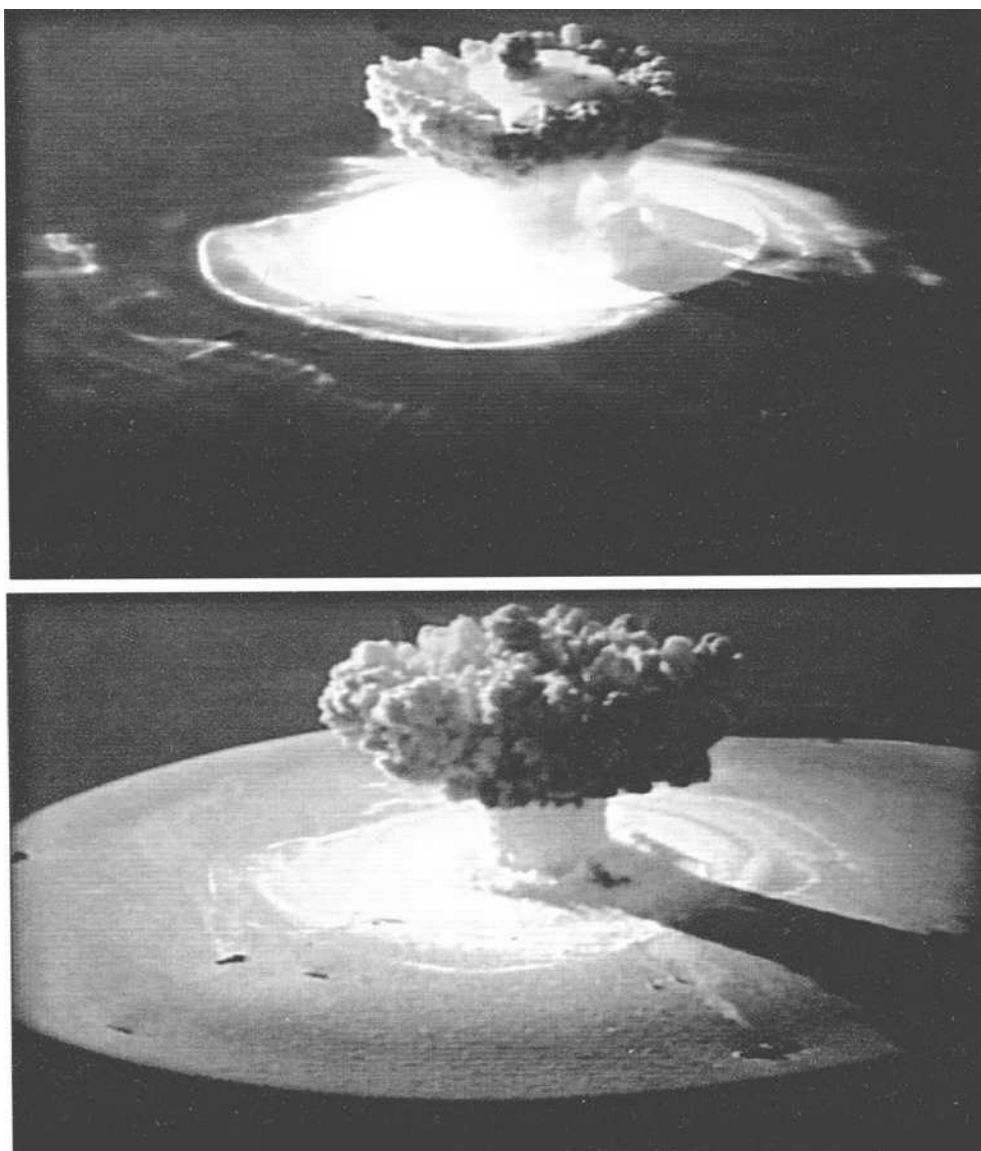


Рис. 3 Фотографии первого подводного ядерного взрыва в губе Черная 21 сентября 1955 г. (мощность 3,5 кт, глубина 12 м)

импульсометры ИМ-1, ИМ-2, ИМ-3 и пьезоэлектрические датчики давления. Для регистрации ударной волны в воздухе были приготовлены самописцы СД-725. Под руководством Г. Л. Шнирмана и П. В. Кевлишвили отработывался комплекс киноаппаратуры с различной скоростью съемки для регистрации внешних явлений (АФА-33, АКС-1, АКС-2, СК-2, АФА БАФ). Группа В. Л. Тальрозе готовила аппаратуру для регистрации потоков гамма-излучения и радиационных последствий.

Для отработки аппаратуры и получения предварительных данных были организованы экспедиционные работы с проведением подводных взрывов химических ВВ на Ладожском озере, Черном море и водоеме в районе Куйбышевской ГЭС. В лабораториях ИХФ проводились экспериментальные исследования в бассейне со взрывами зарядов ВВ по

изучению процессов образования и развития газового пузыря, султана выброса и базисной волны на поверхности воды (Б. Д. Христофоров, В. Н. Костюченко и др.).

Первый подводный взрыв ядерного заряда был проведен 21 сентября 1955 г. в губе Черная на Южном острове архипелага Новая Земля. Ядерная торпеда мощностью 3,5 кт была подвешена к буксирному судну на глубине 12 м при глубине воды около 50 м. Вокруг эпицентра были расставлены различного класса корабли, подводные лодки, гидросамолеты и плавсредства с регистрирующей аппаратурой. Для обеспечения наблюдений состоялась массовый выезд сотрудников ИХФ во главе с директором академиком Н. Н. Семёновым.

На рис. 3 приведены фотоснимки первого подводного ядерного взрыва. Был получен большой

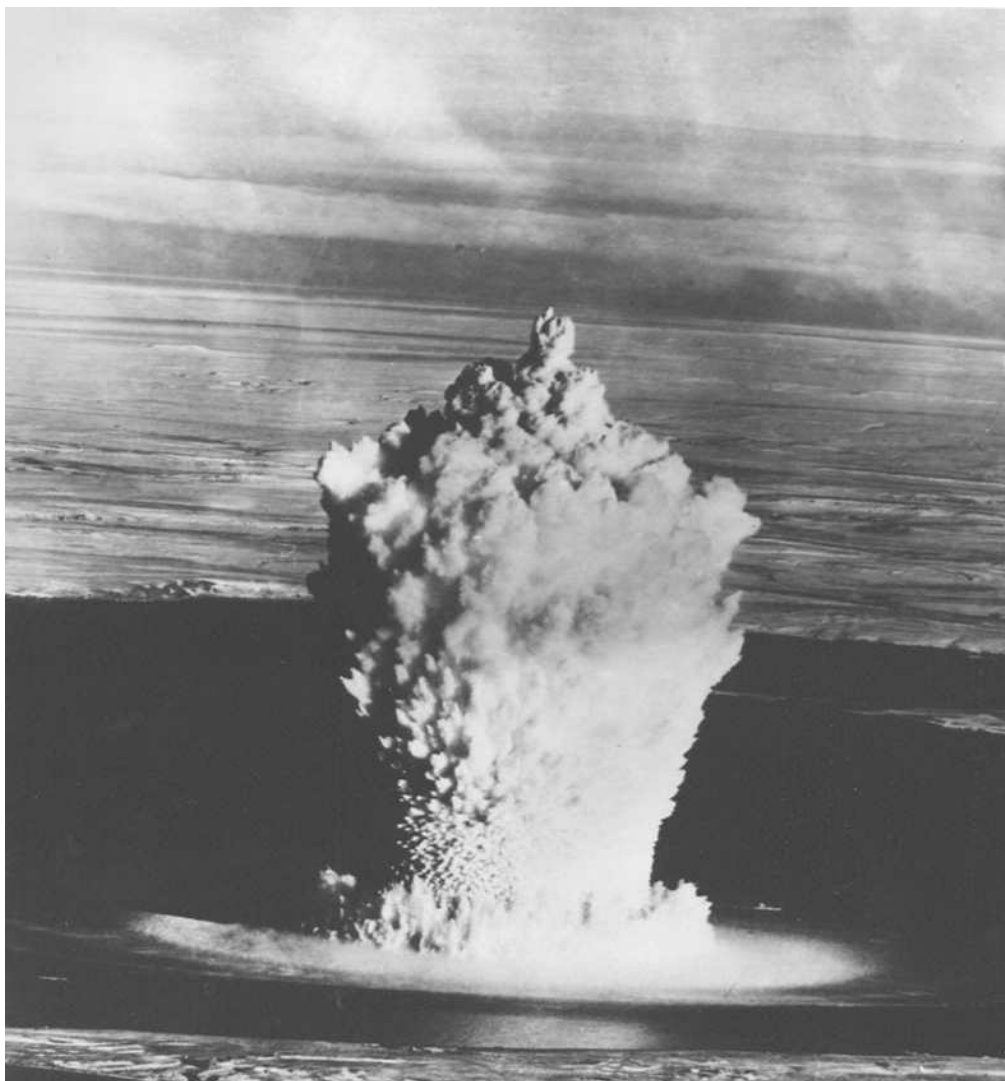


Рис. 4 Второй подводный ядерный взрыв в губе Черная 10 октября 1957 г. (мощность 3,5 кт, глубина 12 м)

объем информации об основных параметрах и факторах воздействия подводного ядерного взрыва, включая характер воздействия поражающих факторов на корабли и объекты ВМФ. Ответственным исполнителем итогового отчета по результатам этого эксперимента был Н. М. Эмануэль. О результатах эксперимента Н. Н. Семёнов докладывал лично Н. С. Хрущеву.

Через два года, 10 октября 1957 г., было проведено второе испытание торпеды с ядерным зарядом в акватории губы Черная. Для регистрации основных факторов подводного ядерного взрыва из ИХФ вновь прибыла большая группа сотрудников, в составе которых были академик С. А. Христианович, И. Л. Зельманов, Л. С. Козаченко и ряд других сотрудников. Этот эксперимент отличался от предыдущего тем, что ядерная торпеда мощностью 10 кт была выпущена с подводной лодки. Взрыв произошел на глубине 30 м при глубине воды 60 м. Фотография этого взрыва приведена на рис. 4. Из выставленных на испытание кораблей

затонуло 3 эсминца, 3 подводные лодки, 2 тральщика и несколько мелких судов и барж.

И наконец, еще через четыре года, 23 октября 1961 г., был проведен третий подводный ядерный взрыв в губе Черная. Из ИХФ также прибыла группа сотрудников для проведения регистрации этого взрыва. В этом эксперименте ядерная торпеда мощностью 4,8 кт также была выпущена с подводной лодки и ее взрыв произошел на глубине 20 м при глубине воды 47 м (рис. 5). Регистрирующая аппаратура была размещена вокруг эпицентра и на расстоянии до 100–120 км.

Отметим новые фундаментальные результаты, полученные сотрудниками ИХФ в процессе экспериментальных и теоретических исследований подводных ядерных взрывов.

1. Установлена эффективность поражающего действия подводных ядерных взрывов, получены зависимости параметров ударной волны в воде от энергии взрывов и расстояния.

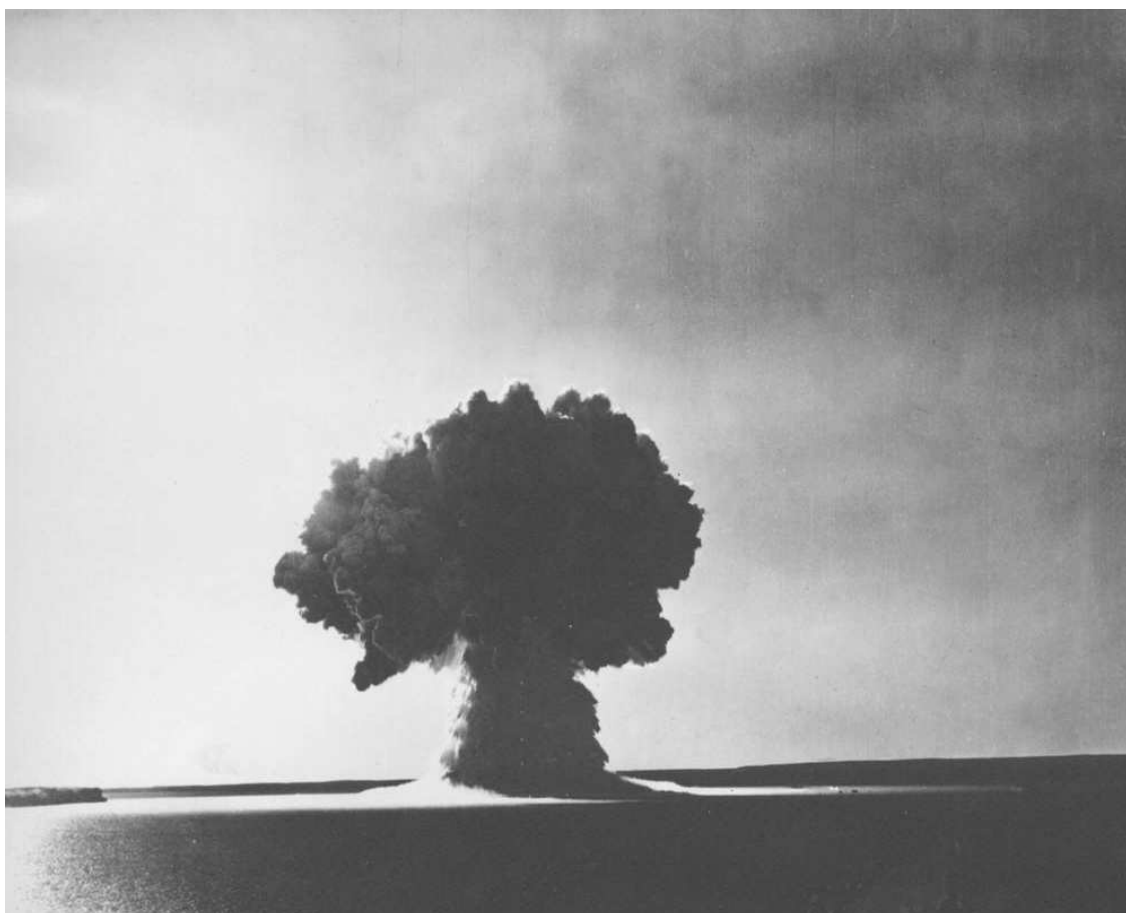


Рис. 5 Третий подводный ядерный взрыв в губе Черная 23 октября 1961 г. (мощность 4,5 кт, глубина 20 м)

2. Определен ТЭ подводного ядерного взрыва, равный 65% от полной энергии взрыва.
3. Разработана теория подводного взрыва и новая теория коротких волн.
4. Установлены закономерности развития и колебаний газового пузыря подводного взрыва, а также зависимость размеров султана выброса от энергии и глубины заложения заряда.
5. Зафиксировано неожиданное снижение интенсивности ударной волны в воде из-за влияния дна и свободной поверхности.
6. Обнаружено влияние волноводов в морской воде на распространение ударных волн.

Новый важный этап участия ИХФ в испытаниях ядерного оружия относится к периоду 1957–1962 гг. В этот период в стране была реализована программа по изучению физических явлений и поражающих факторов ядерных взрывов в верхних слоях атмосферы и космическом пространстве. В то время эта проблема была совершенно не исследованной областью в физике взрыва. В связи с участием ИХФ в исследованиях этой проблемы под руководством Н. Н. Семёнова в Институте была разработана соответствующая программа, которая была нацелена на решение следующих научных задач:

- исследование физических процессов, развивающихся при ядерных взрывах в верхней атмосфере и космосе;
- оценка поражающих факторов в широком диапазоне высот от 10 до 300 км;
- регистрация параметров ВУВ, потоков гамма-излучения и нейтронов, светового потока;
- исследования ионизации атмосферы;
- определение параметров воздействия на поверхность Земли;

а также решение военно-технических аспектов:

- воздействие на самолеты и ракеты;
- влияние высотных ядерных взрывов на средства радиолокации ПВО и всех систем связи.

Проведением теоретических исследований по всему комплексу явлений в ИХФ занимались лаборатории А. С. Компанейца и И. В. Немчинова. Разработку и изготовление соответствующих датчиков и регистрирующей аппаратуры возглавил П. В. Кевлишвили, который поручил В. Н. Князеву разработку автоматики включения всего комплекса аппаратуры, расположенной на самолетах, ракетах и на земле. Особое внимание было уделено наблюдениям оптическими средствами, которые обеспечивали А. С. Дубовик, Б. В. Меловацкий, В. В. Гарнов.

Высотные и космические ядерные взрывы

№	Операция	Дата проведения	Энергия взрыва, кт	Высота взрыва, км
1	ЗУР-215	19.01.1957	10	10,37
2	Гроза	06.09.1961	11	22,7
3	Гром	06.10.1961	40	41,3
4	К-1	27.10.1961	1,2	150
5	К-2	27.10.1961	1,2	300
6	К-3	22.10.1962	300	290
7	К-4	28.10.1962	300	150
8	К-5	01.11.1962	300	59

Начальником экспедиции был назначен заместитель директора ИХФ С. М. Когарко.

В конечном итоге была проведена серия из 8 ядерных взрывов различной мощности в широком диапазоне высот от 10 до 300 км (см. таблицу).

В проведении наблюдений при всех взрывах на полигонах Капустин Яр и Балхаш принимали участие большие группы сотрудников ИХФ. При каждом взрыве проводилась широкомасштабная система физических наблюдений с испытанием многочисленных технических средств, размещавшихся не только на самолетах, ракетах, в специальных контейнерах на парашютах в районе проведения взрыва, но и с привлечением спутников и ионосферных станций по всей стране. Был получен уникальный экспериментальный материал как по физическим процессам, сопровождающим ядерные взрывы на разных высотах, так и по эффективности поражающего действия высотных и космических ядерных взрывов в интересах разработки систем противоракетной обороны. Было установлено, что сильная зависимость физических процессов и поражающих факторов от высоты взрыва по причине значительных, иногда на несколько порядков, изменений состояния атмосферы (давления, температуры, концентрации молекул, атомов, ионов, электронов, длин свободного пробега) потребовала развития различных комплексных моделей для описания и расчетов физических процессов при взрывах в космосе, в верхней и средней атмосфере. Кроме того, был зарегистрирован ряд новых геофизических эффектов, оказавшихся впечатляющими по масштабам возмущения окружающей среды:

- образование вокруг Земли устойчивого радиационного пояса из-за захвата геомагнитным полем заряженных частиц;
- зарегистрированы крупномасштабные свечения атмосферы и сильнейшие полярные сияния, возбужденные потоками электронов и их высыпаниями вдоль магнитных силовых линий;

- расширение плазмы ядерного взрыва в геомагнитном поле вызвало глобальные магнито-гидродинамические колебания в окружающем пространстве;
- зарегистрировано излучение высокоамплитудного электромагнитного импульса и акустико-гравитационных волн глобального характера;
- обнаружены длительные нарушения радиосвязи из-за изменений структуры и электропроводности ионосферы.

Зарегистрированные при высотных и космических ядерных взрывах многочисленные геофизические эффекты стимулировали широкий круг фундаментальных геофизических исследований, продолжающихся и в настоящее время.

Завершение работ по программе высотных и космических ядерных взрывов практически совпало с подписанием в Москве 5 августа 1963 г. Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в трех средах: в атмосфере, космическом пространстве и под водой. Так случилось, что в это же время в ИХФ происходят структурные изменения: Спецсектор ИХФ, в котором постепенно сосредоточились работы по научному обеспечению испытаний ядерного оружия, переводят в Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта. Таким образом, ИХФ благополучно завершил свою работу над

проблемой ядерного оружия. Дело было сделано от начала и практически до конца: ИХФ начал работу над созданием ядерного оружия, под руководством и участием сотрудников ИХФ были сделаны его опытные образцы, с использованием разработанного в ИХФ приборного оборудования проведены первые испытания ядерного оружия, исследована его эффективность в разных средах. Пройден долгий путь от создания ядерного оружия до запрещения его испытаний. Россия стала ядерной державой, и в этом огромная, основополагающая роль ИХФ.

Литература

1. Ядерные испытания СССР. — В 4-х т. / Под ред. В. Н. Михайлова. — М.: ИздАТ, 1997.
2. Адушкин В. В. К 100-летию юбилею выдающегося ученого академика М. А. Садовского (1904–2004 гг.) // Защита и безопасность, 2004. №2(29). С. 62–77.
3. Адушкин В. В. К 100-летию юбилею академика М. А. Садовского // Физика горения и взрыва, 2004. Т. 40. № 6. С. 3–14.
4. Адушкин В. В. Институт химической физики — колыбель ядерного оружия России // Наука и технологии в промышленности, 2016. № 1. С. 31–36.

В. В. Адушкин