

## НЕМЕЦКИЕ АТОМНЫЕ ПРОЕКТЫ

Долгое время считалось, что руководство нацистской Германии изо всех сил стремилось заполучить в свой арсенал атомную бомбу. Однако среди историков до сих пор нет единого мнения по этому вопросу. Некоторые из них утверждают, что немцами в конце войны атомная бомба даже была изготовлена, и только счастливая случайность воспрепятствовала её применению в центре Европы (Исследования Макси К. «Упущенные возможности Гитлера»). Другие спорят о том, насколько близко немецкие физики приблизились к практическому созданию ядерного оружия (Марк Уолкер, Валентин Белоконов, Пол Лоуренс Роуз). Третьи уверяют, что благодаря врожденному тугодумию, немецким физикам никогда бы не поддалась эта масштабная и трудная задача (Сесар Видал). Откуда такой разноречивой мнений?

Ядерные разработки немецких ученых в период Второй Мировой войны давно уже служат ходовой темой многочисленных детективов. В океане этой литературы все труднее найти правдивые ответы даже на простые вопросы. Возьмем, к примеру, вопрос о времени появления немецкой военной атомной программы.

Среди немецких специалистов практическую возможность создания атомной бомбы первыми осознали, кроме Гейзенберга, разве что Отто Ган, Фриц Штрассман и военный инженер Курт Дибнер, известный своими разработками кумулятивных боеголовок ракет. Это было в 1941 году. Но работы по энергетической составляющей атомной тематики начались раньше. По завершении Польской кампании гражданский институт физики имени кайзера Вильгельма, расположенный в берлинском пригороде Далем, был передан под контроль управления военного снабжения, и уже летом 1939 года в отделе вооружения армии было создано отделение ядерной физики. Руководить им поручили физика Курту Дибнеру - специалисту по взрывчатым веществам. На окраине Берлина на опытном полигоне вермахта Дибнер получил возможность выделить себе участок для экспериментирования. Работая по программе исследований, предложенной молодым физиком по имени Отто Хаксель, следующие два года участники германской ядерной программы хотя и двигались вперед, но без ощутимых достижений. А Гейзенберг тем временем продолжал заниматься фундаментальными исследованиями и вместе с некоторыми коллегами (например, Ханом), как мог, затягивал выполнение работ, распыляя ресурсы и обескураживая ученых заявлениями, что создание действующей бомбы возможно лишь в отдаленном будущем, после создания атомного реактора, получения новых трансурановых элементов, развития радиохимической отрасли промышленности и т.д.

Вот как описывает этот период Клаус Гофман [14]: «Фашисты принуждали специалистов к сотрудничеству методом, казавшимся им самым простым: уже в первой неделе сентября они разослали физикам призывные повестки. Курт Дибнер и Эрик Багге, ассистент профессора Вернера Гейзенберга, в соответствии с приказом наметили "рабочий план по производству опытов для практического использования деления ядра". В пределах этой программы каждому специалисту были указаны свои задачи. Вернер Гейзенберг и фон Вайцзеккер - ведущие немецкие атомные теоретики – обязывались работать над теоретическими проблемами. 6 декабря 1939 года Гейзенберг представил отделу вооружения армии доклад "О возможности технического получения энергии при делении урана". Эту работу можно считать первой общей концепцией для разработки так называемой урановой машины, именуемой теперь урановым или атомным реактором. В ней было указано, что самый верный метод для конструирования такой машины состоит в обогащении природного урана его изотопом, ураном-235. Этот метод – не единственный для получения взрывчатых веществ, разрушительная сила которых будет на несколько порядков превосходить известные сильнейшие взрывчатые вещества. Для выработки энергии можно использовать и обычный природный уран-238, без дополнительного его обогащения делящимся изотопом ураном-235, если ядерное топливо расположить в правильном геометрическом порядке с другим веществом, которое могло бы замедлить нейтроны, не поглощая их. Вода для этой цели не подходит. По имеющимся на то время данным, этого можно было достичь с помощью тяжелой воды или очень чистого графита.

*Примечание: Тяжелая вода представляет собой соединение тяжелого изотопа водорода – дейтерия, с кислородом -  $D_2O$ . В обычной воде ( $H_2O$ ) ее содержится до 0,015%. Для того, чтобы получить тяжелую воду, требуется длительный процесс электролиза; и все же немецкие ученые отдали предпочтение такому замедлителю нейтронов.*

После оккупации Чехословакии в 1939 году в руки нацистов попали урановые шахты возле Иоахимсталя. В мае 1940 года немецкие войска в результате нападения на Норвегию взяли под свой контроль единственный электролизный завод мира, производивший тяжелую воду – «Норск Гидро» в Рьюкане. Тем самым, казалось, был расчищен путь для фашистской программы создания атомной бомбы. Параллельно с попытками запустить "урановую машину" предпринимались работы получения атомного взрывчатого вещества, урана-235. Различные исследовательские группы пытались найти оптимальный технический вариант его получения. Были планы его добычи из газообразного соединения природного урана с фтором (гексафторида урана) диффузионным методом, или же с помощью сверхскоростных центрифуг. Работа предстояла гигантская, так как природный уран содержит примерно 99,3% неделящегося урана-238, и только 0,7% урана-235. Завоевание Западной Европы дало команде Дибнера несколько сот тонн бельгийской урановой руды, почти готовый к эксплуатации циклотрон во Франции (три немецких по-

прежнему находились на этапе строительства) и контроль над единственным в мире заводом по производству "тяжелой воды", находившимся в отдаленной норвежской долине. Таким образом, исследования, ресурсы и организация работ постепенно соединялись вместе, и в сентябре встревоженный Гейзенберг сказал одному из своих друзей, что уже видит "открытую дорогу к атомной бомбе". В 1940 году победы Германии на полях сражений дали дополнительные возможности для ускорения программы, а несколько событий, произошедших в 1942 году, просто подстегнули немецкую атомную программу. Одним из них было назначение Альберта Шпеера в феврале 1942 года рейхсминистром вооружений и боеприпасов Германии. Шпеер обладал напористостью, уверенностью, пользовался доверием Гитлера и, что самое важное, интересовался военным потенциалом ядерной физики. Поскольку некоторые физики (Хартек и Дибнер) продолжали настойчиво указывать исследовательскому совету рейха на значение процесса деления урана, и сумели привлечь внимание Шпеера, неудивительно, что в Германии вскоре появились две соперничавшие исследовательские группы, которые с начала второй мировой войны вели изучение урана в военных целях.

### **Выбор ядерной взрывчатки**

Необходимо вернуться по времени немного назад. Историки науки многократно подчеркивают, что Нью-Йоркская конференция (прошла 15 и 16 декабря 1940 года в Колумбийском университете, в Нью-Йорке) явилась историческим поворотным моментом: в декабре 1940 года впервые была разработана теория делимости неизвестного 94-го элемента. Однако в это время всемирный обмен научными идеями был уже сильно ограничен секретными преградами, поставленными войной. В американском специальном журнале "Физикл ревью", очень популярном, с августа 1940 года не появлялось никаких сообщений по урановой проблеме. Поэтому многие не заметили работу немецкого физика Карла фон Вайцзеккера. В то время, когда все физики-атомщики уповали на получение ядерной энергии путем деления урана-235, Вайцзеккер основывался уже на возможности получения энергии из урана-238. Эти соображения содержались в его докладе от 17 июля 1940 года, подготовленном для отдела вооружения армии. По представлениям Вайцзеккера, в запущенной урановой машине из неделящегося урана-238, считавшегося бесполезным, должен был путем поглощения нейтронов образовываться трансурановый 94-й элемент. Его изотоп-239, как и уран-235, является атомным делящимся веществом. Быть может, вообще было бы выгоднее, полагал Вайцзеккер, сосредоточить свое внимание на легко выделяемом элементе 94, чем проводить трудоемкое обогащение природного урана и отделение от него урана-235.

Вернемся к событиям 1941 года в США. Для элемента 94 уже известен был его изотоп-238; он был неделящимся, следовательно, неинтересным. Поэтому физики-атомщики США направили все усилия на получение делящегося изотопа-239. В марте 1941 года 1,2 кг чистой соли урана, замурованной в большой парафиновый блок, подвергли в циклотроне бомбардировке нейтронами. Это было самое большое количество вещества, которое подвергли ядерному превращению в то время. Через два дня бомбардировки нейтронами урановой мишени ученые получили приблизительно 0,5 мкг изотопа-239 элемента 94. Появление нового химического элемента, как и предсказывали теоретики, сопровождалось излучением потока альфа-частиц.

28 марта 1941 года американские физики собрались возле циклотрона Беркли для решающего эксперимента, который должен был показать, способен ли новый элемент к делению. Ферми, Сиборг, Сегрэ, Кеннеди и Лоуренс взволнованно следили за экраном осциллографа, на котором ожидали увидеть отображение реакции деления. Опыт полностью подтвердил теорию: было найдено второе атомное взрывчатое вещество, которое оказалось даже мощнее урана-235. Начиная с этого момента, все исследовательские работы с новым элементом стали в США строго секретными. Номер 49 - таков был код для изотопа-239 элемента 94. И все те, кто работал над атомной бомбой, изготавливаемой из 94-го элемента, так и назывались - сорок девятые.

Немецкие исследователи тоже не оставались бездеятельными. В лаборатории Манфреда фон Ардена были разработаны основы для получения 94-го элемента. В августе 1941 года гость института, физик Фриц Хоутерманс, закончил свой секретный доклад "К вопросу о развязывании цепных ядерных реакций". В нем он указывал теоретические возможности для изготовления в атомном реакторе нового вещества из природного урана.

94-й элемент обладает тем преимуществом, что он явно отличается по своим свойствам от урана, так что их сравнительно легко разделить химическими методами. Такое химическое разделение происходит гораздо проще, чем трудоемкое отделение изотопов урана-235 и урана-238 методами физическими (диффузией, центрифугированием и т.п.). Чтобы предпринять разделение в лаборатории, а затем - как предусмотрено - в производственном масштабе, безусловно, необходимо было заранее установить свойства этого искусственного элемента. Однако для аналитических химических исследований требовались весомые количества вещества. Откуда их взять? Ведь речь идет об элементе, которого нет на Земле. Или это все же

не так? В течение 1942 года американцы весьма серьезно занимались поисками трансуранов с номерами 93 и 94 в природных минералах. Трудоемкая переработка урановых руд из Колорадо и Нью-Мексико дала отрицательный результат. Если 94-й элемент там вообще есть, утверждали американские специалисты, то содержится он в рудных концентратах в соотношении  $1:10^{14}$  что говорит о невозможности его выделения. До последнего момента возлагали большие надежды на урановую смоляную руду из района Большого Медвежьего озера в Канаде. В руде, которая содержит сорок различных элементов, надеялись найти нужные трансураны. Однако и эта надежда не оправдалась. Единственное что нашли, так это подходящее название для нового элемента, проведя параллель с астрономией. В 1930 году произошло знаменательное событие: по ту сторону планеты Нептун была открыта новая планета, существование которой давно предсказывал английский астроном и писатель-фантаст Ловелл. Открытое небесное тело назвали Плутонем, а новый элемент - плутонием. В таком наименовании заключено предзнаменование: 94-й элемент, как следует из классической мифологии, носит имя бога смерти.

В августе 1942 года американцам Каннингему и Вернеру удалось получить около 1 микрограмма (мкг) плутония. Через месяц, 10 сентября 1942 года, впервые было взвешено видимое количество искусственно изготовленного элемента: 2,77 мкг оксида плутония. Для этого специально были сконструированы микровесы с кварцевой нитью. В конце 1942 года уже имелось 500 мкг (полмиллиграмма) соли плутония.

Работа была начата в США в то время, когда еще не функционировал ни один атомный реактор для синтеза плутония из урана-238. Американцы запустили свой первый реактор лишь 2 декабря 1942 года: под трибуной спортивного стадиона в Чикаго Энрико Ферми успешно запустил в работу урановый «котёл», состоящий из слюды урана (6 т), оксида урана (36,6 т) и химически чистого графита (315 т). В первом реакторе были созданы все условия для возникновения самоподдерживающейся цепной реакции: она оказалась управляемой, а не разрушающей, как того боялись. Впервые "урановая машина" стала вырабатывать энергию, правда всего только 200 Вт. Также впервые в урановом реакторе стал образовываться элемент плутоний: элементы в реакторе искусственно превращались друг в друга, причем в намного больших количествах, чем в ускорителях.

*Справка: в истории Земли процесс образования трансурановых элементов в атомном реакторе, похоже, уже имел место. Когда заработал первый на Земле атомный реактор, наука точно не знает. Атомная физика считается молодой научной дисциплиной, однако, "нечеловеческие" ядерные реакторы на нашей планете существовали еще 2 миллиардов лет назад. Например, в литературе описана такая находка [15] - «Науке уже известны 17 древних реакторов, расположенных в Габоне - одной из стран экваториальной Африки. Все они были обнаружены в районе урановых месторождений Окло и Бангомбе, находящихся на юго-востоке Габона. Девять из семнадцати реакторов найдены учеными в полностью выработанных урановых залежах.*

*История этой находки, вкратце, такова. В 1972 году в африканской республике Габон, на урановом месторождении Окло, был проведен изотопный анализ руд. Это была скорее формальность, чем серьезное научное исследование. Но результаты анализов оказались неожиданно для всех необычными: концентрация изотопа уран-235 в руде была намного ниже обычной – в некоторых местах обеднение («выгорание») урана достигало 50 процентов. В то же время исследователи обнаружили огромный избыток таких изотопов, которые обычно возникают при реакции деления урана-235 (неодима, рутения, ксенона и других).*

*Феномен Окло породил множество гипотез, и самая простая из них (а потому и наиболее правдоподобная) приводит к фантастическому на первый взгляд выводу: около двух миллиардов лет тому назад в Окло работал природный атомный реактор, на протяжении примерно пятисот тысячелетий. Пришельцы? Совсем не обязательно. Для работы реактора нужен замедлитель нейтронов (например, вода), и геометрически правильное взаимное расположение топлива (уран) и замедлителя (вода). Можно предположить, что в толще уранового месторождения, имеющего высокую концентрацию урана-235, были пустоты, в которых вода могла случайно скопиться и запустить ядерный котел. И он заработал в режиме саморегулирования: с увеличением мощности реактора выделялось тепло, и поднималась температура в том объеме уранового месторождения, в котором скопилось вода. Вода испарялась, её слой, замедляющий нейтроны, становился тоньше. Соответственно уменьшалось число замедленных нейтронов, вызывающих реакцию деления ядер урана и мощность реактора падала. Потом вода скапливалась вновь, и цикл возникновения и регулирования цепной реакции деления ядер повторялся».*

### **Для чего создавали первые атомные реакторы**

Вернемся в 20-й век. Для атомной промышленности США удачный эксперимент Ферми означал окончание последнего исследовательского этапа перед началом производства плутония в Хэнфорде. С невероятной быстротой были смонтированы три гигантских реактора на южном берегу реки Колумбия. Атомные реакторы Ферми работали, как часы. Когда в годы войны их запустили на полную мощность, они стали ежедневно вырабатывать примерно по 0,5 кг плутония каждый.

Благодаря точным ультрамикрoхимическим исследованиям ученые очень скоро стали располагать данными по всем основным физико-химическим свойствам плутония. Он оказался чрезвычайно опасным веществом, прежде всего вследствие своей долговременной радиоактивности (десятки тысяч лет), а также своей способности задерживаться в человеческом организме. В 1 м<sup>3</sup> воздуха максимально допустимое содержание плутония составляет всего 10<sup>-9</sup> грамма. Сравнение плутония с синильной кислотой - одним из сильнейших химических ядов, показывает, что он опаснее её в 10 тысяч раз (предельно допустимая концентрация синильной кислоты равна целых 11 мг на 1 м<sup>3</sup> воздуха, или 1,1x10<sup>-5</sup> грамма).

*Справка: По данным новейших исследований, плутоний уже нельзя называть искусственным элементом, ибо в 1971 году его обнаружили в природном редкоземельном минерале бастнезите, не содержащем урана. В 90 кг горной породы содержится 10<sup>-14</sup> г плутония-244, что было установлено с помощью масс-спектрографа. Это единственный изотоп 94-го элемента, который еще не совсем исчез с лица Земли за время ее существования. По приблизительной оценке, вся земная кора толщиной в 16 км содержит всего около 1 кг природного плутония. Другие изотопы плутония, которые сегодня в виде следов еще находятся в природных урановых рудах, имеют, как уже говорилось, искусственное происхождение.*

### **Цели немецких физиков во время войны**

Энрико Ферми использовал для своего реактора графит в качестве замедлителя. Немцы, как известно, предпочли тяжелую воду. Однако они не достигли цели, потому что Германия с конца 1941 года уже не располагала такими материальными и техническими средствами, какими обладали США. В октябре 1941-го США еще не включились в войну, и всем казалось, что Германия побеждает Советский Союз, а Великобритания вообще обессилена. Но зимой германский блицкриг был остановлен и Советский Союз перешел в наступление. А после Пирл-Харбора и Америка включилась в войну, против Японии, поэтому Гитлеру пришлось объявить войну Соединенным Штатам. В этот момент – всего за два-три месяца – картина войны существенно изменилась. Она перестала быть европейской войной, в которой Германия побеждала, и превратилась в мировую войну, в которой Германии предстояло воевать против трех наиболее развитых стран с гигантским совокупным экономическим и промышленным потенциалом и превосходящими людскими ресурсами.

После этой перемены в ходе войны, 4 июня 1942 года имперский министр вооружений Альберт Шпеер созвал в Берлине совещание с представителями всех родов войск и ученых Уранового проекта. Доклад по бомбе представили сторонники военного направления атомных исследований Пауль Хартек и Курт Дибнер, которые впечатлили аудиторию описанием мощности ядерного взрывного устройства, которое (теоретически) может иметь критическую массу «размером с ананас» [16]. По поводу сроков изготовления урановой бомбы В. Гейзенберг заверил министра Шпеера, что научное решение не будет трудным, но для решения производственно-технических проблем потребуются годы [17, с. 98-102]. Гейзенберг добавил, что бомба - как цель, вполне реальна, однако чтобы достичь её, необходимо обеспечить его дефицитными материалами, выделить людей и огромные финансово-материальные ресурсы на создание новых технологий и производств.

23 июня 1942 года министр Шпеер докладывает Гитлеру о мерах по обеспечению армии вооружением. Вопрос об атомном оружии он включает шестнадцатым пунктом доклада, сообщая, что для его создания потребуется не менее пяти лет [17, с. 102–103.].

И хотя проект не был закрыт, немецкая армия уже не делала на него ставку как на решающий аргумент в войне. Работа ученых продолжалась, проект по-прежнему финансировали, но в нем участвовали всё те же 50-60 человек, и до конца войны он так и не вышел за стены университетских лабораторий.

Отто Ган писал в конце 1946 года, что гитлеровское правительство с 1942 года оставило его с коллегами «в покое». Тем не менее, говорил Ган, гитлеровцы «злили» на него и его сотрудников за то, что он по-прежнему публиковал в научных журналах все результаты исследований и отвергал любые предложения сохранять научную тайну. В результате этого у заинтересованных наблюдателей за границей создалось впечатление, что в гитлеровской Германии ведется лихорадочная работа в области ядерных исследований. К тому же зарубежные физики продолжали получать «из первых рук» точные сведения о состоянии немецких ядерных исследований. «Американцы получали также преимущество от того, – замечал Ган в автобиографии, – что мы в течение всей войны публиковали наши результаты; они же, напротив, ничего не публиковали. Так, они могли в полной мере контролировать и использовать наши результаты, мы же не могли ничего от них перенять». Действительно, первое сообщение о работах американских, английских и канадских исследователей-атомщиков было опубликовано только в 1946 году, через год после применения атомного оружия.

В. Гейзенберг тоже не молчал. В сообщении, которое в 1946 году было опубликовано в журнале «Натурвиссеншафтен», а в 1947 году – в английском журнале «Нейче», он дал исчерпывающее описание хода и окончательных результатов работ по использованию атомной энергии, которые велись в гитлеровской Германии во время второй мировой войны. Статью Гейзенберга, с которой до передачи в

печатать ознакомился ряд физиков и химиков, участвовавших в работе с ураном (в том числе и Отто Ган), следует рассматривать как достоверный документ истории науки, освещающий этот круг вопросов.

По словам Гейзенберга - «немецкие, американские и английские работы над атомной энергией к началу 1942 года можно сравнить с весами. И та и другая стороны до этого времени занимались научным вопросом о возможности и способах использования энергии атомного ядра. Приблизительно в одно время обе стороны пришли к одинаковым результатам, за исключением области разделения изотопов, в которой американские и английские исследователи, используя различные методы, достигли больших успехов, чем немецкие ученые. Затем, когда в США с большим размахом стали работать над созданием атомных бомб, физики-атомщики в Германии, «имеющие средства в размере примерно одной тысячной доли американских», занимались вопросом о машине, приводимой в движение атомной энергией».

В статье, напечатанной в 1953 году в одном из западногерманских журналов, Гейзенберг вновь возвратился к этой теме: «К сожалению, широко распространена легенда, будто бы в Германии делались попытки создания атомной бомбы. Перед началом войны правительство поставило перед физиками-атомщиками вопрос об использовании атомной энергии в бомбах или в машинах. Научные работы, связанные с этим вопросом, велись с осени 1939 года до весны 1942 года. Результаты исследований были таковы: при умеренных технических затратах можно построить атомный котел, в котором атомная энергия будет использоваться для превращения химических элементов, а также для производства тепла. Далее утверждалось, что возможно и создание атомных бомб, однако это потребует больших технических затрат».

В статье Гейзенберга говорится также: «Но в то время германская промышленность была уже загружена до предела своих мощностей, и существовал так называемый приказ фюрера, согласно которому могли вестись только такие разработки, которые давали практический результат в течение полугода. Естественно, что о работах с ураном не могло быть и речи, и поэтому летом 1942 года высокие инстанции решили отказаться от попытки изготовления атомных бомб. Это решение, согласное с желанием немецкого военного руководства, было, конечно, логичным. Если бы эта попытка и была предпринята, то вследствие перегрузки промышленности, и все более усиливающихся воздушных налетов, она все равно не достигла бы цели. Такое решение избавило физиков, участвовавших в работах по овладению атомной энергией, от тяжелого морального выбора, перед которым они оказались бы, пояись приказ об изготовлении атомных бомб. И так, попытки создания атомных бомб не предпринимались».

Карл Фридрих фон Вайцзеккер глубоко сожалел, что немецкие ученые не сумели дать (через Н. Бора) своим коллегам по ту сторону фронта убедительных доказательств того, что они не работают, и не будут работать над атомными бомбами. Он писал: «Может быть, такие сведения многое изменили бы, но упущенного не исправить».

Американскому правительству не пришлось «пытать» своих ученых тем же вопросом – можно ли сделать атомную бомбу? Ученые сами предложили ее создать. И как только правительство выделило на этот проект необходимые ресурсы, работа пошла быстро и слаженно. Американские физики уже к июню 1942-го года сделали то, что немецкие ученые не смогли сделать до конца войны. Почему? Потому что в Америке ученые два года упорно добивались от правительства перевода разработки атомной бомбы на индустриальный уровень. И добились - 6 декабря 1941 года Белый дом принял решение о выделении крупных финансовых средств и материальных ресурсов, необходимых для создания атомного оружия. С этого времени в США над бомбовой проблемой работали десятки тысяч ученых и технических работников.

Совсем иначе обстояли дела в Германии. Разведслужбы США и их добровольные помощники неустанно «мониторили» ход исследований по атомной теме в Рейхе, и всегда знали истинный масштаб проводимых там исследований. И когда осенью 1944 года американская разведка добралась до экспериментальных установок и оригинальных документов немецкого уранового проекта, окончательно стало ясно, что бояться им было нечего.

*Примечание: С немецкой стороны подобным добровольцем был известный ученый и научный редактор издательства «Шпрингер» Пауль Розбауд. Будучи противником нацистов и занимая, по службе, весьма подходящее место для сбора информации, он передал союзникам (через Скандинавию) сведения не только по немецкому урановому проекту, но и о разработках крылатых и баллистических ракет [18].*

После войны у победителей появилась возможность допрашивать арестованных руководителей Германии, и рейхсминистру Шпееру сразу стали задавать вопросы о работах над атомной бомбой. Он показал следующее: «Точно так же, как у вас в Америке, наши ученые давно изучали расщепление атома. Вы далеко продвинулись. У вас имеются огромные циклотроны. У нас же построили только несколько небольших циклотронов - да и то лишь когда я стал руководить работами. На мой взгляд, мы далеко отстали от вас. Мы не шагнули дальше примитивных лабораторных опытов, и даже они мало заслуживают упоминания». Для успеха «нам потребовалось бы еще десять лет», подчеркнул министр. Шпеер был убежден в этом. Он говорил то, что ему внушили физики. Сам Гейзенберг убедил его в том, что атомную бомбу нельзя создать в ближайшие годы. Впоследствии профессор Гейзенберг так сформулировал позицию немецких физиков в годы войны [19]: «мы не имели желания изготавливать атомную бомбу и были рады тому, что обстоятельства избавили нас от необходимости работать над ней»