# Государственный Университет Управления

## Институт Национальной и мировой экономики

### Специальность: предпринимательство

#### Реферат

На тему: «Развитие атомной энергетики»

По КСЕ

Выполнено студентом

##### Новгородцевым Алексеем Анатольевичем

студенческий билет № 95/178-00n

группа № 1

дата выполнения 01.12.2000

Руководитель

Замотаев И. В.

**Оглавление:**

Введение. 2

Атомистика философов Древней Греции и Рима. 3

Атомистика в период до XVII в. 5

Физика в XVIII и XIX вв. 6

Атомистика конца XIX – начала XX в. 10

Атомистика первой половины XX в. 11

Атомистика в предвоенные годы. 18

Атомистика от послевоенных лет до наших дней. 23

Заключение. 24

Список литературы. 25

# **Введение.**

В конце тысячелетия, когда общество все дальше продвигается по пути техногенного развития, развиваются уже существующие и зарождаются новые производственные отрасли, когда «высокие технологии» вошли практически в каждый современный дом, и многие люди не могут представить жизни без них, мы более отчетливо видим, неограниченность человеческих потребностей. Чем больше человечество создает, тем большем оно потребляет. В том числе такого важного ресурса, как энергии.

Человечество с древних времен искало новые источники энергии. К середине XX столетия были освоены почти все ее природные источник, причем использование их в промышленных масштабах привело к значительному загрязнению отходами производства окружающей среды, особенно в крупных, промышленно развитых городах.

Овладение же ядерной энергией – величайшее, ни с чем не соизмеримое достижение науки и техники XX в. Высвобождение внутриядерной энергии атома, проникновение в природные кладовые тайн вещества, атома превосходит все, что когда-либо ранее удавалось сделать людям. Новый источник энергии огромной мощности сулил богатейшие неоценимые возможности.

Для открытия такого вида энергии, как внутриядерная энергия атома, понадобились долгие годы упорной и самоотверженной работы ученых многих поколений и разных стран. Высвобождение внутриядерной энергии атома потребовало такого уровня развития науки, такого научно-технического оборудования, таких аппаратуры, химических материалов, такой высокой культуры и техники производства, которые смогли сложиться в мире только к середине XX столетия. Однако человечество должно было пройти долгий путь поисков, преодолеть множество препятствий, отвергнуть прежние представления о природе вещей.

Народы Азии и Африки в глубокой древности многое сделали для понимания природных явлений и основных законов природы.

Древние цивилизации Китая, Индии, Вавилона, Египта, Греции заложили фундамент, на котором возникло натурфилософское учение, теоретическое мышление, преобразующее мифологию в эпос и формирующее при этом основные принципы строения и превращения веществ.

Натурфилософские представления, возникшие в древнем мире, в строгом смысле теоретическим мышлением становятся только в Греции.

В Индии атомистическая точка зрения была окрашена спиритуалистической тенденцией одухотворения природы, чего нет в греческой атомистике, поскольку греки развивали материалистический атомизм.

Греческая форма атомизма плодотворно повлияла на развитие науки. Наиболее полно и в ясном изложении дошли до нас изустные и письменные работы древних греков. Древние греки одними из первых стали изучать природу с помощью методов (примитивных в нашем понимании), сформулированных в их научных диспутах, лекциях. В Древней Греции человеческий разум осознавал свою силу, и именно тогда начали появляться систематические научные исследования.

# **Атомистика философов Древней Греции и Рима.**

Характерные черты естествознания того времени – это накопление эмпирического материала, попытки объяснить мир с помощью общих умозрительных гипотез и теорий, в которых предсказывалось, предвосхищалось немало позднейших научных открытий. К примеру, в ту эпоху зародились идеи об атомарном, дискретном строении материи.

Древние греки создали учение о материальной первооснове всех вещей, родоначальниками которого были Фалес Милетский (625-547 до н. э.), Анаксимандр (610-547 до н. э.), Анаксимен (585-525 до н. э.) и другие античные философы. С вершин нынешних знаний многое в их учении кажется наивным. Так, Фалес считал, что основой всего является вода. Анаксимандр усматривал такую основу в некоем «алейроне» – единой, вечной, бескачественной материи, а Анаксимен – в воздухе. Все они представляли первоначально существующего как нечто материальное.

Другой известный древнегреческий философ Гераклит Эфесский (530-470 до н. э.) считал основой основ огонь. Все вещи появляются из огня и снова в него возвращаются. Гераклит утверждал: «Мир единый, не создан никем из богов и никем из людей, а был, есть и будет вечно живым огнем, закономерно воспламеняющимся и закономерно угасающим».

Непосредственными предшественниками атомистов были Эмпедокл (490-430 до н. э.) и Анаксагор (500-428 до н. э.), они выдвинули концепцию элементов, из которых построена Вселенная.

По учению Эмпедокла такими материальными элементами являются огонь, воздух, вода и земля. Они вечны, неразрушимы, хотя и изменяются по числу и величине путем соединения и разделения. Эмпедокл утверждал: «Ничто не может произойти из ничего, и никак не может то, что есть, уничтожиться». Эта мысль Эмпедокла очень близка к знакомому нам закону сохранения вещества, который играет такую фундаментальную роль в современной физике.

Анаксагор считал, что мир состоит из бесконечного множества частиц («семян») веществ и в результате их совокупного движения темный холодный воздух отделяется от светлого горячего эфира, а частицы соединяются с себе подобными. Так образуются материальные тела. Следует обратить внимание на высказывания Анаксагора об эфире. О нем впоследствии через ряд веков ученые будут вести длительные споры, дискуссии.

Ученые Древней Греции за свои смелые идеи и высказывания подвергались наказаниям и преследованиям. Так, Анаксагор был изгнан из Афин за утверждение о том, что вопреки укоренившимся верованиям солнце, луна, звезды являются лишь раскаленными камнями и не имеют божественной природы.

Философы Левкипп и его ученик Демокрит (460-370 до н. э.) стали основателями атомистической теории. По учению Левкиппа материя состоит из отдельных частиц – атомов, находящихся в пустом пространстве, и слишком мелких, чтобы их можно было увидеть в отдельности. Атомы непрерывно движутся в пространстве и воздействуют друг на друга при помощи толчков и давления.

Более полно и стройно атомистическая теория была изложена великим древнегреческим философом-материалистом Демокритом. Хотя им было написано много сочинений по математике, физике, астрономии, медицине, филологии, теории музыки и др., но из многочисленных его сочинений до нас дошло только около 300 фрагментов.

В сочинениях Демокрита много сказано о душе, о человеческих отношениях, о мышлении, об этике и другом, но нас в данном случае интересуют только атомы, только материалистическое воззрение Демокрита.

Приведем некоторые принципиальные положения Демокрита, имеющие отношение к атомистической теории:

1. Ничто не возникает из ничего и ничего не переходит в ничто.
2. Материя состоит из бесконечного числа мельчайших, неделимых частиц – атомов.
3. Атомы вечны и неизменны, а все сложные тела, из них состоящие, изменчивы и преходящи.
4. Не существует ничего, кроме атомов и «чистого» пространства.
5. Атомы вечно движутся. Движение всегда присуще атомам и происходит в силу господства во Вселенной закона универсальной необходимости.
6. Атомы бесконечны по числу и бесконечно разнообразны по форме.
7. Во Вселенной существует бесконечное множество миров. Наш мир один из них.
8. Различие между вещами связано с различием их атомов по числу, величине, форме...

Естественно-научное мировоззрение древних получило свое развитие в трудах знаменитого философа того времени Аристотеля (384-322 до н. э.). В своем творчестве он охватил почти все существовавшие тогда отрасли знаний. Хотя Аристотель критиковал своего учителя философа-идеалиста Платона (427-347 до н. э.), он не был материалистом. Он признавал объективное существование материального мира и его познаваемость, но противопоставлял земной и небесный миры, верил и учил верить в существование божественных сил.

Аристотель считал, что все космические тела состоят из эфира, основного элемента природы, в котором изначально заложено совершенное движение по кругу.

Естественный путь познания природы, учил Аристотель, идет от менее известного и явного для нас к более явному и известному с точки зрения природы вещей. Он рассматривал такие общие понятия, как материя и движение, пространство и время, конечное и бесконечное.

В своей работе «Физика» Аристотель подробно разобрал взгляды своих предшественников – Анаксагора, Левкиппа, Демокрита и др. Он резко критиковал воззрения атомистов, признающих существование бесчисленного множества атомов и миров. По Аристотелю реальный мир конечен, ограничен и построен из «конечного числа» элементов. Понятие пустоты по Аристотелю противоречит действительности. Бесконечное разреженное пустое пространство ведет к бесконечному движению, а это, по мнению Аристотеля, невозможно.

«Канонизированное» учение Аристотеля в средние века надолго задержало развитие атомистических воззрений. И все же учение об атомах, атомистика, пройдя через многие века, выдержало ожесточенную борьбу и дошло до наших дней с более глубокими представлениями об атоме, полученными в результате огромного числа физико-химических экспериментов и исследований по физике атома.

В Древнем Риме поэт и философ Тит Лукреций Кар (99-55 до н. э.) в своей знаменитой поэме «О природе вещей» изложил атомистическое учение греческого философа Эпикура.

Представитель афинской школы Эпикур (341-270 до н. э.), а за ним Лукреций пытались существованием атомов объяснить все естественные и социальные явления. Лукреций рисует модель движения атомов, уподобляя его движению пылинок в солнечном луче в темной комнате. Это по существу одно из первых в истории естественных наук описание молекулярного движения. Созданная древними философами теория атомов совпадает с современными концепциями только в самых общих чертах.

Гениальные догадки философов-материалистов, атомистов Древней Греции и Рима предопределили рождение современной атомистической теории – физики атома, ядерной физики. Мы и сегодня поражаемся изумительным научным догадкам и идеям древних философов, основанным только на чисто умозрительных предположениях почти без всяких экспериментальных подтверждений. Это лишний раз доказывает, что возможностям человеческого разума нет пределов. Экскурсом в древность мы хотели подчеркнуть, что толчком к поискам энергии атомного ядра явился вывод древнегреческих и других древних философов о том, что материя состоит из бесконечного числа мельчайших неделимых частиц – атомов. Наука XIX и XX вв., непрерывно обогащаясь новыми знаниями и идеями, подтверждаемыми научными экспериментами и теориями, продвигалась вперед к познанию атома. Движение к высвобождению внутриядерной энергии сопровождалось длительным, многовековым накоплением знаний во многих отраслях науки.

# **Атомистика в период до XVII в.**

В период средневековья атомистика переживала тяжелые времена. В средние века господствовали схоластика, теология и открытия в науке были спорадическими. И в те времена люди немало сделали, продвигаясь к вершинам познания, но все же такого расцвета, как в Древней Греции и Риме, в странах Западной Европы не наблюдалось.

Средневековый Восток имел более широкие, чем Западная Европа, связи со многими близкими и далекими странами, что способствовало развитию геометрии, алгебры, тригонометрии, медицины и других наук. Так, труды Аристотеля, Птолемея и других пришли в Европу в переводах с арабского. Арабы были как бы связующим звеном между античной и средневековой культурой и наукой.

В 1121 г. в Средней Азии появился курс физики Аль-Хазини, в котором были таблицы удельных весов ряда твердых и жидких тел. Много сделал хорезмский ученый Бируни (973-1048) в опытах по определению удельной массы веществ. В Бухаре жил знаменитый ученый философ Абу Али Ибн Сина (Авиценна). В своих работах он, последователь учения Аристотеля и позднее неоплатонизма, проповедовал вечность материи.

В середине XV в. в экономическом, политическом и культурном развитии Европы начинают отчетливо проступать новые, самобытные черты.

Николай Коперник (1473-1543) сломал общепризнанную до того концепцию мироздания, по которой Земля считалась неподвижной по отношению к Солнцу. Коперник отбросил геоцентрическую систему Птолемея и создал гелиоцентрическую систему мироздания. Возникнув в астрономии, она распространилась и на физику, дав новый импульс развитию атомистических идей. Атомы неощутимы, считал Коперник, несколько атомов не составляют видимого тела. И все же число этих частиц можно так умножить, что их будет достаточно для слияния в заметное тело. Коперник вплотную подошел к материалистической атомистике. В эпоху Возрождения физические наблюдения и опыты еще не носили систематического характера, хотя и были достаточно широко развиты.

Началу использования в физике экспериментального метода положил Галилео Галилей (1564-1642), итальянский физик, механик, астроном, один из основателей естествознания. Его влияние на развитие механики, оптики, астрономии неоценимо. Основа мировоззрения Галилея – признание объективного существования мира, т. е. существования вне и независимо от человеческого сознания. Галилей считал, что мир бесконечен, материя вечна. Материя состоит из абсолютно неделимых атомов, ее движение – единственное, универсальное механическое перемещение. Галилей экспериментально подтвердил ряд гипотез древних философов об атомах. В своих трудах он поддержал гелиоцентрическую систему мироздания, за что жестоко пострадал от католической инквизиции.

Научная деятельность Галилея, его огромной важности открытия, научная смелость имели решающее значение для утверждения гелиоцентрической системы мира.

Научные открытия и наследие великого английского ученого Исаака Ньютона (1643-1727) относятся к трем основным областям: математике, механике и астрономии. Ньютон вошел в историю как подлинный корифей науки, его основные труды и сейчас не утратили своего значения, хотя время и вносит коррективы в некоторые их разделы. Первый ощутимый удар по учению Ньютона нанесла теория электромагнитного поля Дж. Максвелла (1831-1879), основателя классической электродинамики и статистической физики. Утверждение современной физики было подготовлено открытием рентгеновских лучей, радиоактивности элементов и их взаимных превращений, теорией относительности Эйнштейна, квантовой теорией и др. И все же это ни в коей мере не умаляет огромного значения для науки классических работ И. Ньютона.

# **Физика в XVIII и XIX вв.**

В XVIII и XIX вв. классическая физика вступила в период, когда многие ее положения стали подвергаться серьезному переосмыслению. В 1746 г. М. В. Ломоносов (1711-1765) писал: «Мы живем в такое время, в которое науки после своего возобновления в Европе возрастают и к совершенству приходят».

Михаил Ломоносов – первый русский профессор химии, автор первого русского курса физической химии. В области физики он оставил нам ряд важных работ по кинетической теории газов, теории теплоты, оптике и др. Рассматривая основу химических явлений» Ломоносов на базе атомно-молекулярных представлений развивал учение о «нечувствительных» (т. е. неощутимых) частицах материи – «корпускулах» (молекулах). Он полагал, что всем свойствам вещества можно дать исчерпывающее объяснение с помощью представления о различных чисто механических движениях корпускул, состоящих из атомов. Он утверждал, что химическая теория должна строиться на законах механики и математики.

В химических работах Ломоносова важную роль играет атомистика, она – краеугольный камень его научного мышления. Ломоносов дал свою формулировку принципа сохранения материи и движения: «...все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимается, столько присовокупится к другому... Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения, ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оныя у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает...»

Введение понятия «корпускулы» наряду с понятием «элемента» (атома) означало признание того, что определенная совокупность атомов создает новое единство, действующее как целое, некий новый качественный «узел». Это была перспективная идея, ибо только через естествознание человечество могло прийти к идее развития, образования сложных форм вещества из соединения простых.

Самый характер соединения Ломоносов мыслил не как простое сложение составных элементов. Он подчеркивал, что природа новых образований зависит не только от того, какие элементы входят в эти образования (корпускулы), но и от того, каков характер связи между элементами. Ломоносов, приняв гипотезу о вращательном движении молекул-корпускул, вывел ряд следствий:

1. Частицы-корпускулы имеют шарообразную форму.
2. При более быстром вращении частиц теплота увеличивается, а при более медленном – уменьшается.
3. Горячее тело должно охлаждаться при соприкосновении с холодным и, наоборот, холодные тела должны нагреваться вследствие ускорения движения при соприкосновении.

Ломоносов критиковал теорию теплорода (или флогистона – не имеющей массы невесомой жидкости), которую он считал возвратом к представлениям древних об элементарном огне.

По мысли Ломоносова, упругость газов (воздуха) является свойством коллектива атомов. Сами атомы «должны быть телесными и иметь продолжение», форма их «весьма близка» к шарообразной.

Воззрения на теплоту как форму движения мельчайших «нечувствительных» частиц высказывались еще в XVI в. Бэконом, Декартом, Ньютоном, Гуком. Эту же идею разрабатывал и М. Ломоносов, однако он оставался почти в одиночестве, так как многие его современники были сторонниками концепции «теплорода». И только позднее Дэви и затем Юнг и Мор доказали, что теплота является формой движения и что следует рассматривать теплоту как колебательное движение частиц материи. Последующими работами Майера, Джоуля, Гельмгольца был установлен закон сохранения и превращения энергии.

Атомно-молекулярное учение о материи лежало в основе многих физических и химических исследований на всем протяжении истории науки. Со времени Бойля оно стало служить химии и было положено Ломоносовым в основу учения о химических превращениях.

Итальянский ученый Э. Торричелли (1608-1647) доказал существование атмосферного давления. Французский математик и физик Б. Паскаль (1623-1662) открыл закон: давление, производимое на поверхность жидкости внешними силами, передается жидкостью одинаково во всех направлениях.

Вместе с Г. Галилеем и С. Стевиным Блез Паскаль считается основоположником классической гидростатики. Он указал на общность основных законов равновесия жидкостей и газов. В 1703 г. немецкий ученый Г. Шталь (1659-1734) сформулировал теорию, точнее, гипотезу о природе горючести в веществах.

Английский ученый Р. Бойль (1627-1691) ввел в химию атомистику, это дало основание Ф. Энгельсу сказать о работах Бойля: «Бойль делает из химии науку». Голландец X. Гюйгенс (1629-1695) вошел в историю науки как создатель подтвержденного экспериментами первого научного труда по волновой оптике – «Трактата о свете»; он был первым физиком, исследовавшим поляризацию света.

Наука о тепле потребовала точных температурных измерений. Появились термометры с постоянными точками отсчета: Фаренгейта, Делиля, Ломоносова, Реомюра, Цельсия.

А. Лавуазье (1743-1794) разработал в 1780 г. кислородную теорию, выявил сложный состав воздуха. Объяснил горение, тем самым доказав несостоятельность теории флогистона, который и М. В. Ломоносов исключал из числа химических элементов.

Работавший в Петербургской академии наук Л. Эйлер (1707-1783) установил закон сохранения момента количества движения, развил волновую теорию света, определил уравнения вращательного движения твердого тела.

Американский ученый Б. Франклин (1706-1790) разработал теорию положительного и отрицательного электричества, доказал электрическую природу молнии.

Английский физик Г. Кавендиш (1731-1810) и независимо от него французский физик Ш. Кулон (1736-1806) открыли закон электрических взаимодействий.

Итальянский ученый А. Вольта (1745-1827) сконструировал первый источник постоянного тока («вольтов столб») и установил связь между количеством электричества, емкостью и напряжением. Одним из первых трудов, посвященных описанию нового источника постоянного тока, была выпущенная в 1803 г. книга русского ученого В. Петрова «Сообщение о гальвано-вольтовых опытах».

Начало практическим исследованиям электромагнетизма положили работы датчанина X. Эрстеда, француза А. Ампера, русских ученых Д. М. Велланского и Э. Ленца, англичанина М. Фарадея, немецкого физика Г. Ома и др.

Крупнейший немецкий ученый Г. Гельмгольц (1821-1894) распространил закон сохранения энергии с механических и тепловых процессов на явления электрические, магнитные и оптические. Им был установлен ряд законов, касающихся газов, заложены основы кинетической теории газов, термодинамики, открыты инфракрасные и ультрафиолетовые лучи.

М. Фарадей (1791-1867) - английский физик, химик и физико-химик, основоположник учения об электромагнитном поле, электромагнитной индукции – открыл количественные законы электролиза.

В 1803 г. английский физик и химик Дж. Дальтон (1766-1844) опубликовал основополагающие работы по химической атомистике, вывел закон кратных отношений. Дальтон ввел в науку, в частности в химию, понятие атомного веса (атомной массы), приняв за единицу вес водорода. По Дальтону, атом - мельчайшая частица химического элемента, отличающаяся от атомов других элементов своей массой. Он открыл явление диффузии газов (кстати, явление, которым примерно через сто лет воспользовались для получения высокообогащенного урана при создании ядерных бомб).

В XVII–XIX вв. атомы считались абсолютно неделимыми и неизменными частицами материи. Атомистика в значительной мере носила все еще абстрактный характер. В XIX в. большой вклад в разработку научной базы атомистики внесли такие ученые, как Максвелл, Клаузиус, Больцман, Гиббс и др.

В недрах химической науки родилась гипотеза о строении всех атомов из атомов водорода. Именно химико-физики ближе всех подошли к пониманию физического смысла идей атомистики. Они постепенно приближались к выяснению природы атомизма, а последующие поколения ученых – к пониманию действительного строения атома и его ядра.

Предыстория познания атомного ядра начинается в 1869 г. с гениального открытия Д. И. Менделеевым периодического закона химических элементов. Д. И. Менделеев (1834-1907) был первым, кто попытался классифицировать все элементы, и именно ему мы обязаны нынешним видом Периодической системы. Пытаясь охватить все элементы, он вынужден был заключить, что некоторые места Периодической системы элементов (теперь носящей его имя) не заполнены. Исходя из положения в таблице и свойств химических элементов, соседствующих с ними в периодах и группах, он предсказал химические свойства трех отсутствовавших тогда элементов. Примерно через 10 лет эти элементы (галлий, скандий и германий) были открыты и заняли свои места в таблице Менделеева.

Периодический закон стал как бы последней инстанцией, выносящей окончательный приговор соотношению между химическим эквивалентом и атомной массой. Так, первоначально бериллий считался трехвалентным с атомной массой 13,5, а индий – двухвалентным с атомной массой 75,2, а благодаря их положению в таблице были проведены тщательные проверки и уточненные атомные массы стали равными 9 и 112,8 соответственно. Урану сначала приписывали атомную массу, равную 60, затем исправили на 120, однако периодический закон показал, что значение атомной массы урана 240.

Периодическая система элементов стала в конце прошлого века памятником упорству, труду и аккуратности в экспериментальной работе. В Периодической системе Менделеева нашли отражение сложность структуры атома и значимость ранее неизвестных основных характеристик атомного ядра – его массового числа А и порядкового номера 2. В течение всей последующей истории ядерной физики периодический закон Менделеева, обогащенный новыми открытиями, служил путеводной нитью исследований. Именно с конца XIX в. подход к изучению атома стал действительно научным, имеющим экспериментальную основу.

Никто из естествоиспытателей той эпохи не проник так глубоко в понимание взаимосвязи между атомами и молекулами, как Д. И. Менделеев. В 1894 г., когда еще не была ясна модель не только атома, но и молекулы, Менделеев выдвинул гипотезу о строении атома и молекулы. Положив в основу признание существования атомов и молекул, связи между материей и движением, он высказал мысль, что атомы можно представить себе как бесконечно малую Солнечную систему, находящуюся в непрерывном движении. Неизменность атомов, подчеркивал Менделеев, не дает исследователю никакого основания считать их «неподвижными» и «недеятельными в их внутренней сущности», атомы подвижны.

Менделеев показал, что развитие науки невозможно, если отказаться от признания объективной реальности атомов. Он подчеркивал глубокую внутреннюю связь между атомистическими воззрениями древних (Демокрита) и материалистической философией. Развитие классического учения Демокрита составило, по Менделееву, основу материализма.

Спустя почти 30 лет после появления Периодической системы Менделеева начала свое победное шествие новая наука – ядерная физика. А примерно 60 лет спустя американские ученые Г. Сиборг и другие, синтезировавшие в 1955 г. элемент 101, дали ему название «менделевий», как они выразились «...в знак признания приоритета великого русского химика Дмитрия Менделеева, который первым использовал Периодическую систему элементов для предсказания химических свойств тогда еще не открытых элементов. Этот принцип явился ключевым при открытии почти всех трансурановых элементов».

В 1964 г. имя Д. И. Менделеева занесено на Доску почета науки Бриджпортского университета (штат Коннектикут, США) в числе имен величайших ученых мира.

Д. И. Менделеев при жизни был известен во многих странах, получил свыше 150 дипломов и почетных званий от русских и зарубежных академий, ученых обществ и учебных заведений.

# **Атомистика конца XIX – начала XX в.**

Гениальные догадки древних ученых о том. что все вещества состоят из атомов, к концу XIX в. полностью подтвердились. К тому времени также было установлено, что атом как единица любого вещества неделим (само слово «атом» по-гречески означает «неделимый»).

С открытия А. Беккерелем в 1896 г. явления радиоактивности берет свое начало новый раздел физики – ядерная физика. С этого момента, собственно, и начинается непосредственно история исследования атомной энергии.

Немецкий физик В. Рентген (1845-1923) открыл в 1895 г. излучение, названное им Х-лучами (впоследствии они получили название рентгеновских лучей, или рентгеновского излучения). Он создал первые рентгеновские трубки и сделал анализ некоторых свойств открытого им излучения. Это открытие и последующие исследования сыграли важную роль в изучении строения атома, структуры вещества.

Рентгеновское излучение нашло широкое применение в медицине, технике, в различных областях науки.

24 февраля 1896 г. французский физик А. Беккерель (1852-1908) на заседании Парижской Академии наук докладывал: «Фотографическую пластинку Люмьера обертывают двумя листами очень плотной черной бумаги... На верхний лист бумаги кладут какое-либо люминесцирующее вещество (бисульфат урана и калия), а затем все это выставляется на несколько часов на солнце. При проявлении фотопластинки на черном фоне появляется силуэт люминесцирующего вещества». Позднее А. Беккерель убедился в том, что нет необходимости выставлять фотопластинку на солнце, и более того, если урановое соединение в течение многих месяцев находится в темноте, то процесс проявления все равно происходит. При этом у физиков возник вопрос, откуда же черпается энергия, хотя и очень небольшая, но непрерывно выделяющаяся из урановых соединений в виде ионизирующего излучения?

Открытие радиоактивности урана Беккерелем невозможно переоценить, хотя важность этого открытия поняли не сразу. В тот период физики были полностью поглощены работами по изучению свойств рентгеновского излучения, и потому высказывались предположения, что явление радиоактивности сродни рентгеновскому излучению. Но рентгеновское излучение возникает при электрическом разряде, происходящем в сильно разреженном газе, независимо от природы газа, независимо от вещества, из которого сделаны электроды. Радиоактивность же солей урана, обнаруженная Беккерелем, не требует электрического напряжения - ни большого, ни малого. Не нужен и разреженный газ. Рентгеновское излучение возникает только в присутствии электрического разряда, излучение, открытое Беккерелем, – всегда, непрерывно, и его излучает только уран.

Но только ли уран? Этот вопрос и был поставлен Марией Склодовской-Кюри. Таким образом, был открыт новый этап исследований, который провели супруги Кюри.

Мария Кюри воспользовалась наблюдением Беккереля, что под влиянием излучения, испускаемого ураном, воздух становится проводником электричества. Это упростило поиск веществ, которые испускают так называемые беккерелевы лучи. М. Кюри натолкнулась на удивительный факт: урановая смолка – руда, из которой добывают металлический уран, испускает беккерелевы лучи с гораздо большей интенсивностью, чем чистый уран. В результате супруги Кюри открыли два новых радиоактивных вещества, которые они назвали полонием и радием.

Всем веществам, которые способны излучать лучи Беккереля, Мария Кюри дала общее название – радиоактивные (что означает *способные испускать лучи).*

С помощью метода сцинтилляций, камеры Вильсона, ионизационной камеры и другой аппаратуры Марии и Пьеру Кюри, Резерфорду, Содди, Вилларду и другим ученым либо независимо, либо совместно удалось обнаружить и изучить три типа лучей Беккереля, испускаемых ураном. Каждый из них получил свое название: *альфа, бета, гамма.* Альфа-лучами назвали те лучи, которые магнитным полем отклоняются слабо и представляют собой поток положительно заряженных частиц. Бета-лучами назвали лучи, которые магнитным полем отклоняются сравнительно сильно и представляют собой поток электронов, т. е. отрицательно заряженных частиц. Гамма-лучами назвали лучи, которые магнитным полем не отклоняются вовсе.

Успехи физики XIX в. позволили существенно продвинуться в создании целостной системы, объединяющей механику Ньютона и электродинамику Максвелла и Лоренца. Теория электромагнитного поля, созданная Максвеллом, вошла в историю науки наряду с такими фундаментальными обобщениями, как ньютонова механика, квантовая механика. Процесс коренного преобразования физики подготавливался научными открытиями конца XIX в., сделанными В. Рентгеном (рентгеновские лучи, 1895 г.), А. Беккерелем (естественная радиоактивность урана, 1896 г.), Дж. Томсоном (открытие электрона, 1897 г., первая модель строения атома), М. Склодовской-Кюри (радиоактивные элементы – полоний и радий, 1898 г.), М. Планком (теория квантов, 1900 г.) и др. Выполненные к началу XX в. работы химиков и физиков, теоретиков и экспериментаторов, вплотную приблизили науку об атоме к проблеме высвобождения ядерной энергии атома.

# **Атомистика первой половины XX в.**

Исследования по радиоактивнос­ти стали проводиться в России поч­ти сразу после открытия Беккереля. Ученые И. И. Боргман (1900 г.) и А. П. Афанасьев исследовали свойст­ва радиоактивного излучения, в част­ности лечебные свойства целебных грязей. В. К. Лебединский (1902 г.) и И. А. Леонтьев (1903 г.) изучали влия­ние радиоактивности на искровые разряды и определили одними из пер­вых природу гамма-лучей. Н. А. Ор­лов исследовал действие радия на ме­таллы, парафин, легкоплавкие орга­нические вещества. Кроме Петербург­ского университета такого рода рабо­ты велись в Медицинской академии, в университетах Новороссийска, Харькова и других городов. Важные результаты в этой области были по­лучены В. А. Бородовским, Г. Н. Антоновым, Л. С. Коловрат-Червинским.

В. А. Бородовский, закончив фи­зико-математический факультет Юрьевского университета в 1902 г., работал с 1908 г. в Англии в лабора­тории Кенсингтона, а затем в лабо­ратории Кавендиша (Кембридж). Им написана работа «Поглощение бета-лучей радия», он одним из первых установил наличие радия в ферганс­кой радиоактивной руде. Именно из нее в 1921 г. В. Г. Хлопин получил отечественный препарат радия.

Г. Н. Антонов работал несколь­ко лет в лаборатории Резерфорда. В 1911 г. он открыл уран V. Среди ученых были сомнения. Тогда Резерфорд по рекомендации Содой пере­дал Антонову 60 г ураннитрата, с по­мощью которого в России Антонов доказал свою правоту. «Уран превра­щается одновременно в два продук­та, - докладывал Антонов на заседа­нии Российского физико-химичес­кого общества (РФХО), – в уран Х и в меньшем количестве в уран V».

Результаты работ Л. С. Коловрат-Червинского по радиоактивности имели большое научное значение. С 1906 г. он в течение пяти лет работал в лаборатории М. Кюри, провел эк­сперименты по исследованию бета-лучей и составил «Таблицы констант радиоактивных веществ». Его рабо­ты нашли отражение в монографии Марии Кюри и в книге Резерфорда «Радиоактивные вещества и их излу­чение». Коловрат-Червинским было написано около 250 научных трудов. Он был одним из первых крупных ученых дореволюционной России, который после Октябрьской револю­ции развернул в нашей стране рабо­ты по радиологии. Смерть в 1921 г. в возрасте 49 лет прервала его работу в Государственном рентгенологичес­ком и радиологическом институте.

В 1910 г. в Одессе была создана радиологическая лаборатория, в Том­ске спустя некоторое время была ор­ганизована аналогичная лаборатория.

После 1917 г. был создан Ра­диевый институт под руководством В. И. Вернадского, заместителем ко­торого стал В. Г. Хлопин. В послере­волюционные годы было создано радиевое производство на базе оте­чественных месторождений.

Без участия в этих работах русских ученых-радиологов всех направлений не было бы базы для создания оте­чественной радиевой промышленнос­ти и развития советской радиологии, а в будущем советской атомной на­уки и промышленности.

История высвобождения и исполь­зования внутриядерной энергии ато­ма не могла идти самостоятельным, каким-то отдельным путем, это ис­тория развития многих наук, прежде всего физики и химии.

В открытии и высвобождении внутриядерной энергии атома при­няли участие ученые многих стран мира, разных национальностей и раз­нообразных профессий. Этот невиданный ранее источник энергии, скрывающийся в недрах атома, при­надлежит всему человечеству.

В 1900 г. немецкий физик-теоре­тик М. Планк (1858-1947) ввел но­вую универсальную постоянную, на­званную им элементарным квантом действия. Введя понятие кванта энер­гии, он сформулировал квантовую гипотезу, положив тем самым начало квантовой теории, или, коротко, атомизации действия. В первые годы эта теория не имела «шумного успеха», пока ее не применил А. Эйнштейн и не показал ее Незаменимость для понимания явлений, происходящих в микромире.

В 1910-1914 гг. А. Эйнштейн (1879-1955) создал общую теорию относительности, в которой сформу­лировал новый подход к проблеме пространства и времени. Принцип относительности Эйнштейна – за­кон такой же абсолютной силы и значения, как и закон сохранения энергии. Позже Эйнштейн был вынужден эмигрировать из Германии и отказаться от немецкого гражданства. Он уехал в 1932 г. из гитлеровской Гер­мании, стал эмигрантом, переселил­ся в США и приступил к работе в Принстоне в Институте высших ис­следований. Принимал участие в ан­тивоенном движении, выступал про­тив фашизма.

Но фашизм наступал. Гитлеровс­кая Германия в марте 1938 г. захвати­ла Австрию, в марте 1939 г. аннекси­ровала Чехословакию.

Великобритания и Франция шли на уступки территориальным притя­заниям гитлеровского правительст­ва, надеясь этим удовлетворить по­ползновения гитлеровской Германии и направить ее военную силу против СССР.

Общественность всех стран чув­ствовала, что мировая война стано­вится неизбежной. Ученые США, в частности, понимали, к каким тяже­лым последствиям она может привести, поскольку гитлеровская Гер­мания обладала очень сильным науч­ным и техническим потенциалом. Немецкие ученые вплотную подошли к возможности применения внут­риядерной энергии атомов урана в военных целях. Именно в Германии впервые было осуществлено деление ядер урана. Вот почему ученые – физики-эмигранты, и среди них Сцилард и Теллер, ­- убеждали Альберта Эйнштейна обратиться к президенту Соединенных Штатов Ф. Рузвельту с предложением развернуть в США работы по созданию ядерного ору­жия, ядерной бомбы, с тем чтобы опередить Германию.

После длительных размышлений и внутренней борьбы Эйнштейн пред­ложил начать работы по созданию ядерной бомбы, хотя по натуре своей он был убежденным пацифистом.

2 августа 1939 г. Альберт Эйнштейн направил письмо президенту США Франклину Делано Рузвельту.

Ф. Д. Рузвельту

Президенту Соединенных Штатов

Белый дом, Вашингтон

Сэр!

Некоторые недавние работы Фер­ми и Сциларда, прочитанные мной в рукописи, заставляют меня ожидать, что уран может быть в ближайшем будущем превращен в новый и важ­ный источник энергии. Некоторые аспекты возникшей ситуации, по-видимому, требуют бдительности и, при необходимости, быстрых дейст­вий со стороны правительства. Я счи­таю своим долгом обратить Ваше внимание на следующие факты и рекомендации.

В течение последних четырех ме­сяцев благодаря работам Жолио во Франции, а также Ферми и Сциларда в Америке стало реальным получе­ние ядерной реакции при больших количествах урана, вследствие чего можно освободить значительную энергию и получить большие коли­чества радиоактивных элементов. Можно считать почти достоверным, что это будет достигнуто в ближай­шем будущем. В свою очередь это может способствовать созданию бомб, возможно, исключительно мощных бомб нового типа. Одна бом­ба этого типа, доставленная на ко­рабле и взорванная в порту, пол­ностью разрушит весь порт с приле­гающей к нему территорией. Такие бомбы могут оказаться слишком тя­желыми для воздушной перевозки.

Соединенные Штаты обладают малым количеством урана. Ценные месторождения его находятся в Ка­наде и Чехословакии. Серьезные ис­точники – в Бельгийском Конго. Ввиду этого было бы желательным установление постоянного контакта между правительством и группой физиков, исследующих в Америке проблемы цепной реакции.

Для такого контакта Вы могли бы уполномочить лицо, пользую­щееся Вашим доверием, неофици­ально выполнять следующие обя­занности:

а) поддерживать связь с прави­тельственными учреждениями, информировать их об исследованиях и давать им необходимые рекомен­дации, в особенности в части обес­печения Соединенных Штатов ура­ном;

б) содействовать ускорению эк­спериментальных работ, ведущихся сейчас за счет внутренних средств университетских лабораторий, путем привлечения частных лиц и промыш­ленных лабораторий, обладающих нужным оборудованием.

Мне известно, что Германия в настоящее время прекратила прода­жу урана из захваченных чехословац­ких рудников.

Необходимость таких шагов, быть может, станет понятна, если учесть, что сын заместителя германского министра иностранных дел фон Вайцзеккер прикомандирован к Фи­зическому институту Общества кай­зера Вильгельма в Берлине, где в настоящее время повторяются аме­риканские работы по урану.

Искренне Ваш Альберт Эйнштейн

Олд Гров Ред, Нассау-Пойнт-Пеконик, Лонг Айленд

2 августа 1939 г.

В интервью японской газете в 1951 г. А. Эйнштейн так объяснил свою роль в создании ядерной бом­бы:

«Мое участие в создании ядерной бомбы состояло в одном-единственном поступке, я подписал письмо президенту Рузвельту, в котором под­черкивал необходимость проведения в крупных масштабах экспериментов по изучению возможности создания ядерной бомбы. Я полностью отда­вал себе отчет в том, какую опасность для человечества означает успех это­го мероприятия. Однако вероятность того, что над той же самой пробле­мой с надеждой на успех могла рабо­тать и нацистская Германия, заста­вила меня решиться на этот шаг. Я не имел другого выбора, хотя я всегда был убежденным пацифис­том...»

Письмо А. Эйнштейна не сразу привело к действиям администрации США.

Рузвельт распорядился о созда­нии Консультативного комитета по урану в тот же день, когда ответил на письмо Эйнштейна, но решение о развертывании крупномасштабной программы создания ядерного ору­жия было принято только в октябре 1941 г., после получения сведений о работе англичан в этом направле­нии.

Нападение японских военно-воз­душных сил на Пирл-Харбор 8 де­кабря 1941 г. привело к тому, что США объявили войну Японии, Гер­мании и Италии. После вступления США в войну программа создания ядерной бомбы перешла из стадии научных исследований в стадию прак­тических разработок.

В середине 1942 г. администрация США поняла, что «...несколько ки­лограммов урана-235 или плутония-239 представляют собой взрывчатку, эквивалентную по своей мощи не­скольким тысячам тонн обычных взрывчатых веществ» (из доклада В. Буша 17 июня 1942 г. президенту США Ф. Д. Рузвельту).

В результате указаний президента США 13 августа 1942 г. был создан специальный округ инженерных войск под названием Манхэттенский в Лос-Аламосе, штат Нью-Мексико, в пус­тыне, недалеко от Санта-Фэ. Руково­дителем Манхэттенского проекта был назначен бригадный генерал инже­нерных войск Л. Гровс, а научным руководителем – физик-теоретик Юлиус Роберт Оппенгеймер.

С этого времени началась работа огромного масштаба, поглотившая колоссальные средства, материаль­ные ресурсы, человеческие усилия и приведшая к созданию ядерной бом­бы невиданной мощи в июле 1945 г.

Но вернемся к истокам освоения нового источника энергии.

В 1911 г. Э. Резерфорд (1871-1937) сделал в Манчестере доклад «Рассея­ние альфа- и бета-лучей и строение атома». X. Гейгер и Э. Марсден про­вели экспериментальную провер­ку идеи Резерфорда о строении ато­ма. Они подтвердили существование ядра атома как устойчивой его части, несущей в себе почти всю массу ато­ма и обладающей положительным зарядом.

В 1913 г. Н. Бор (1885-1962) опуб­ликовал серию статей «О строении атомов и молекул», открывших путь к атомной квантовой механике. При­мерно в это же время начались, как известно, первые трудности электро­магнитной концепции микромира. Уже квантовая механика несла в себе совершенно новые взгляды на мик­ропроцессы. Так, в основу многих уравнений квантовой механики вхо­дило значение массы микрочастиц, а открытие спина (от английского spin – вращение), т. е. собственного мо­мента количества движения, у элек­трона С. Гаудсмитом и Дж. Уленбеком (1925 г.) и выдвижение принци­па запрета В. Паули (1925г.) противо­речили существовавшим представле­ниям в физике. Но наиболее важной оказалась гипотеза нейтрино, выдвинутая в 1931 г. Паули с целью объяс­нения кажущихся аномалий в энер­гетическом распределении электро­нов, вылетающих при бета-распаде. Нейтрино было четвертой элемен­тарной частицей (после электрона, фотона и протона), с которой столкнулась физика того времени.

В. Паули предположил, что при бета-распаде из ядра вылетает не одна частица – электрон (как предполага­лось ранее), а две – электрон и час­тица, названная Паули нейтрино.

На основе опытов Дж. Аллена, выполненных 10 лет спустя, в 1942 г. было установлено, что нейтрино име­ет массу покоя, значительно мень­шую (1/30) массы электрона, и полностью лишено электрического за­ряда и магнитного момента.

Если природа трех ранее откры­тых элементарных частиц (электро­на, фотона и протона) могла считать­ся электромагнитной, то в отноше­нии нейтрино сказать это было почти невозможно. Однако до 1932 г. элек­тромагнитная теория господствова­ла. Решающим шагом в признании новой физической идеи стало откры­тие Чедвиком (1932 г.) пятой частицы - нейтрона.

История открытия нейтрона до­статочно поучительна. Еще в 1920 г. Резерфорд выдвинул предположение о существовании нейтральной час­тицы. В 1930 г. В. Боте и Г. Бекер сообщили о проникающем излуче­нии, появляющемся при бомбарди­ровке альфа-частицами ядер легких элементов. Особенно значительный эффект получался при бомбардиров­ке бериллия. В качестве детектора излучения был использован счетчик Гейгера. Боте и Бекер предположи­ли, что наблюдаемое излучение пред­ставляет собой поток гамма-квантов высокой энергии.

Почти одновременно с этими не­мецкими учеными Ирен и Фреде­рик Жолио-Кюри повторили их опыты, используя источник поло­ния большой активности. Детек­тором служила ионизационная ка­мера. Используя разные экраны, они убедились в «сверхпроникающей» способности исследуемого излучения. Помещая на пути пото­ка частиц экраны из водородсодержащих веществ (парафина в том числе), они ожидали, что поток уменьшится, но он даже увели­чился. Ученые пришли к выводу, что столкнулись с каким-то новым явлением. Продолжая опыты, они убедились, что излучение Боте-Бекера способно выбивать ядра из ато­мов водорода, гелия и азота. Они установили, что выбитые частицы приобретали значительную энергию и что в пространство излучаются элек­троны высоких энергий. Жолио-Кюри опубликовали результаты сво­их опытов и выяснилось, что энер­гия излучения Боте-Бекера гораздо больше энергии гамма-излучения.

В феврале 1932 г. ученик Резерфорда Дж. Чедвик после ознакомле­ния с результатами опытов Жолио-Кюри измерил с помощью электрон­ного оборудования, пропорционального усилителя, отдельные импуль­сы, возникающие при прохождении ядер и электронов через счетчик, и разделил их. Оборудование, которым пользовался Чедвик, было более со­вершенным, и результаты его опытов показали, что первоначальное пред­положение Боте и Бекера, а также И. и Ф. Жолио-Кюри об электро­магнитной природе сверхпроникающего излучения неверно.

Чедвик установил, что это излуче­ние состоит из электрически ней­тральных частиц с массой, пример­но равной массе ядра протона. Это были нейтроны.

Открытие нейтрона является ре­зультатом работы ученых трех стран: Германии, Франции и Англии. Исто­рия открытия нейтрона лишний раз иллюстрирует, что путь к высотам науки изобилует сложностями и весь­ма тернист.

Открытие нейтрона указало на су­ществование в природе нового типа сил – ядерных. Значение этого откры­тия для развития ядерной физики необычайно велико, оно позволило пре­одолеть трудности, стоявшие на пути познания строения ядра атома. Нейт­рон – это «золотой ключик», открыв­ший двери в ядерную энергетику.

Открытие нейтрона стимулирова­ло появление фундаментальных направлений науки, таких как физика атомного ядра, физика элементар­ных частиц. Впоследствии самостоя­тельной областью физики стала ней­тронная физика.

При этом следует отметить, что открытие нейтрона не было случайным, на его существование указы­вало много сопутствующих фактов, и потому его обнаружение – зако­номерное следствие знаменитых опытов Резерфорда 1919 г. по ис­кусственному расщеплению ядер альфа-частиц, работ Боте и Бекера, И. и Ф. Жолио-Кюри. Но обнаружил нейтрон Дхеймс Чедвик. Свое от­крытие Чедвик опубликовал в статье «Возможное существование нейтро­на», которую он направил в печать 17 февраля 1932 г.

Этот день по праву считается днем открытия нейтрона.

О гениальном английском физике Эрнесте Резерфорде (1871-1937) говорилось уже не раз, но в связи с открытием нейтрона Дж. Чедвиком, его учеником и со­трудником Кавендишской лаборато­рии, следует сказать о нем и о его вкладе в физическую науку.

Э. Резерфорд заложил основы уче­ния о радиоактивности и строении атома. Он первым осуществил искусственное превращение элементов, установил, что корпуску­лярное излучение состоит из альфа- и бета-лучей.

В 1903 г. совместно с Ф. Содди Резерфорд объяснил радиоактивность как спонтанный распад атома вещес­тва, при котором он меняет свое место в периодической системе эле­ментов. Резерфорд доказал, что в центре атомов существует массивное положительно заряженное ядро, он же предложил планетарную модель атома, в центре которого находится положительно заряженное ядро, а вокруг него по орбитам движутся отрицательно заряженные электро­ны. (Здесь хочется на­помнить о гениальных догадках древ­негреческих философов, которые указывали, что атомы непрерывно движутся.) За 12 лет до открытия нейтрона Резерфорд высказал предположение о существовании нейтральной час­тицы - нейтрона, и в 1932 г. оно подтвердилось.

В Кавендишской лаборатории Резерфорда работали и стажирова­лись молодые ученые из разных стран и в том числе и русские уче­ные П. Л. Капица, К. И. Синельников, А. И. Лейпунский, Ю. Б. Харитон.

Итак, 1932 год стал годом великих открытий в ядерной физике. В этом году возникла физика нового типа, имеющая дело со строением атомов и исследующая неизвестные до того времени силы и взаимодействия частиц в ядре атома. Три открытия 1932 г. считаются особенно важными для дальнейшего развития атомной и ядерной физики:

1. открытие нейтрона;
2. обнаружение позитрона К. Андерсоном в космических лучах. Это была первая открытая учеными ан­тичастица;
3. открытие американским хими­ком Г. Юри вместе с Ф. Брикведце и Г. Мерфи дейтерия – тяжелого водо­рода, стабильного изотопа водорода с массовым числом 2. При создании первой американской бомбы Юри руководил производством тяжелой воды (с дейтерием) и участвовал в работах по разделению изотопов ура­на.

Хотя мы и называем 1932 год годом великих открытий, но роль этих замечательных открытий в раз­витии науки была определена го­раздо позднее. Тогда за ними лишь следовали события, которые слу­жили как бы продолжением этих открытий.

Первым наиболее выдающимся открытием, совершенным после того, как Чедвик доказал существование нейтрона, было открытие Ирен и Фредериком Жолио-Кюри в 1934 г. искусственной радиоактивности. В этом могли видеть некоторую закономерность. Ведь Жолио-Кюри сде­лали важный шаг к открытию ней­трона, и естественно, что они про­должали опыты по исследованию нейтрона. Для этого у них в лабора­тории било все приспособлено. Они имели источники альфа-излучения и опыт работы в молодой тогда области физики элементарных частиц. Их работы показали, что при облучении альфа-частицами легких элементов некоторые из них испускали наряду с нейтронами и позитроны.

И. и Ф. Жолио-Кюри предпол­ожили, что натолкнулись на какое-то совершенно новое явление, нигде ранее не упоминавшееся, а именно – позитронное излучение. В своих опы­тах они бомбардировали алюминий альфа-частицами большой скорости, а затем постепенно удаляли источ­ник альфа-частиц, но алюминиевый листок продолжал излучать положи­тельные электроны, т. е. позитроны, в течение достаточно продолжитель­ного времени. Так была открыта ис­кусственная радиоактивность (тер­мин родился в Париже, где почти за 40 лет до этого появился термин «радиоактивность»).

Искусственную радиоактивность открыли в 1933 г., а в 1935 г. Ф. Жо­лио-Кюри в своем Нобелевском до­кладе сказал: «Мы видим, что не­сколько сотен различного рода ато­мов, составляющих нашу планету, не являются раз и навсегда созданными и существуют не вечно. Мы воспри­нимаем это именно так потому, что некоторые существуют еще и сейчас. Другие же, менее устойчивые атомы уже исчезли. Из этих последних некоторые, вероятно, будут вновь получены в лабораториях. До настоя­щего времени удалось получить лишь элементы с небольшой продолжи­тельностью жизни - от доли секунды до нескольких месяцев. Чтобы полу­чить достойные упоминания количества элементов со значительно большой продолжительностью жиз­ни, необходимо располагать очень мощным источником излучений».

Ныне в США, России, Европе и других странах появились очень мощ­ные источники излучений в виде ус­корителей протонов и электронов на гигантские энергии.

Дж. Кокрофт (1897-1967), ан­глийский физик, в 1932 г. вместе с Э. Уолтоном создал высоковольтный генератор, работающий по принципу умножения напряжения. Ускоряя ионы до больших скоростей, они сумели в первой половине 1932 г. ускоренными протонами осуществить ядерную реакцию, облучая литиевую мишень, и расщепили ядра атомов лития. Здесь уместно добавить, что в Советском Союзе, в Харьковском физико-техническом институте, ученые-физики К. Д. Синельников, А. К. Вальтер, А. И. Лейпунский и Г. Д. Латышев повторили к ноябрю 1932 г. эксперимент на каскадном генераторе, созданном харьковчана­ми, и расщепили ядро лития. Это сообщение произвело на Западе фу­рор, так как никто не мог ожидать, что в далеком Харькове есть такие кадры физиков и возможности со­здать каскадный генератор в корот­кие сроки.

Вскоре после открытия нейтрона возникли гипотезы о строении ядра. В дискуссии включились физики-тео­ретики, и в их числе Д. Д. Иваненко. В 1932 г. он высказал гипотезу о про­тон-нейтронном составе ядер. Эта модель не сразу была принята, и, в частности, теоретик В. Гейзенберг провел большую работу, участвуя в дискуссиях по структуре атомного ядра: он развил идею обменного характера взаимодействий нуклонов в ядре.

Итальянский физик Э. Ферми (1901-1954), в 1938 г. эмигрировав­ший из фашистской Италии в США, внес большой вклад в развитие со­временной теоретической и экспериментальной физики. Он заложил основы нейтронной физики, впер­вые наблюдал искусственную радио­активность, вызванную бомбардиров­ками нейтронами ряда элементов, в том числе урана, создал теорию этого явления. Позднее, а именно в декаб­ре 1942 г., Ферми первому в мире удалось осуществить управляемую цепную реакцию в построенном им в США первом в мире ядерном реак­торе.

В 1934 г. Э. Ферми пытался с помощью бомбардировки нейтрона­ми элемента урана получить заурановые элементы, не существующие в природе. В результате бомбардиров­ки наблюдалось образование ряда радиоактивных веществ. Химичес­кие исследования показали, что эти вещества являлись изотопами из­вестных элементов периодической системы. Наблюдаемое им впервые в истории физики деление ядер урана не было правильно понято. Ферми предположил, что ядро урана, захватив нейтрон, становится бета-радиоактивным и после испускания бета-частицы превращается в ядро нового трансуранового элемента.

Эта работа Ферми и посвященные тем же проблемам работы его друга Э. Сегре привлекли широкое внима­ние ученых к возможности деления ядер урана. В конце 1934 г. извест­ный физико-химик Ида Ноддак вы­ступила в техническом журнале с общим тезисом о том, что с научной точки зрения недопустимо говорить о новых элементах, не установив, что при облучении урана нейтронами не возникают какие-либо известные химические элементы: «Допустимо, что при бомбардировке тяжелых ядер нейтронами эти ядра распадаются на несколько больших осколков, кото­рые являются изотопами известных элементов, хотя и не соседних с об­лученными».

«Читая сегодня эту фразу, мы ви­дим в ней ясное предсказание воз­можности деления ядер» (это выска­зывание принадлежит В. Герлаху, известному немецкому физику). Но в 1934 г. на эту мысль Иды Ноддак не обратили внимания, ее пророчество повисло в воздухе, и только после опубликования работ по делению ядер О. Ганом и Ф. Штрассманном в 1939 г. И. Ноддак попыталась при­своить себе честь открытия деления ядер урана. Но ученые с этим не согласились, так как Ган и Штрассманн осуществили деление ядер урана медленными нейтронами.

# **Атомистика в предвоенные годы.**

Этот период был полон ожиданий новых открытий в ядерной физике.

В начале нашего столетия очень немногие верили в решение «атом­ной проблемы». В первые годы XX в. в университетских учебниках физи­ки было написано «атомная гипоте­за», даже не теория. Более того, лю­дей, веривших в нее, высмеивали, их исследования не поддерживали. Слишком уж многое было неясно. И только ученые – физики и химики, дерзкая мысль которых проникла в строение атома, понимали, какие глубины и тайны таит в себе природа микромира.

Виднейшие ученые-физики, очень многое сделавшие для проникнове­ния внутрь атома и его ядра, хорошо осознавали, какая бездна трудностей ждет их на пути овладения тайнами строения ядра. В 1933 г. в своем письме Британской ассоциации Э. Резерфорд заявил: «...эти превращения атомов представляют исключитель­ный интерес для ученых, но мы не сможем управлять ядерной энергией в такой степени, чтобы это имело какую-нибудь коммерческую цен­ность. И я считаю, что вряд ли мы когда-нибудь будем способны это сде­лать. Наш интерес к этой проблеме – чисто научный».

Резерфорд интуитивно понимал, каких огромных усилий, в том числе и материальных, может потребовать управление ядерной энергией. Ему было ясно, что только военные на­добности могут заставить государст­во освоить ядерную энергию, а это­го, хотелось бы верить, опасался ве­ликий ученый. Последние фразы есть, конечно, домысел авторов. К сожалению, на алтарь войны часто приносились в жертву гениальные научные открытия, величайшие на­учные достижения.

В 1938 г. И. Кюри вместе с П. Савичем установила, что при по­падании нейтронов в ядро урана пос­леднее разделяется и получается элемент, обладающий свойствами лантана, а не трансуранового эле­мента, как предполагал в 1934г. Э. Ферми, бомбардируя уран. По существу Ферми и И. Кюри были в своих опытах очень близки к откры­тию деления ядер урана, к сенсации в физике, к установлению факта, что существуют ядерные реакции, при которых ядро «раскалывается» на два приблизительно равных по массе ос­колка. Кстати, А. фон Гроссе пытал­ся доказать, что в опыте Ферми из урана образуется изотоп предшес­твующего атома – протактиния. Од­нако Э. Ферми образование протак­тиния решительно отвергал и был прав.

Физики-ядерщики, теоретики и экспериментаторы, в 1937-1938 гг. были в некоем ажиотаже, в состоя­нии ожидания скорой сенсации в ядерной физике. Кстати, в эти годы и в жизни народов происходили круп­ные события. Гитлеровская Германия набирала силу. В марте 1938 г. Германия захватила всю Австрию. На Мюнхенской конференции в сен­тябре 1938 г. главами Великобри­тании (Н. Чемберлен), Франции (Э. Даладье), Италии (Б. Муссолини) и Германии (А. Гитлер) было подпи­сано соглашение о передаче Герма­нии Судетской области Чехослова­кии (со всеми сооружениями, укреп­лениями, фабриками, заводами, за­пасами сырья, путями сообщения и пр.). Это соглашение можно рас­сматривать как «умиротворение» Гер­мании за счет стран Центральной и Юго-Восточной Европы.

Многое ученые, подвергшись го­нениям со стороны гитлеровского режима, были вынуждены эмигриро­вать из Германии и искать убежища во Франции, Англии, США и других странах. Это были годы настойчивых попыток овладеть ядерной энергией; сознавая перспективность этого но­вого источника энергии, ученые упор­но продвигались к цели. И успех был достигнут в конце декабря 1938 г.

На какой-то стадии в дискуссии по опытам Э. Ферми и И. Жолио-Кюри включились О. Ган, Л. Мейтнер и Ф. Штрассманн из Германии. У них был большой опыт в области радиохимии, и поэтому они посчита­ли необходимым разобраться в таком важном и сложном вопросе, как со­здание новых химических элемен­тов. Новые элементы Ферми напом­нили им об уране-2, открытом О. Гамом в 1923 г. и оказавшемся изотопом протактиния. Это исклю­чало протактиниевую гипотезу Гроссе.

Началась погоня за трансурано­выми элементами, которые, как было доказано впоследствии, не могли ими оказаться.

С большим трудом и постепенно Ган, Мейтнер и Штрассманн уточ­няли и расширяли представления о последствиях облучения урана и то­рия нейтронами. (В Германии, в Далемском институте, источники ней­тронов обладали слабой интенсив­ностью, и потому, следя за ходом опытов, Ган, Мейтнер и Штрассманн тратили много времени, сменяя друг друга каждые восемь часов.) Работа И. Кюри и Савича в Париже подтвердила, что при воздействии мед­ленных нейтронов на уран возникает не протактиний, а элемент, напоми­нающий лантан, т. е. элемент с по­рядковым номером, гораздо мень­шим номера урана. Но это утвержде­ние не было ими распространено в среде физиков.

Работы И. Кюри и Савича послу­жили поводом для Гана и Штрассманна (Л. Мейтнер вынуждена была покинуть Берлин в июле 1938 г.) еще раз исследовать химическую природу бета-излучателей» возникающих в уран-нейтронных реакциях. Они вы­явили, что в осадок выпал и барий. Развитие этих событий запечатлено в обширной переписке между тремя главными участниками – О. Ганом, Л. Мейтнер и О. Фришем (племянником Мейтнер). Эти частные пись­ма запечатлели историю открытия деления ядер урана медленными нейтронами. Вот одно из писем Гана в Стокгольм, Л. Мейтнер: «Вечер, понедельник, 19 декабря 1938г. Весь день я и неутомимый Штрассманн при поддержке ассистенток Либер и Боне работали с продуктами урана. Сейчас 11 часов вечера, в 12.00 вер­нется Штрассманн, и я смогу пойти домой...» После рассказа о ходе экс­перимента он пишет: «Через пару дней я вновь напишу тебе о результа­тах. Сердечный привет твоему Отто». Л. Мейтнер ответила 21 декабря: «Ваши результаты ошеломляют. Про­цесс, идущий на медленных нейтро­нах и приводящий к барию...»

21 декабря О. Ган пишет Л. Мей­тнер: «Активированный барий не превращается в излучающий лан­тан...»

22 декабря 1938 г. в редакцию журнала «Naturwissenschaft» поступи­ла работа О. Гана и Ф. Штрассманиа «О доказательстве существования и свойствах щелочноземельных метал­лов, возникающих при облучении урана нейтронами». В статье было написано об образовании ядер ба­рия.

Несколько позже Л. Мейтнер и О. Фриш показали, что ядра урана-235 делятся под действием медлен­ных нейтронов на два осколка. Они ввели термин «деление ядер».

Деление тяжелого ядра (урана) сопровождается выделением энергии осколков порядка 200 МэВ. В после­дующем было установлено, что при бомбардировке урана медленными нейтронами число нейтронов на один акт деления составляет 2,5. Для более тяжелых элементов число нейтронов несколько увеличивается, именно это обстоятельство позволяет осущест­влять цепную ядерную реакцию.

28 января 1939 г. в «Naturwissenschaft» была направлена вторая, бо­лее обстоятельная статья О. Гана и Ф. Штрассманна «Доказательство возникновения активных изотопов бария из урана и тория при облуче­нии их нейтронами». Сразу же после-публикации в январе 1939 г. статьи Гана и Штрассманна о делении ура­на в ряде лабораторий опыты с рас­щеплением ядер были повторены и дали подтверждение результатов ра­бот О. Гана и Ф. Штрассманна.

В Принстоне (США) Н. Бор и А. Уилер приступили к разработке теории деления ядра (как капли). В их статье была ссылка на работы Я. И. Френкеля (из ЛФТИ), который независимо от Бора и Уилера пос­троил теорию деления. Капельной моделью ядра занимался и извест­ный ленинградский физик-теоретик (эмигрировавший из СССР) Г. Гамов.

Ныне, когда прошло уже много лет с того времени, как был открыт процесс деления ядер атомов, можно с уверенностью сказать, что это было одно из тех редких открытий, кото­рое оказало значительное влияние на жизнь всего человечества. Качественно процесс деления был объяснен учеными сразу трех стран: Бором (Дания), Уилером (США) и Френкелем (СССР). Деление ядер происходит при определенном соот­ношении кудоновских сил отталки­вания, которые стремятся разорвать тяжелое ядро (урана), и сил поверх­ностного натяжения, которые это­му препятствуют. Основной величи­ной в этой модели являлся так назы­ваемый порог деления, который, как предполагалось, определялся только этими противоборствующими сила­ми.

В советских научных центрах, и прежде всего связанных с ядерной физикой, интерес к радиохимичес­ким исследованиям ядра атома вспых­нул с новой силой после сообщений об открытии деления ядер урана в Германии в начале 1939 г. Уже первая информация о теории процесса поз­воляла сделать фантастические вы­воды: новая форма ядерной реакции высвобождает огромное количество энергии.

Внеочередное заседание так на­зываемого «ядерного семинара», регулярно проводимого в ЛФТИ И. В. Курчатовым, привлекло внима­ние не только сотрудников Физтеха, но и ученых из других организаций, в том числе из Института химичес­кой физики: Н. Н. Семенова, Ю. Б. Харитона, Я. Б. Зельдовича и др.

На семинаре было высказано пред­положение, что при бомбардиров­ке урана нейтронами возникают не только крупные осколки, но и сво­бодные нейтроны. Ю. Б. Харитон и Я. Б. Зельдович развили мысль, что свободные нейтроны могут быть захвачены соседними урановыми ядрами и реакция станет нарастать лавиной, т.е. по принципу цеп­ной реакции, а это взрыв! В том же 1939 г. Ю. Б. Харитон и Я. Б. Зельдович показали возможность осу­ществления цепной реакции деле­ния ядер урана-235.

Впечатляющие исследования, свя­занные с проблемой атома, проводи­лись в РИАН. РИАН ставил задачей изучение явлений природной и ис­кусственной радиоактивности. Запу­щенный в те далекие годы первый в СССР и Европе циклотрон на энергию 4 МэВ позволил получить ре­зультаты по взаимодействию ней­тронов почти со всеми элементами периодической системы. С помощью циклотрона были сформированы нейтронные пучки высокой интен­сивности. Среди продуктов деления В. Хлопиным, М. Пасвик и Н. Во­лковым весной 1939 г. были обна­ружены радиоактивные изотопы брома, теллура и сурьмы.

И. В. Курчатов, работая над про­блемой ядра атома, отлично созна­вал, что сооружаемый в РИАН цик­лотрон является идеальной установ­кой для получения интенсивных по­токов нейтронов. Вложив много тру­да и изобретательности, Курчатов ускорил ввод этой установки и вмес­те с Мысовским, создателем циклот­рона, получил много интересных результатов. Но И. В. Курчатов хоро­шо понимал, что нужен циклотрон на еще большие энергии, и получил согласие на сооружение к 1 января 1942 г. циклотрона на 12 МэВ в специально построенном для него новом здании ЛФТИ. Однако его запуску помешала война, и он был введен в эксплуатацию уже после войны, в 1949 г.

В ЛФТИ были получены сообще­ния, что сотрудник Калифорнийско­го университета У. Либби пытался наблюдать вылет вторичных ней­тронов в процессе спонтанного деления ядер урана, но потерпел неуда­чу. Чувствительность его метода была такой, что он мог бы обнару­жить спонтанное деление, если бы период полураспада не превосходил 1014 лет. Поручив решить эту задачу своим ученикам Г. Н. Флерову и К. А. Петржаку, Курчатов возглавил работу в целом. После длительных и упорных исследований он понял, что надо избавиться от окружающего фона путем защиты эксперименталь­ной установки, камеры, толстым сло­ем вещества. Самое простое, что при­шло ему в голову, – это погрузиться с аппаратурой на подводной лодке в глубины моря. Но оказалось, что вблизи Ленинграда Балтийское море мелкое – 20-30 м. Такого слоя во­ды было явно недостаточно для эф­фективной защиты от проникающе­го космического излучения. Тогда Курчатов договорился с руководст­вом Московского метрополитена о том, чтобы ему разрешили провести этот эксперимент на одной из глубокозаложенных шахт станции мет­ро. Получив согласие, Курчатов от­командировал своих сотрудников Г. Н. Флерова и К. А. Петржака в Москву.

Аппаратуру они разместили на станции метро «Динамо». По ночам, когда движение поездов метро пре­кращалось, на глубине 60 м Флеров и Петржак проводили свои измерения. Эффект получился постоянный, без помех. Через месяц работы Курчатов пришел к заключению, что вся сово­купность экспериментальных данных служит бесспорным доказательством существования нового вида радиоактивности – спонтанного, самопро­извольного деления урана. Курчатов потребовал, чтобы Флеров и Петржак подготовили сообщение об этом открытии для опубликования в печа­ти. Короткое сообщение А. Ф. Иоф­фе направил по трансатлантическо­му кабелю – каблограммой – в аме­риканский журнал «Physical Review», и в июне 1940 г. она была опублико­вана.

По мнению Флерова и Петржака, под этим сообщением должна была стоять также и подпись Курчатова, но он отказался его подписывать, так как, по его выражению, не хотел «затенять» своих учеников.

Дни и месяцы предвоенного 1940 г. неуклонно вели ученых к высвобождению внутриядерной энергии, скрытой в недрах атомов. Приближе­ние этого волнующего события чув­ствовал каждый, кто стремился уско­рить его осуществление.

В печати, не только научной, все чаще появлялись сообщения о ско­ром появлении нового, невиданного никогда ранее источника энергии. 26 июня 1940 г. в газете «Известия» сообщалось в одной из статей: «В последнее время советскими и зарубежными физиками установлено, что деление ядер урана происходит толь­ко под действием медленных нейтро­нов. Это дает возможность регулиро­вать процесс деления атомов урана и тем самым использовать огромное количество внутриатомной энергии.

По приблизительным подсчетам одна весовая единица урана может дать в два с лишним миллиона раз больше энергии, чем такое же коли­чество угля. Уран, таким образом, становится драгоценным источником энергии...» А через полгода, 31 декабря 1940г., в той же газете «Известия» в статье «Уран-235» говорилось о новом ис­точнике энергии, в миллионы раз превосходящем все до того сущест­вовавшие. В этой статье рассказыва­лось: «При бомбардировке нейтро­нами ядер металла урана происходит необыкновенное явление: из каждо­го разбитого ядра вылетают новые нейтроны. Они попадают, в свою очередь, в ядра урана, расщепляют их и вновь рождают нейтроны. Про­цесс идет как лавина. Он идет сам... Тот уран... это разновидность урана, один из его изотопов. Секрет заклю­чается в том, что он почти ничем не отличается от вообще урана...

Выделить уран-235 из урана вооб­ще – вот цель, вот задача.

Физика стоит перед открытиями, значение которых неизмеримо».

Приведенные краткие выдержки из газетных статей и высказывания советских ученых подтверждают, что овладение ядерной энергией, ее высвобождение из недр атомов стано­вилось реальным уже к середине 1941 г. Но все упиралось в отсутствие отечественного урана и в необходи­мость огромных материальных за­трат для создания мощной, очень крупной и специализированной ядер­ной индустрии.

В конце 1940 г. И. В. Курчатов представил в Урановую комиссию доклад, в котором указывал на хозяй­ственное и военное значение про­блемы получения ядерной энергии при делении урана.

То, как оживленно в среде ученых проходили обсуждения проблем ядер­ной физики, хорошо показывает про­ведение регулярных конференций по ядерной физике, по атомному ядру с участием ведущих иностранных уче­ных. Первая такая конференция про­шла в сентябре 1933 г., вторая – в сентябре 1936 г., третья – в октябре 1938 г., четвертая – в 1939 г. и пятая была намечена на октябрь 1941 г., но помешала война.

Советские ученые были близки к освоению ядерной энергии, но война и первые месяцы пора­жений надолго остановили работы, связанные с освоением ядерной энер­гии в СССР. Практически все работы этого направления были заморожены, так как все силы наших физических, химических и других институтов были нацелены на нужды войны. Все силы народа были брошены на фронт, «все для фронта, все для победы».

Тем временем, в США, Англии и Германии работы, связанные с освоением ядерной энергии развивались в полную силу. Этому способствовала, как основная причина, ее военная привлекательность. Перспектива раньше всех создать оружие, устрашающее своей разрушительной мощью, побуждала правительства этих стран финансировать разработки в сфере ядерной физики.

Результатом этих усилий явился первый исследовательский атомный реактор, пущенный 2 декабря 1942 года в Соединенных Штатах под руководством итальянского ученого Энрико Ферми. Дальнейшие разработки в этом направлении привели к беспримерной по своей разрушительной силе атомной бомбардировке японских городов Хиросима и Нагасаки, ознаменовавшей начало ядерной эры.

# **Атомистика от послевоенных лет до наших дней.**

Испытания, связанные с расщеплением атомного ядра, в Советском Союзе возобновились лишь в середине 1943 года, но уже в декабре 1946 г. в Москве на территории Инсти­тута атомной энергии (носящего сейчас имя его основателя И. В. Курча­това) был введен в действие первый в Европе и Азии исследовательский ядерный реактор. В августе 1949 г. было проведено испытание атомной бомбы, а в августе 1953 г. — водородной. Советские ученые овладели тай­нами ядерной энергии, лишив США монополии на ядерное оружие.

Но создавая ядерное оружие, советские специалисты думали и об использовании ядерной энергии в интересах народного хозяйства, промышлен­ности, науки, медицины и других областей человеческой деятельности. В декабре 1946 г. в СССР был пущен первый в Европе ядерный реактор. В июне 1954 г. вошла в строй первая в мире атомная электростанция в подмосковном городе Обнинске. В 1959 г. спущен на воду первый в мире атомный ледокол «Ленин». Таким образом, ядерная физика создала научную основу атомной тех­нике, а атомная техника в свою очередь явилась фундаментом ядерной энергетики, которая, опираясь на ядерную науку и технику, стала в на­стоящее время развитой отраслью электроэнергетического производства.

Уже в 1986 г. выработка электроэнергии на АЭС мира достигала 15% от общего количества энергии, производимой всеми электростанциями, а в ряде стран ее доля составила 30% (Швеция, Швейцария), 50% (Бельгия) и даже 65-70% (Франция). Достаточно успешно атомная энергетика развивалась и на территории бывшего Советского Союза: строились АЭС, наращивалась минерально-сырьевая урановая база.

Происшедшая в 1986 г. Чернобыльская авария помимо колоссального общего ущерба людям, народному хозяйству страны нанесла тяжелый удар по ядерной энергетике в целом и прежде всего по развивающейся в бывшем СССР, где стало формироваться общественное мнение о необходимости полного запрещения строительства новых и ликвидации действующих АЭС. Однако всесторонний анализ перспектив развития мировой энергетики однозначно показал, что реальных альтернатив у других видов энергии по отношению к атомной энергетике в обозримом будущем, по существу, нет – при обязательном условии, что проектирование и строительство АЭС осуществляется с многократным запасом прочности, с обеспечением их полной безопасности. Именно по такому пути развивается в настоящее время атомная энергетика в высокоразвитых странах – во Франции, Бельгии, в сейсмоактивной Японии, США и других. Уже в 1990 г. мощность АЭС во всем мире достигла около 327 млн кВт и возрастает, по данным МАГАТЭ, к 2005 г. до 447 млн кВт.

# **Заключение.**

Итак, к концу XX века человечество в полной мере освоило использование запасов энергии атомных ядер урана-235. Этого вида топлива, сжигаемого в атомных котлах, не так уж много в земной коре. Если всю энергетику земного шара перевести на него, то при современных темпах роста потребления энергии урана, хватит лишь на 50–60 лет.

Безусловно существует возможность использования, в целях получения энергии, природного газа, угля и нефти. Но такой путь развития энергетики неприемлем. Причин множество: это и экологическая проблема – заражение окружающей среды токсичными химическими продуктами сгорания органического топлива, создание парникового эффекта, и постоянной возрастающей ценой на органическое топливо. В случае с нефтью и газом, можно сказать, что их использование в качестве источника энергии по меньшей мере неразумно.

Здесь возникает проблема: из какого материала и какими методами, в будущем человечество должно получать энергию? На сегодня существует несколько основных концепций решения проблемы:

1. Расширение сети станций на урановом топливе.
2. Переход к использованию в качестве ядерного топлива тория-232, который в природе более распространен, нежели уран.
3. Переход к атомным реакторам на быстрых нейтронах, воспроизводящих ядерное топливо, которое могло бы обеспечить воспроизводство ядерного топлива более, чем на 3000 лет, в настоящее время является сложной инженерной проблемой и несет в себе огромную экологическую опасность, в связи с чем испытывает серьезное противодействие со стороны мировой экологической общественности, по причине чего имеет низкую перспективу на внедрение
4. Освоение термоядерных реакций. В термоядерных реакциях происходит выделение энергии в процессе превращения водорода в гелий. Быстро протекающие термоядерные реакции осуществляются в водородных бомбах. Сейчас перед наукой стоит задача осуществления термоядерной реакции не в виде взрыва, а в форме управляемого, спокойно протекающего процесса. Решение этой задачи даст возможность использовать громадные запасы водорода на Земле в качестве ядерного топлива.

В настоящее время наиболее разумным представляется следующая схема развития энергетики: расширение сети урановых и уран-ториевых атомных станций в период решения проблемы управления термоядерной реакцией.

# **Список литературы:**

1. В. Н. Михайлов, «Создание первой советской ядерной бомбы», Москва, ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1995
2. А. М. Петросянц, «Ядерная энергетика»,
3. В. Г. Язиков, Н. Н. Петров, «Урановые месторождения Казахстана», Алматы, «Гылым», 1995