

Виталий Николаев

**АТОМ**  
**СОЗИДАЮЩИЙ**  
**И**  
**РАЗРУШАЮЩИЙ**



Цивильск

2010

**Книга адресована всем читателям, кто не безразличен к истории возникновения и развития атомной энергетики.**

**Читатели кратко знакомятся с первыми шагами человечества на пути использования энергии атома – с успехами и разочарованиями на этом поприще в течение XIX и XX веков. Но жизнь продолжается, и наука об атоме стремительно развивается. В XXI веке человечество ожидает новые достижения в освоении мира атома.**

## Содержание

1. Краткая история освоения атомной энергии .....	4
2. Неуправляемые ядерные реакции и ядерное оружие .....	13
3. Управляемые ядерные реакции и ядерные реакторы. Получение искусственных радиоактивных элементов. ....	16
4. Ядерная катастрофа на Чернобыльской АЭС .....	24
5. Применение радиоактивных веществ в народном хозяйстве.....	32
6. Заключение .....	38

# 1. Краткая история освоения атомной энергии

Впервые о радиоактивности люди узнали в начале 1896 года, когда французский ученый Анри Беккерель случайно обнаружил почернение фотографической пластинки от действия урановой руды. Дело в том, что в январе этого же года немецкий физик Вильгельм Рентген открыл неизвестные до того времени лучи (рентгеновские лучи), которые вызвали почернение фотографической пластинки. Сами лучи возникали в катодной трубке, и при этом наблюдалось свечение стекла. В то же время было известно, что урановые руды после предварительного освещения солнцем испускали слабый свет в темноте. Вот и хотел Беккерель выяснить, не испускаются ли при этом рентгеновские лучи? Однако вместо рентгеновских лучей им были обнаружены ранее неизвестные науке РАДИОАКТИВНЫЕ ЛУЧИ.

С тех пор прошел целый век. За прошедшее время человечество успело так расширить свои знания о радиоактивности, что стал применять свойства радиоактивных веществ не только в свою пользу в различных областях жизни, но оно способно теперь силою радиоактивных веществ уничтожить все живое на Земле и в том числе и самого себя.

В течение первых 50 лет после открытия радиоактивности в основном велись теоретические исследования этого явления. Потом, как ни странно, грозную силу атомной энергии люди стали применять, прежде всего, для самоуничтожения!

Можно сказать, что атомный век начался осенью 1938 года, когда немецкий ученый Отто Ган установил, что ядра урана-235 при бомбардировке нейтронами раскалываются на два больших «куска»: барий-142 (бета-излучатель) и криптон-91 (бета-излучатель). /Это открытие опубликовано в 1939 году в журнале «Натурвиссеншафтен»/. Причем, как выяснили чуть позже супруги Ирен и Фридерик Жолио-Кюри, при расщеплении урана-235 кроме этих осколков выделяются еще два или три нейтрона, которые в свою очередь способны расщепить новые ядра урана-235. Так было предсказано существование цепной реакции деления ядер урана-235.

Практическое осуществление цепной реакции деления ядер сулило получение колоссальных энергий. Ведущие ученые мира активно занялись этим делом.

В 1942 году в США начались интенсивные работы по изготовлению атомной бомбы. В гористых местностях там и тут строились атомные

города. На юге гор Аппалачи возник город Окридж с населением около 80 тысяч жителей, где на заводах получали уран-235 из урановой руды. В Скалистых горах на реке Колумбия /штат Вашингтон/ возник город Хэенфорд, где из урана-238 получали плутоний-239, который является тоже горючим материалом для атомной бомбы. Здесь работало около 300 тысяч человек. Вырос и третий город Лос-Аламос на севере штата Нью-Мексико, где в сотнях лабораториях около 6 тысяч специалистов занимались конструированием бомбы, способами ее взрыва. Здесь под руководством американского ученого Роберта Оппенгеймера трудились кроме ученых США, съехавшиеся из многих стран мира ученые, в их числе итальянец Энрико Ферми и датчанин Нильс Бор.

2 декабря 1942 года в США успешно осуществили цепную реакцию деления урана-235 в реакторе, построенном под руководством Энрико Ферми под трибунами стадиона Чикагского университета. Место было выбрано так потому, что оно не обнаруживалось сверху воздушными шпионами. Реактор соорудили из графитовых кубиков, укладывая их друг на друга как кирпичики, а в определенные места помещали алюминиевые контейнеры с ураном-235 в количестве около 6 тонн. Сооружению придали форму шара диаметром около 9 метров.

16 июля 1945 года в 75 км от города Алмагордо в штате Нью-Мексико был проведен первый взрыв атомной бомбы с плутонием-239, которую укрепили на вершине 30-метровой стальной вышки. На месте взрыва образовалась яма диаметром 400 метров, глубиной 8 метров в центре и 3 метра по краям. В радиусе 1,5 км от места взрыва погибли все растения и животные. /Петросянц Андраник Мелконович. Атом не должен служить войне. М., 1986, стр. 40/.

США не терпелось продемонстрировать миру свою атомную мощь. Хотя вторая мировая война уже завершилась, президент Трумэн отдал приказ сбросить атомную бомбу на японский город Хиросиму. Так, 6 августа 1945 года в 8 часов утра 16 минут над Хиросимой на высоте 500 м взорвалась урановая /уран-235/ бомба «Малыш» зигзагообразной формы весом 4 080 кг, длиной 305 см, в диаметре 72 см. Образовался огненный шар диаметром 800 м, грибовидный столб поднялся на высоту 18 км, от центра взрыва в радиусе 2,5 км все горело бушующим пламенем. Но радиоактивного следа почти не было, потому что взрыв был высоко над землей и частицы почвы не были подняты в воздух. В округе распространились фактически лишь остатки ядерного горючего бомбы и продукты его распада, а также частицы кон-

струкций бомбы с наведенной радиоактивностью. В результате взрыва в городе погибло сразу более 78 тысяч человек. Мощность этой бомбы оценивается 20 тысяч тонн тринитротолуола /ТНТ/.

9 августа 1945 года США сбросили еще одну плутониевую /плутоний-239/ бомбу на город Нагасаки. Эту бомбу назвали «Голстяк», она имела яйцевидную форму, вес ее составлял 4 535 кг, длина 370 см и диаметр 150 см.

В СССР тоже проводились интенсивные исследования по проведению цепной реакции деления ядер атомов урана-235. 25 декабря 1946 года в Москве специалисты Института атомной энергии под руководством И.В. Курчатова такую реакцию осуществили.

29 августа 1949 года около 5 часов утра СССР испытал свою первую атомную бомбу на полигоне вблизи города Семипалатинск. Для взрыва эта бомба, как и первая атомная бомба в США, была установлена на высокой башне.

Первую атомную бомбу в Советском Союзе изготовили в производственном объединении «Маяк» по выработке плутония в городе Челябинск-40 под руководством Игоря Курчатова. Активное участие в изготовлении первой атомной бомбы принимали ученые Харитон, Зельдович. Испытаниями атомной бомбы руководил Лаврентий Берия.

Известно, что в 1957 году на «Маяке» произошел взрыв хранилища радиоактивных отходов. В результате взрыва радиоактивное облако распространилось далеко за пределы «Маяка», а радиоактивные вещества попали в реку Теча. 1 ноября 1990 года на «Маяке» остановили последний 5-й урано-графитовый реактор по выработке плутония для ядерного оружия. По сообщениям газет, предприятию уже некуда было сливать жидкие радиоактивные отходы, так как все пруды-накопители переполнены. Радиоактивная вода на грани прорыва дамб прудов, которые хотя они постоянно наращиваются, но это не может продолжаться бесконечно.

В мире разразилась холодная война. Две великие державы СССР и США, угрожая друг другу, продолжали спешную гонку наращивания своей ядерной мощи. В 1951 году США впервые испытали водородную бомбу, а через два с половиной года после них 12 августа 1953 года СССР испытал свою водородную бомбу, хотя она была создана раньше, чем в США /из речи президента АН СССР Александрова А.П. на 27 съезде КПСС/.

Противостоящие друг к другу великие державы хотя не воевали между собой, но в мире уже страдали сотни и тысячи невинных людей от действия их ядерных бомб.

В период с 1 июля 1946 года по 22 июля 1958 года США систематически проводили испытания атомных и водородных бомб на атоллах Эниветок и Бикини /на северо-западе Маршалловых островов/. Так, 1 ноября 1952 года на атолле Эниветок была взорвана водородная бомба весом 65 тонн. Мощность этого взрыва была в 150 раз больше взрыва атомной бомбы над Хиросимой. Коралловый остров Элугелаб, где произвели взрыв, исчез с лица Земли и на этом месте образовался кратер глубиной 60 м и диаметром 2 км. Но особенно трагично было испытание водородной бомбы 1 марта 1954 года на атолле Бикини под названием операция «Кэстль». Мощность бомбы составляла 17 мегатонн, что в 850 раз больше мощности хиросимской атомной бомбы. После этого взрыва поднятый в воздух коралловый пепел достиг японскую рыболовную шхуну, которая находилась в 150 км от места взрыва. На шхуне взрыв был замечен рыбаками в 3 часа 50 минут в виде яркого огненного шара. 14 дней пробыли рыбаки на зараженной радиоактивным пеплом шхуне и получили дозу облучения от 27 до 440 рентген. Заболели все, хотя к концу мая в больнице некоторые из них стали чувствовать себя лучше. Но шестеро рыбаков получили осложнения своих других болезней, а один из них умер. От этого больше всех пострадали 64 туземца с острова Ронгелап, которые получили дозу около 175 рентген. Этот остров находится в 160 км от Бикини.

Подчеркнем, что при мощных ядерных взрывах кроме прочих радиоактивных изотопов образуется огромное количество калия-40 с периодом полураспада  $1,31 \cdot 10^9$  лет, которое обычно считается естественным радиоактивным элементом. Но его содержание в окружающей среде в обычных условиях не представляет угрозу для живых организмов и даже является полезным и нужным. Однако через два дня после взрыва водородной бомбы на атолле Бикини 1 марта 1954 года активность поверхностных вод в миллион раз превысила естественную радиоактивность, причем на 97% это было вызвано калием-40. /Ю. Тельдеши, М. Кенда. Радиация – угроза и надежда. Изд. «Мир», М., 1979 г., стр. 35/.

В 1958 году самолет В-47 уронил 24-мегатонную водородную бомбу над американским штатом Северная Каролина. Бомба упала во

дворе крестьянского дома. Она не взорвалась лишь потому, что из 6 предохранителей в исправности остался один.

17 января 1966 года над деревней Паломарес в Испании бомбардировщик В-52 во время заправки в воздухе столкнулся с самолетом-заправщиком. На борту бомбардировщика было 4 водородной бомбы. Все это из-за аварии рухнуло в Средиземное море в районе мыса Гата. Потом остатки разбившихся двух самолетов, семь трупов членов экипажа, три бомбы подняли, но одна бомба была потеряна. Ее удалось найти и поднять после долгих поисков лишь только через 80 дней после аварии.

21 января 1968 года бомбардировщик В-52 с водородной бомбой на борту разбился у острова Байлот /на севере Канады, море Бафина/. При ударе самолета об лед взорвались четыре химических детонатора, на льду разбросано несколько килограммов плутония-239. Американцы все это собрали и отправили в Атомный центр в Саванна-Ривер.

14 сентября 1954 года в СССР, а именно в районе станции Тоцкое Чкаловской /Оренбургской/ области произведено испытание атомной бомбы мощностью 49 тысяч тонн. Важно то, что проводилось это чудовищное испытание специально в районе проживания мирного населения для выяснения масштабов разрушения хозяйственных сооружений и ущерба здоровью людей, сельскохозяйственных животных и уничтожения растений и диких животных в районе применения ядерного оружия врагом. В этих «учениях» принимали участие 44 тысячи военных. / «Российская газета», 26 октября 1993 года/. Так как учение было секретное, то, разумеется, в них «не было» никаких пострадавших. Поэтому до сих пор оставшиеся в живых ни военные, ни гражданские люди Оренбургской области не могут добиться от властей ни признания их пострадавшими и никаких льгот за причиненный ущерб. / «Российская газета» от 30 марта 1995 года/.

30 октября в 11 часов 30 минут 1961 года на острове Новая Земля СССР произвел самый мощный ядерный взрыв в истории человечества. Мощность ядерного заряда была эквивалентна воздушному взрыву 50 млн. тонн тротила на высоте облаков. За взрывом вели наблюдение с центральной базы новоземельского полигона Белушьё в 270 км от эпицентра взрыва, а на самолете Ил-14 находились в 100 км от взрыва министр Министерства среднего машиностроения Е.П. Славский и маршал Советского Союза К.С. Москаленко. Взрывной волной их самолет снесло, но пилот все же справился, в конце концов, с управлением. Супербомба весом 26 тонн была сброшена с тяжелого

бомбардировщика Ту-95, и спускалась она на парашюте, чтобы самолет успел уйти от зоны взрыва. /Газета «Аргументы и факты», № 5, январь 1996 года, стр.9/.

Первоначально готовили бомбу мощностью 100 млн. тонн, но потом мощность снизили до 50 млн. тонн, опасаясь непредсказуемых последствий взрыва. Даже при этом после взрыва, как рассказывают специальные наблюдатели, находившиеся на корабле в 180 км от места взрыва, в продолжение 45 минут гремели мощные раскаты, то усиливаясь и то ослабляясь.

Есть и другие сведения об этом взрыве.

Вот как описывает испытание водородной бомбы в 1961 году на острове Новая Земля Михаил Веллер в своей книге «Все о жизни» /Москва, изд. АСТ, 2008, стр. 197 – 200/.

«...знаменитый советский ядерный полигон – заполярный остров Новая Земля (поистине со смыслом название): легендарные испытания сто мегатонной водородной бомбы в 1961 году. Пожалуйте в бункер... дайте товарищу место у перископа.

На сто пятидесятиметровой вышке – боеприпас. На земле вдаль идут – окопы, блиндажи, городки искусственные, животные пасутся на разных расстояниях. Боевая техника в укрытиях и наверху. Тундра, серо. У берега меж льдин старые пустые корабли болтаются.

Пошел отсчет секунд! Замерли генералы, замерли ученые.

Вспыхнула на вышке нереальной слепящей яркости сфера, разом полыхнули постройки, грянул неземной силы ураган, смел все вокруг. Многокилометровая стена праха ударила кругом во все стороны, всклубился и вырос снизу в бешеном вращении черный смерч в километры диаметром – верх плывет белый бушующий шар, окутался дымной шапкой в десятки километров ширины. Встал жуткий гриб в стратосферу.

Вот это мощь! Вот это боеприпас! Вот это испытания! Вот это торжество советской военной науки! Винты, ребята, дырочки для орденов!

Кивают головами ученые. Закуривают удовлетворенно генералы. Шампанским хлопают в бункере: «За успех!»

Стоит двадцатикилометровый апокалиптический гриб над землей, и пылает в центре шапки гигантская огненная сфера. Аж самим жутко.

Минуту пылает. Две пылает.

Смотрят все в перископы с увеличенным вниманием. Расчетное время, однако, истекает. Что надо запустили реакцию! Полная расчетная мощность! Даже больше выходит.

Пятнадцать минут!

Все уже понимают, что это ... несколько превышает расчеты. Хорошо, конечно, но, знаете, тут не до шутки. Оживление спадает, начинает пахнуть напряженностью. ...Прошло полчаса!!

Братцы, что-то мы не совсем точно рассчитали. Что-то не совсем так. Народ бледнеть начинает. Ученые спорят тихо и лихорадочно.

Час!!!

Продолжает бушевать безумной мощности взрыв! Гигантский шар раскаленной плазмы бушует над Землей!

И тут вспоминают: говорил, говорил же Нильс Бор... что теоретически возможно запустить такой мощности, такого объема термоядерную реакцию, что пойдет она не отрицательным балансом, а с положительным. Поверхность пламенного сгустка и температура его будут таковы, что начнет вовлекаться в синтез водород воздуха и водяных паров атмосферы, а кислород выгорать, и пойдет реакция с положительным балансом... а там и вода с ее водородом и кислородом. Мировой Океан... и пока, значит, все топливо не кончится... хотя, когда уж пойдет как следует, так это быстро. .... Прошло два часа!!!!!!

Где-то на горизонте летают американцы и в ужасе смотрят, что это сотворили эти кошмарные русские.

И через два часа реакция начинает явно сворачиваться. Иссыкает. Тускнеет, гаснет сфера. ....

После этого и поздравили народ с необычайной военной мощью Советского Союза. Объявили: «Мощностью свыше ста мегатонн тротила». Свыше пяти тысяч Хиросим, значит. /Хотя о мощности взрыва бомбы никто точно знать не мог, так как после взрыва боеприпаса в течение двух часов «горел» водород из атмосферы! – В.Н./ .....

После этого и закрыли на пять лет Новую Землю вообще. Уж слишком высока радиация даже для ядерного полигона, соваться нельзя. И крабов вокруг ловить перестали – многовато дряни у них в панцире накапливается после этого эксперимента.

И доложили все в подробностях лично Хрущеву. Хрущев: а что, возможно в принципе создать такую бомбу, чтоб реакция шла с положительным балансом? Посчитать надо, Никита Сергеевич. Читайте! Стали считать. Через восемь месяцев положили расчеты: можно.

Ужаснулись в правительстве, и положили это под сукно. В сейф. Со всеми грозными мыслимыми грифами секретности. С глаз и от греха подальше.

И стали договариваться с американцами о полном и вечном запрещении ядерных испытаний на земле, в атмосфере и под водой. Не гуманизма ради, а спасения для. Как только возможно, на таких переговорах была масса сверхсекретной информации поведена друг другу – не для печати и всеобщего сведения народов. И летом 1963 года подписали это историческое запрещение Хрущев с Кеннеди».

Наряду с применением ядерной энергии в военных целях проводились работы по изучению использования ее в мирной жизни. Большие успехи достигнуты в этом направлении в СССР. Так, в 1954 году пущена первая в мире атомная электростанция /АЭС/ в городе Обнинск. Мощность АЭС составила 5 тысяч киловатт. В 1959 году спущен на воду первый в мире атомный ледокол «Ленин» /в 1990 году истек срок его эксплуатации и он завершил свою работу/. Мощность трех урановых реакторов атомохода «Ленин» составляла 195 тыс. квт. Отработавшие свой срок эти реакторы самым бессовестным образом затоплены в море около острова Новая Земля. /Газета «Комсомольская правда», 28 ноября 1992 года/.

Подробнее о мирном применении атомной энергии будет сказано в разделе «Применение радиоактивных веществ в народном хозяйстве».

Добавим, что небольшие несчастные случаи и кошмарные несчастия с радиоактивными веществами случаются не только у военных, но и в мирной жизни. Об этом подробно будет сказано при описании чернобыльской катастрофы в 1986 году.

23 октября 1987 года в госпитале города Рио-де-Жанейро скончались Мария Ферейра с шестилетней дочерью от облучения цезием-137. В тяжелом состоянии находились еще 5 человек. Капсула с цезием-137 /в порошкообразном состоянии/ была без присмотра брошена одной из бывших городских клиник города Гояния /штат Гояс/ и попала в дом Ферейры, пролежала в нем восемь дней. Затем была вскрыта по незнанию о содержимом. Загрязнились предметы в квартире, территория участка. Власти дезактивировали квартиру и территорию вокруг, сняли слой почвы до 70 см. Накопилось как минимум 200 тонн радиоактивного «мусора», а в госпиталях, где лежали и лечились пострадавшие (6 человек находились в тяжелом состоянии, 4 погибли), накопилось 945 кг радиоактивных отходов: естественные отправления пациентов, одежда, обувь, шприцы, посуда и т.п. \Приведенные

примеры о бразильском несчастье с цезиумом-137 взяты из газеты «Правда» от 24 ноября 1987 г. и 11 января 1988 года).

24 октября 1987 года Франция произвела подводный ядерный взрыв мощностью 50 килотонн на атолле Муруора. Это был 88-й по счету взрыв на атолле Муруора с тех пор, как Франция с 1975 года проводила подземные ядерные испытания.

С 1951 по 4 ноября 1985 года США провели 644 ядерных испытаний. А всего США провели 765 ядерных испытаний. /Газета «Аргументы и факты», № 36, 1985 г., стр. 6/.

## 2. Неуправляемые ядерные реакции и ядерное оружие

Неуправляемые цепные ядерные реакции происходят при взрыве атомных и термоядерных бомб, а иногда в аварийных случаях могут произойти в ядерных реакторах.

Сущность неуправляемой цепной ядерной реакции рассмотрим на примере урана-235.

В природном «чистом» уране содержатся следующие изотопы: уран-238 (99,279%), уран-235 (0,715%) и уран-234 (0,006%). Среди них особым свойством обладает уран-235. Стоит попасть одному нейтрону в ядро урана-235, как оно сразу расколется на два новых ядра (например, барий-142 и криптон-92, а всего же до 40 вариантов) и 2-3 нейтрона. Далее уже эти вновь появившиеся нейтроны вызовут расщепление новых 2-3 ядер урана-235 и т.д. Иначе говоря, почти мгновенно начнется распад всех имеющихся ядер урана-235 в зависимости от плотности потока бомбардирующих нейтронов, то есть наступает неуправляемая цепная ядерная реакция. Заметим, что уран-235 в обычных условиях тоже является радиоактивным изотопом. Только он испускает альфа- и гамма-лучи с периодом полураспада 720 000 000 лет. Следовательно, строго говоря, даже не обязательно попадание в кусок урана-235 нейтрона извне для начала цепной реакции, эти нейтроны сами появляются в толще куска урана-235 в ходе естественного радиоактивного распада. Но в природном куске «чистого» урана цепная реакция деления ядер урана-235 не происходит, потому что урана-235 в смеси очень мало. Случайно появившиеся нейтроны в результате естественного распада ядер смогут поразить лишь несколько новых ядер урана-235, а остальные нейтроны попадут в ядра урана-238 и поглотятся ими (расколоть такие ядра у этих нейтронов не хватает скорости, т.е. энергии), большая же часть нейтронов, отражаясь от ядер урана-238, летят дальше вплоть до вылета за пределы куска.

Значит, чтобы осуществить цепную реакцию деления ядер урана-235, прежде всего, нужно получить этот уран-235 в чистом виде. На практике так и поступают – получают уран-235 чистотой до 90%.

Выяснено, что достаточно взять кусок урана-235 100-% чистоты в количестве 50 кг (такая масса заключена в шаре радиусом 9 см), как в нем мгновенно начинается цепная реакция деления ядер и он взорвется со страшной силой. Будет масса менее 50 кг, то никакого взрыва

ва не будет, так как цепная реакция не может начинаться. Таким образом, для урана-235 его масса 50 кг является критической. Впрочем, применяя различные отражатели вылетающих из куска нейтронов, ученым удалось довести критическую массу до урана-235 до 250 г!

Зная критическую массу урана-235, легко можно представить упрощенную схему урановой атомной бомбы. В толстой и прочной стальной оболочке находятся несколько надежно разделенных друг от друга кусков урана-235 массой менее 50 кг каждый. Когда нужно взорвать бомбу, эти куски очень быстро (под действием обычных взрывчатых веществ) соединяют вместе и мгновенно произойдет цепная реакция деления ядер урана-235 с выделением радиоактивных осколков, нейтронов, гамма-излучения, а также альфа- и бета-излучений, огромного количества тепла. От этого тепла раскаляется и почти мгновенно испаряется вся бомба, все ее содержимое взрывной волной разбрасывается. Установлено, что за такое короткое время успевает расщепиться всего около 10% массы ядерного горючего, остальное разбрасывается взрывной волной без расщепления.

По такому же принципу изготавливаются и взрываются атомные бомбы с плутонием-239. Критическая масса плутония-239 около 6 кг, в бомбе обычно содержится около 8 кг плутония-239 (А.М. Петросянц, Атом не должен служить войне. М., 1986, стр. 58).

Хиросимская урановая атомная бомба развила мощность взрыва около 20 Кт тринитротолуола (20 тысяч тонн ТНТ), а в настоящее время атомные бомбы могут развивать несколько сотен килотонн мощности. Но более мощные атомные бомбы не делают, так как увеличение увеличению мощности препятствуют критическая масса, невозможность удлинить срок службы оболочки бомбы во время взрыва из-за мгновенного развития высокой температуры, при которой все твердые вещества расплавляются и испаряются.

При взрыве водородной бомбы тоже происходят неуправляемые цепные реакции.

Чем отличается водородная бомба от атомной?

Во-первых, водородные бомбы в тысячу раз мощнее атомных.

Во-вторых, в водородной бомбе энергия выделяется не при распаде тяжелых ядер, наоборот, при слиянии легких ядер в более тяжелые. Обычно проводится соединение атомов двух тяжелых изотопов водорода: дейтерия и трития с образованием атома гелия и одного нейтрона по схеме  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} + \text{давление, } 10^6 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + 17,6 \text{ МэВ}$ .

Необходимую для начала такой реакции высокую температуру (10 млн. градусов по Цельсию) и давление может создать только взрыв атомной бомбы. Поэтому водородная бомба по конструкции состоит из атомной бомбы, окруженной смесью дейтерия и трития, и все это заключено в сверхпрочную оболочку. Эта внешняя оболочка должна выдержать взрыв внутренней атомной бомбы, затем развивающиеся высокую температуру и давление в результате реакции между дейтерием и тритием, и только после всего этого расплавиться и испариться. Вот почему водородные бомбы бывают очень громоздкие.

При взрыве 20 мегатонной водородной бомбы должно образоваться около 200 кг гелия. Но в бомбе КПД бывает менее 100%, он достигает лишь 50%! Поэтому для получения 20 Мт водородной бомбы нужно иметь около 4 тонн водородной смеси.

На первый взгляд можно сказать, что мощность водородной бомбы можно увеличить произвольно, увеличивая прочность ее внешней оболочки и количество водородной смеси в ней. Но при этом возникает проблема доставки бомбы до цели нападения. Так, водородная бомба мощностью 3 мегатонны, взорванная США 1 ноября 1952 года на атолле Эниветок, весила 65 тонн.

Водородная бомба, имея большую мощность, чем атомная, при взрыве меньше загрязняет окружающую местность радиоактивными веществами. Поэтому в целях увеличения радиоактивного поражения противника в водородную бомбу добавляют уран-238, ядра которого во время взрыва под действием быстрых нейтронов, выделяющихся при синтезе гелия, тоже расщепляются на радиоактивные различные элементы.

Известно, что в США изобрели нейтронную бомбу, которая, в сущности, является водородной бомбой, только что описанной выше. В ней для начала синтеза атомов гелия из атомов тяжелого водорода применяют атомную бомбу с зарядом мощностью около 1 Мт из плутония-239.

При испытаниях нейтронной бомбы в радиусе 200 м все здания были разрушены. В радиусе 800 м за 5 минут парализованы все живые существа, которые погибли в течение 1-4 суток. Животные даже в радиусе 1500 м обречены на смерть через несколько недель или месяцев.

Нейтронную бомбу нельзя считать оборонительным оружием, так как бойцы неприятеля, получив на расстоянии более 1 км смертельную дозу нейтронной радиации, в течение первых 3-х часов не будут чувствовать боли и примут участие в атаке.

### **3. Управляемые ядерные реакции и ядерные реакторы. Получение искусственных радиоактивных элементов**

Управляемые цепные ядерные реакции проводятся в специальных (энергетических, промышленных, исследовательских) ядерных реакторах.

Промышленными реакторами называют такие реакторы, где обычно получают плутоний-239 (расщепляемый материал для современных атомных и водородных бомб) из урана-238 при обстреле последнего быстрыми нейтронами.

Исследовательские ядерные реакторы служат для усовершенствования действующих и проектируемых ядерных реакторов. Например, в НИИ атомных реакторов в Дмитровграде (Ульяновская обл.) созданы реакторы типа БОР-60 (на 60 тыс. Квт), затем в 1973 году создан БН-350, затем – БН-600 и БН-800.

Реактор БН-350 установлен в 1973 году в городе Шевченко, можно сказать, для снабжения питьевой водой населения, проживающего у Каспийского моря. Он вырабатывает 120 тыс. тонн пресной воды в сутки, на что расходуется 200 млн. вт электроэнергии, вырабатываемой реактором, а остальные 150 млн. вт отдаются жителям города Шевченко. Реактор работает на быстрых нейтронах (отсюда обозначение БН), в качестве теплоносителя используется жидкий натрий. Ценность станции в том, что для атомной энергетики в реакторе образуется искусственное топливо – плутоний-239.

Энергетические реакторы самые распространенные и служат для получения тепловой и электрической энергии. Они бывают стационарные большой мощности и передвижные, установленные на морских буях, автоматических метеостанциях на труднодоступных местах, на автоматических космических кораблях и т. д.

В СССР распространены в основном два типа энергетических реактора: ВВЭР (водно-водяной энергетический реактор) обычно мощностью 1 млн. квт и РБМК (реактор большой мощности канальный) мощностью 1 млн. квт и более.

Реактор ВВЭР представляет собой массивный металлический цилиндр высотой 20 метров и диаметром около 4 метров. В цилиндре циркулирует вода под давлением 170 атм. в качестве теплоносителя, омывая ТВЭЛы. Отведенное таким образом тепло реактора в тепло-

обменнике передается воде второго контура. Нагретая вода второго контура превращается в пар и вращает турбины, соединенные с электрогенераторами. В цилиндре размещены несколько десятков тысяч герметически закрытых трубочек сантиметрового диаметра из циркония, заполненные двуокисью урана (точнее, смесь окислов урана-238 и урана-235) – ТВЭЛы. Эти трубочки помещаются в более крупные циркониевые трубы, а последние – в каналы в графитовой кладке реактора. Реакторы ВВЭР установлены на Воронежской, Запорожской, Балаковской и многих других АЭС.

Реакторы РБМК-1000 установлены на Чернобыльской, Смоленской, Курской, Ленинградской АЭС (первенец среди них, она работает с 1973 года) и на Игналинской АЭС в Литве (ее мощность 1,5 миллион квт).

Преимущество АЭС перед тепловыми электростанциями хорошо понятно из следующих фактов. «Чтобы получить миллион киловатт электрической мощности, в топку угольной электростанции нужно ежегодно загружать около трех миллионов тонн угля, а для АЭС достаточно и тридцати тонн атомного горючего». (А. Проценко. Энергетика сегодня и завтра, М., изд. «Молодая гвардия», 1987.). /Александр Николаевич Проценко, доктор наук, сотрудник Института атомной энергии/.

Замена выгоревших ТВЭЛов производится сразу по всей активной зоне или постепенно так, чтобы в активной зоне находились ТВЭЛы различных возрастов. После 3-х лет работы ядерного реактора все ТВЭЛы выгружаются одновременно. На медленных нейтронах обычно за это время сгорает 0,5 – 1% ядерного горючего.

При мощности 3 миллиона квт начальная загрузка активной зоны имеет состав: урана-238 – 77 350 кг, урана-235 – 2630 кг, урана-234 – 20 кг. Этот состав через 3 года работы реактора и еще через 3 года выдержки отработавших ТВЭЛов в водяном бассейне изменяется и становится: урана-238 – 75 400 кг, урана-234 – 10 кг, урана-235 – 640 кг, урана-236 – 360 кг, плутония-238 – 14 кг, плутония-239 – 420 кг, плутония-240 – 170 кг, плутония-241 – 70 кг, плутония-242 – 30 кг, америция-241 – 13 кг, америция-243 – 8 кг, кюрия-244 – 2 кг, других более тяжелых изотопов – 0,2 кг и осколков – 2821 кг. /Физический энциклопедический словарь. М., Советская энциклопедия, 1983/.

Переработка отслуживших свой срок ТВЭЛов осуществляется только в Красноярске-26 и Челябинске-40 («Маяк»). /«Российская газета», 10 августа 1993 г./.

На АЭС с РБМК-1000 вырабатывается около 50% ядерной электроэнергии в Советском Союзе.

Реактор РБМК-1000 размещен в бетонной шахте размерами 21,6 x 21,6 м на дне и высотой 25,5 м. Внутри шахты цилиндрической формы кладка из графита. Он служит замедлителем нейтронов. Масса графита 1 700 тонн. Кладка графита для прочности окружена сварным цилиндрическим металлическим кожухом диаметром около 10 м и высотой около 5 м. Вокруг этого цилиндра расположена водяная биологическая защита. Вода находится в кольцевом баке из секций, толщина слоя воды около 4 м и высота бака около 15 м.

Верхнее покрытие реактора толщиной 8 м служит полом центрального зала управления и одновременно биологической защитой персонала. Оно изготовлено из барийсерпентинных бетонных плит с заполнителем из чугунного порошка. В графитовой кладке имеются специальные каналы. Их всего 1693, в которые размещаются тепловыделяющие элементы /ТВЭЛы/. Оболочки ТВЭЛов изготовлены из циркония, стойкого к коррозии в условиях работы ядерного реактора и облучению нейтронами. (При облучении нейтронами ядер атомов циркония по цепочке распадов: ЦИРКОНИЙ + НЕЙТРОН = ИТТРИЙ-90, 91, 92, 94, 95 – БЕТА-ЧАСТИЦА = ЦИРКОНИЙ первоначальный). ТВЭЛы заполнены ураном-238 (точнее, двуокисью  $UO_2$ ), содержащим 1,8-2% урана-235. Как раз такое количество урана-235 в смеси с ураном-238 обеспечивает протекание управляемой цепной ядерной реакции. Всего же в РБМК-1000 двуокиси урана имеется 192 тонны. Это значит, что в реакторе находится около 165,8 т урана-238 и 3 400 кг урана-235 элементарного.

В реакторе ТВЭЛы охлаждаются водой, циркулирующей по каналам с большой температурой и давлением. Нагретая таким образом вода под высоким давлением подается в теплообменник, где она нагревает воду второго контура и превращает ее в перегретый пар. Этот пар при температуре  $280^{\circ}C$  подается на лопасти паровой турбины, соединенной с электрогенератором.

Тепловая мощность реактора РБМК-1000 равна 3 200 мегаватт, а электрическая мощность 1000 мегаватт (Мвт). Коэффициент полезного действия АЭС достигает 35-40%.

Примечание: Сведения о конструкционных особенностях РБМК-1000 взяты из газеты «Аргументы и факты», № 21, 1986 г., которая ссылается на книгу авторов Будов В.М., Фарафонов В.А., Конструи-

рование основного оборудования АЭС, Энергоатомиздат, 1985 г., стр. 134-142.

Цепная реакция деления ядер урана-235 в реакторе происходит подобно реакции при взрыве атомной бомбы, но в отличие от нее она управляема. Это достигается, во-первых, регулированием количества свободных нейтронов при помощи кадмиевых стержней /кадмий металлический плавится при  $321^{\circ}\text{C}$ , кипит – при  $770^{\circ}\text{C}$ ./, которые для этого то вдви-гаются в реактор, то выдвигаются из него. При вдвижении стержней кадмий поглощает нейтроны, и реакция может почти полностью пре-кратиться, а при выдвигении кадмиевых стержней реакция наоборот усиливается. Во-вторых, в ТВЭЛах содержится урана-235 всего около 2%, а остальное уран-238, который только препятствует развитию цепной реакции.

В ТВЭЛах уран-235 распадается не более 10-20% его первоначаль-ного содержания, так как накапливающиеся продукты деления ядер препятствуют движению нейтронов и тушат цепную реакцию. Поэто-му отработавшие свой срок ТВЭЛы извлекают из реактора и на специ-альных заводах их разбирают, остатки урана-235 очищают от продук-тов деления. Эта смесь продуктов деления похожа по составу с про-дуктами при взрыве атомной урановой бомбы. После отделения от продуктов распада уран-235 и некоторые другие составляющие части тоже отделяют друг от друга и используют по назначению, а другие продукты отправляют на специальные «кладбища» для «вечного хра-нения», то есть для избавления от них путем их естественного распада, что может продлиться многие сотни лет.

Вот какой может быть примерный состав продуктов, выдержан-ных в течение 100 суток после извлечения ТВЭЛов с ураном из реак-тора (см. Краткая химическая энциклопедия, т. 5, 1967 г., стр. 1075):

Элемент	масса, кг	бета-актив- ность, кюри	гамма-актив- ность, кюри	t плав.	t кипен <sup>*)</sup>
Уран	998	0,6	0,03	1133	3490
Плутоний	0,8	-	-	639	3235
Цезий	0,04	3000	2300	28	688
Стронций	0,04	45000	-	777	1383
Барий	0,04	-	-	717	1640
Иттрий	0,02	60000	-	1525	3200
Лантан	0,04	-	-	920	3470
Церий	0,1	170000	12000	815	2530

Прочие редко-земельные эл.	0,115	7000	65000		
Ниобий	0,005	110000	105000	2500	5100
Молибден	0,085	-	-	2620	4800
Технеций	0,025	-	-	2140	4700
Рутений	0,055	5500	2000	2500	4200
Родий	0,012	-	-	1960	3880
Прочие	0,04	1000	-		
Ушло в газовую фазу	0,14	500	-		
Всего	999,612	526500,6	204300,03		

\*) Максимальные значения температур плавления и кипения химических элементов приведены по Справочнику химика, т. 2, изд. М-Л, 1965 г.

Ядерные реакторы являются не только источником тепла и электроэнергии. Они являются фабрикой получения искусственных радиоактивных элементов, которые скапливаются в ТВЭЛах в ходе деления урана-235. Затем на специальных радиозаводах эти элементы извлекают из ТВЭЛов, разделяют друг от друга и используют в народном хозяйстве.

Искусственные радиоактивные элементы можно получать и специально, если облучать нейтронами я ядерных реакторах стабильные элементы, помещая их туда в виде пластин, стержней и т.п. Точно так же искусственные радиоактивные элементы получают в ускорителях элементарных частиц (протонов, ядер водорода-2, альфа-частиц, нейтронов). Например, радиоактивный кобальт-60, широко применяемый в медицине и технике, получают облучением нейтронами стабильного кобальта-59. Радиоактивный изотоп натрия-22 с периодом полураспада 2,6 года получают бомбардировкой магния дейтонами (ядра водорода-2). При этом излучается альфа-частица:



Наибольший интерес представляет получение плутония-239, как стратегического материала – ядерного горючего для атомных и водородных бомб. Для этого в промышленных реакторах облучают быстрыми нейтронами уран-238. При поглощении одного нейтрона ядром урана-238 образуется уран-239, который испускает с периодом полураспада 2,3 минуты один электрон (бета-частица) и пре-

вратится в нептуний-239. Получившийся новый элемент тоже радиоактивный и в свою очередь, испуская один электрон с периодом полураспада 2 дня, превращается в плутоний-239. Последний излучает альфа-частицы с периодом полураспада 24 000 лет и превращается в уран-235.

Но важно то, что плутоний-239, как все радиоактивные элементы с нечетным числом массы ядра, способен к спонтанному делению (т.е. его ядро самопроизвольно раскалывается на два куска и образует два новых элемента) с периодом полураспада  $5,5 \cdot 10^{15}$  лет, что и делает его важным для использования в качестве ядерного горючего.

Так как в природе урана-238 значительно больше, чем урана-235 (их в урановой руде 98,28% и 0,715% соответственно), то и промышленное производство плутония-239 гораздо выгоднее, чем выделение урана-235 из их природной смеси, т.е. из урановой руды. Но для лучшего проведения реакции получения плутония-239 урановую руду сначала сильно обогащают ураном-235 (последний тоже с периодом полураспада  $1,8 \cdot 10^{17}$  лет делится спонтанно с выделением свободных нейтронов). Например, такой реактор пущен на Белоярской АЭС в 1980 году.

#### Справка.

1. Часто урановые руды содержат не более 0,1% урана, но их все же разрабатывают из-за неимения более богатых руд. Со временем, видимо, даже обычный гранит начнут разрабатывать как урановую руду, а в нем урана содержится всего-то 0,0025%!

2. Нейтроны бывают:

быстрые – энергия 100 эв;

тепловые – энергия менее 1 эв и скорость 2 км/сек;

«холодные» – 0,005 эв.

3. 1 дм<sup>3</sup> плутония-239 имеет массу 19,8 кг (крит. масса 6 кг)

1 дм<sup>3</sup> урана-235 имеет массу 19 кг (крит. масса 50 кг)

Говоря о работе ядерных реакторов, нельзя оставить без внимания проблему радиоактивных отходов.

Цикл использования ядерной энергии состоит из следующих звеньев: добыча урановой руды, обогащение урановой руды, использование урана в ядерных реакторах, химическая регенерация отработавшего топлива, очистка отработавшего топлива от примесей, безопасное вечное захоронение отходов.

Весь этот сложнейший цикл безумно дорог, исключительно энергоемок, крайне не экологичный. Горы смертоносного праха растут на каждом этапе цикла использования ядерной энергии. Так, на 1 тонну редких, благородных и радиоактивных металлов образуется 5-10 тыс. тонн отходов в процессе добычи и 10-100 тыс. тонн отходов в процессе переработки. Например, для получения 1 тонны радиоактивных металлов требуется добыть 15-110 тыс. тонн горных пород (а на 1 тонну угля образуется 3 тонны отходов при добыче и 0,3 тонны отходов в процессе потребления). В реакторах выгорает всего до 1,5% ядерного топлива. Отходы при добыче радиоактивных металлов тоже радиоактивны и представляют угрозу окружающей природе. Они в виде пыли легко переносятся далеко от места складирования, выделяют радиоактивный газ радон-222, который тоже разносится ветром далеко от этих мест.

Следует иметь в виду, что любой предмет, соприкасавшийся с ТВЭЛами и продуктами распада, подвергается радиоактивному загрязнению. Это – здания, аппаратура, емкости, транспортные средства. Через некоторое время они тоже становятся источниками радиоактивного облучения. Значит, их тоже нужно где-то захоронить!

Например, при работе РБМК-1000 в течение каждых 5 лет накапливается на территории АЭС до 399 тонн радиоактивных отходов. И все эти отходы для снижения активности предварительно до десятков лет содержат в водном бассейне, размещенном в реакторном зале. Затем их транспортируют к местам переработки и вечного захоронения. Но пока химическая переработка отходов толком не отработана, отчего на территориях АЭС скапливаются горы отработанных ТВЭЛов. И это так во всем мире! Мизерная доля этих ТВЭЛов перевозится на перерабатывающие радиозаводы в специальных контейнерах железнодорожным, автомобильным и водным транспортом. Но эти перевозки чрезвычайно опасны, если учесть бесконечные аварии на транспорте.

Нет еще ни у кого точного ответа, где и как нужно захоронить на вечное погребение радиоактивные отходы, чтобы они и через сотни лет не угрожали здоровью людей. Жидкие радиоактивные отходы в нашей стране пока закачивают в подземные водоносные горизонты, воды которых из-за этого становятся не пригодными для использования. Высокоактивные жидкие отходы хранят в баках из нержавеющей стали с двойным дном и объемом до нескольких со-

тен кубометров. Содержимое баков постоянно перемешивают, чтобы твердые частицы не оседали на дне и не образовали критическую массу, иначе это чревато ядерным взрывом. Резервуары эти снабжены змеевидным холодильником для охлаждения содержимого, но сроки эксплуатации всей этой системы не бесконечны. Что будет потом?! Остается одно: перелить содержимое в новые резервуары и продолжать все действия. Принимаются меры к отвержению этих жидких отходов.

Твердые радиоактивные отходы (оболочки ТВЭЛов, нерастворимые осадки топлива), в отличие от жидких отходов, для захоронения смешивают с бетоном, заливают в канистры.

Кстати, радиоактивные отходы с АЭС типа Чернобыльской с реакторами РБМК-1000 пока все «отмокают» в охлаждающих бассейнах при этих же АЭС. По мере заполнения одних бассейнов строят новые рядом.

Отходы реакторов на быстрых нейтронах с использованием плутония-239 в десятки и сотни раз активнее отходов урановых реакторов. Поэтому с их захоронением возникают более сложные проблемы. Пока такие реакторы строят в СССР и Франции.

В ближайшие 30 лет во всем мире будет остановлено более 350 АЭС из-за истечения срока эксплуатации. Но ни одна страна пока не подготовлена к этому надлежащим образом. /«Шпигель», № 2, 11.01.1988/.

Куда девать все возрастающие горы радиоактивных отходов? Как быть с ними?

Сколько земель можно отводить под АЭС и потом превращать их в вечные запретные зоны? /Статья «Четыре года лжи?» Газета «Аргументы и факты», сентябрь, 1990 г./.

## 4. Ядерная катастрофа на Чернобыльской АЭС

Одной из чудовищных катастроф, случившихся в жизни человечества в течение XX века, была авария на Чернобыльской АЭС. Эта атомная электростанция находится на реке Припять, у самого слияния ее с рекой Днепр. Здесь построен город Чернобыль и создано на Днепре искусственное Киевское водохранилище длиной около 100 км.

Взрыв 4-го реактора Чернобыльской АЭС произошел 26-го апреля 1986 года в 1 час 23 минуты 40 секунд.

Почему же он взорвался?

По официальному сообщению персонал станции /фактически не самовольно, а по указанию вышестоящего начальства из Москвы/ пытался провести эксперимент по улучшению использования тепла реактора. Интересно было узнать, на какое же время хватит запасенной электроэнергии на станции для работы измерительной и прочей аппаратуры в случае непредвиденной /аварийной/ остановки реактора?

Но при этом персоналом были допущены грубые нарушения правила эксплуатации реактора! В результате цепная реакция в реакторе стала неуправляемой! Резко увеличилась скорость деления урана-235, поднялась очень большая температура при отключенной аварийной системе охлаждения и перегретый водяной пар из-за создавшегося чрезмерно высокого давления взорвал реактор. Одновременно вспыхнул очень сильный пожар. (По мнению некоторых специалистов, причинами аварии являются следующие условия. Во-первых, из-за поднявшейся высокой температуры произошло разложение воды на кислород и водород, которые создали чрезмерное высокое давление и взорвали реактор. Во-вторых, из-за взрыва мгновенно понизилось давление на кислород и водород, но они были еще горячие и, благодаря большой температуре, вновь соединились со взрывом, образуя воду. Именно на эти два мощных взрыва, прогремевшие друг за другом, указывают очевидцы аварии).

«Целью эксперимента было проверить, хватит ли накопленной энергии турбогенератора, вращающегося после внезапной остановки реактора, для того, чтобы в течение одной минуты, пока будет запущен аварийный дизельный генератор, питать током насос во-

дяного охлаждения реактора». (См. книгу Г. Хефлинг, Тревога в 2000 году, изд. Мысль, М., 1990 г., стр. 260).

Последствия взрыва реактора ужасающие и не все дается количественному и качественному определению с абсолютной точностью. Так, взрывом снесло верхнюю часть реактора (это около 2 тысяч 300 куб. метров верхнего бетонного перекрытия), надстройку на нем. Разрушились графитовая кладка, ТВЭЛы и другое оборудование реактора. Как было официально сообщено в печати СССР, выброшено взрывом около 3,5% активного вещества. Об этом писала газета «Молодой коммунист» Чувашской АССР от 9 февраля 1989 года, которая перепечатала этот материал из газеты «Московский комсомолец» от 10 ноября 1988 года. Эти газеты ссылаются на информацию об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленную для МАГАТЭ – «Атомная Энергия», т.6, вып. 5, ноябрь 1986 г. Но в 1986 году массовая печать СССР писала лишь об 3%-ом выбросе активного вещества.

Много или мало это 3,5% выброса активного вещества?

Для ответа, прежде всего, нужно учитывать, что взорвался работающий реактор, в котором количество исходного уранового горючего и продуктов его деления во всех ТВЭЛах трудно точно определить, так как это количество постоянно меняется. Они определяются расчетным путем и будут приблизительны.

Если принять, что выброшено 3,5% активного вещества, то это будет приблизительно 6,72 тонны, в том числе около 114,2 кг урана-235 и 20,2 кг продуктов его распада при условии, что к моменту взрыва в ТВЭЛах уран-235 успел распасться на 15% от первоначального количества.

Сообщения в печати о количествах выброшенных веществ не всегда совпадают, что, видимо, объясняется различной методикой подсчета, использованной авторами.

К моменту взрыва в 4-ом реакторе было выработано около 420 кг плутония-239 (газета «Правительственный вестник», № 17, апрель 1990 г., стр. 6). Значит, выброшено взрывом 14,5 кг плутония-239 с активностью 896,7 кюри.

Журнал «Сельская жизнь» (№ 1, 1990 г.) писал о выбросе в атмосферу 50 тонн мелкодисперсных частиц двуокиси урана и, кроме того, 70 тонн радиоактивного топлива в виде крупных кусков с периферийных зон реактора. Эти сведения как небо от земли отличаются от указанного ранее официальной прессой о выбросе 6,72

тонны (т.е. 3,5%) активного вещества. Но журналу можно верить, если учесть, что крупные кусочки графита находили в городе Припяти, который стоит в 3 км от места взрыва (см. журнал «Наука и религия», № 10, 1988 г.).

Из-за взрыва загорелся графит, который в ходе работы реактора тоже стал радиоактивным в результате нейтронной активации углерода-12 с превращением в радиоактивный углерод-14. Последний испускает бета-лучи с энергией 0,155 Мэв, период полураспада у этого изотопа составляет около 5 600 лет.

Во время пожара во взорвавшемся реакторе ядерное горючее расплавилось. Была очень большая опасность, что эта горячая жидкая масса расплавит железобетонное дно реактора. В первые дни пожара даже академики не знали, как поведет себя железобетон в соприкосновении с жидкими радиоактивными веществами, так как радиоактивность влияет на скорость химических реакций даже в обычных условиях. А под дном реактора находился водяно-паровой барботер емкостью 37 тыс. куб. метров. При соприкосновении с расплавленным ядерным веществом вся эта вода разложилась бы на водород и кислород, которые затем чудовищным взрывом соединились бы вновь в воду! Сила этого взрыва раскидала бы всю Чернобыльскую АЭС! Вот почему метростроевцы как могли быстрее проложили тоннель под барботер для его искусственного охлаждения («Российская газета», 2 августа 1994 г.).

В ядерном реакторе под действием тепловых нейтронов из 100 атомов урана-235 образуются в среднем 6 атомов цезия-137 (см. Популярная библиотека химических элементов, Сурьма-висмут, М., изд. Наука, 1973 г., стр.54). Указанное соотношение говорит о том, что к моменту взрыва 4-го реактора Чернобыльской АЭС из имеющихся в нем 3 400 кг урана-235 образовалось около 18,3 кг цезия-137. Это количество цезия-137 должно быть полностью выброшено взрывом в атмосферу, так как цезий кипит при температуре  $688^{\circ}\text{C}$ , а во время пожара в реакторе температура поднялась до  $4000^{\circ}\text{C}$ , при которой расплавились циркониевые оболочки ТВЭЛов (цирконий плавится при  $1852^{\circ}\text{C}$ ). 18,3 кг цезия-137 имеет бета-активность около 1,6 миллион кюри, которые стали радиоактивным загрязнителем окружающей среды. Вот почему в почвах, загрязненных от чернобыльской аварии, почти 80% бета активности приходится на изотопы цезия.

Как далеко и в каких количествах разбросаны радиоактивные вещества из взорвавшегося реактора Чернобыльской АЭС?

«В первый день аварии радиоактивное вещество было выброшено в атмосферу на высоту до 10 тыс. метров. Нижние слои атмосферы в это время дрейфовали на запад, средние слои быстрее шли к северо-северо-востоку (на Скандинавию), а верхние – на восток, к Китаю, Японии, США. Основная часть радиоактивных веществ находилась в средних слоях атмосферы». (См. Г. Хефлинг, Тревога в 2000 году, стр. 261).

Пожар, возникший после взрыва, продолжался около двух недель. Горели графитовая кладка и другие конструктивные материалы. Радиоактивный «дым» рассеивался на многие сотни километров от горящего реактора. С момента взрыва до полного замурования разрушенного реактора в «саркофаг» ветер успел сделать поворот на целых  $360^{\circ}$ , отчего радиоактивные осадки попали на местности, начиная с направления на запад и продолжая через северные, восточные, южные направления, кончая западным направлением. Так, выпадение йода-131 до 2 мая 1986 года обнаруживалось в Киеве, Виннице, Иваново-Франковские, Ровно, Минске, Бресте, Могилеве, Клайпеде, Риге.

Как сообщалось газетой «Правда» 20 марта 1989 года /статья «Чернобыль: прошлое и прогноз на будущее», председатель Госкомгидромет СССР Ю. Израель/, первая полная карта ближнего следа в радиусе до 100 км была составлена уже 2 мая 1986 года, как только определилась четкая струя продолжающихся выделяться радиоактивных газов. Уже за первые 10 дней ветер описал полный круг. В момент аварии ветер дул на запад и образовалась узкая полоса на Украине. Затем 26-27 апреля ветер подул на северо-запад в сторону Белоруссии, 28-29 апреля на северо-восток и восток, а к концу 29 и 30 апреля повернулся на юго-восток и на юг. Наиболее сильное истечение продуктов горения было в 1-3 сутки. Высота радиоактивной струи достигала по самолетным измерениям 1200 м и выше, и все это шло в направлении на северо-запад и северо-восток. Самые сильно загрязненные территории формулировались в первые 4-5 сутки, но загрязнение выпадающими радиоактивными продуктами продолжалось в течение всего мая месяца.

Значительная радиоактивность выпала с дождем в Австрии, ФРГ, Италии, Норвегии, Швеции, Польше, Румынии, Финляндии.

Наибольшее загрязнение в этих странах по цезию-137 достигает около 1 кюри/кв. км.

В середине августа 1987 года (через 15 месяцев после взрыва) правительство Великобритании все еще запрещало забивать на мясо 500 тысяч овец в ряде районов Англии из-за загрязнения мяса овец цезием-134 и цезием-137. Британские власти установили допустимый уровень радиоактивности 1000 расп./сек на килограмм веса овцы. (См. Г. Хефлинг, Тревога в 2000 году, стр. 259).

В СССР в первые дни после аварии по изолинии 0,2 мр/час загрязненные территории составили около 200 тыс. кв. км. Основными загрязнителями стали цезий-137 и цезий-134 (50%), затем идет стронций-90. В районах с сильно загрязненной территорией имеются плутоний-239 (период полураспада 24 000 лет, альфа-лучи до 5,5 Мэв, гамма-лучи до 0,117 Мэв) и плутоний-240 (период полураспада 6 580 лет, альфа-лучи до 5,16 Мэв и гамма-лучи до 0,045 Мэв). Цезий-137 и цезий-134 стали «пожизненными» загрязнителями во многих местностях. Установлены нормы загрязнения грунта по цезию-137 и цезию-134 не более 15 кюри/кв. км и по плутонию-239 и плутонию-240 не более 0,1 кюри/кв. км. Эта норма загрязнения по цезию дает облучение людей за 70-75 лет не более 35 бэр, что считается безопасным.

Считают, что при взрыве 4-го реактора Чернобыльской АЭС половину радиоактивного выброса составил йод-131 (период полураспада 8,05 дня, испускает бета-лучи с энергией 0,8 Мэв и гамма-лучи с энергией до 0,4 Мэв (80%) и др. Причем объявлено, что выброшено всего активности около 50 млн. кюри химически активных и еще 50 млн. кюри химически инертных радиоактивных изотопов.

Но верить этому официальному утверждению трудно. Эти сомнения возникают по следующим соображениям.

При условии, что только за 10 дней работы ТВЭЛов в реакторе распалось 102 кг урана-235, то за это время йода-131 образовалось 1,760 кг (выход его в ядерной реакции 3,1%), но из-за распада в реакторе до взрыва за 10 дней накопилось его всего 1,130 кг, которые имеют активность 143 млн. кюри. При этих же условиях ксенона-133 накопилось 1,993 кг (выход 6,6% и образовалось же его 3,810 кг) с активностью 376 млн. кюри. Естественно, в результате взрыва и последующего пожара все это вышло в атмосферу (т.е. выброшенная суммарная активность только йода-131 и ксенона-133 со-

ставляет 519 млн. кюри!!!). Но были в реакторе еще другие легкокипящие изотопы, например, вот какие:

0,322 кг йод-133 с активностью 374,419 млн. кюри  
0,033 кг йод-135 с активностью 117,857 млн. кюри  
2,890 кг барий-140 с активностью 222, 307 млн. кюри  
0,936 кг теллур-132 с активностью 312,000 млн. кюри  
0,047 кг теллур-131 с активностью 391,667 млн. кюри.

А в реакторе к моменту взрыва ведь были еще другие радиоактивные изотопы: например, около 420 кг плутония-239 (5 610 кюри), около 18,3 кг цезия-137 (1,6 мл. кюри), радиоактивного стронция около 11,3 кг (1,6 млн. кюри только по стронцию-90)!

Поражает, что руководство Чернобыльской АЭС и все другие до самого высшего руководства стараются скрывать от народа информацию, связанную с взрывом. Например, даже в городе Припяти, где жили работники Чернобыльской АЭС (теперь город закрыт навечно), 50-тысячное население ничего не знало об аварии в течение 1,5 суток. Только после этого людей начали вывозить из пораженного города (эвакуация людей началась в 14 часов 27 апреля). А в субботний день 26 апреля дети учились в школах, малыши босиком бегали по песку и по пенным лужам, которые оставляли спецавтомшины, моющие асфальт от радиоактивных осадков специальным веществом.

Выходит, власти знали, что на город сыплется смертельная пыль, но от людей скрывали! Надеялись: авось пронесет! (Ж. «Наука и религия», № 10, 1988).

Если власти ограничились 30-километровой зоной отчуждения территории из-за сильного загрязнения вокруг Чернобыльской АЭС, то по сообщениям журнала «Сельская новь» № 1 за 1990 год в Народичском районе Украины на 1989 год у 80% детей увеличена щитовидная железа (до взрыва это наблюдалось у 10-15% детей), резко увеличилось число глазных заболеваний, анемия у детей, раковые заболевания, в том числе особенно рак полости рта, пищевода, желудка, на фермах хозяйств появились 119 поросят и 37 телят мутантов. У одних нет конечностей, у других – глаз, ребер, ушей, деформированы черепа. В одном хозяйстве родился жеребенок с 8-ью ногами. А этот город Народичи Житомирской области находится в 90 км от Чернобыльской АЭС. Вот какие были истинные размеры опасного загрязнения в результате взрыва ядерного реактора!

В зоне взрыва радиоактивность достигала десятки Р/ч, а на поверхности земель в радиусе 100-200 км от взрыва даже через 1,5 месяца после взрыва было около 2 мР/час (как, например, на территории 5 западных районов Брянской области). Материальный ущерб стране нанесен на 8 млрд. рублей (это на 1989 год, а ущерб из года в год повышается, в 1990 году уже говорят о 12 млрд. руб. ущерба).

После взрыва реактора Чернобыльской АЭС из-за сильного пожара развилась огромная температура (около  $4000^{\circ}\text{C}$ ), что привело к плавлению всего содержимого реактора. Жидкая масса собралась на дне реактора, угрожая его проплавить и вытечь наружу. К счастью, благодаря срочно принятым мерам для охлаждения дна реактора снаружи, удалось этого не допустить и избежать сильного радиоактивного загрязнения подземных вод. В ходе ликвидации последствий аварии под дно реактора установлена мощная система охлаждения. Теперь в течение очень долгих лет будет вестись наблюдение за работой этой системы охлаждения, содержание ее в полной исправности, так как «замурованном» реакторе идет постоянная реакция естественного распада оставшегося после взрыва урана-235 и других продуктов его деления с выделением большого количества тепла. Если же это тепло не отводить, то разрушенный реактор может сильно нагреться, снова произойдет взрыв с выбросом радиоактивных веществ. Но цепная реакция деления урана-235 в разрушенном реакторе не должна развиваться, потому что в нем урана-235 осталось слишком мало, к тому же он смешан с продуктами своего деления, которые тормозят цепную реакцию.

Специалисты Военно-медицинской службы КГБ с мая 1986 года независимо от Минздрава СССР исследовали последствия аварии на Чернобыльской АЭС.

По их оценкам радиоактивные вещества разнеслись на очень большие расстояния от взорвавшегося реактора. На протяжении длительного времени существенное значение в загрязнении территорий имели выпавшие при этом радиоизотопы церия, ниобия, циркония, теллура, неодима, нептуния, рутения, лантана, цезия и некоторых трансурановых элементов. С пищей, водой, вдыхаемым воздухом и через кожу они постепенно входили в организм людей. Специалисты ВМС КГБ считают, что не йод и цезий были после аварии основными основным дозообразующим фактором, а именно другие радионуклиды (радиоактивный йод же отразился только на

щитовидной железе людей и других животных). Но по Минздраву СССР лучевыми нагрузками других радионуклидов можно пренебречь. Специалисты ВМС КГБ наоборот считают, что в 1986 году именно эти другие радиоэлементы (т.е. кроме йода и цезия) составляли 80% дозы радиации, а в последующие годы – 50-70%. Значит, Минздрав СССР сознательно уменьшал дозы радиации, не учитывая эти 80%.

Многие радиоактивные элементы, выброшенные при аварии, относятся к тяжелым металлам, которые совместно радиоизлучением оказывают большой вред живому организму.

По мнению специалистов ВМС КГБ УССР 35-летняя концепция Минздрава СССР научно несостоятельна и опасна тем, что дезинформирует население и правительство.

Нужно заметить, что аварии различной тяжести на ядерных реакторах случаются не редко. Так, 6 апреля 1993 года был взрыв одного реактора в городе Томск-7. Город этот возник в конце 1940-х годов на берегу реки Томь. Там построено 6 реакторов, производящих плутоний. Уже 3 реактора остановлены. /Газета «Известия» от 8 апреля 1993 года и от 9 апреля 1993 года/.

В реакторе города Томска-7 было более 8 тонн урана, 310 г плутония. В выбросах после взрыва обнаружены рутений-103 и рутений-105, цирконий-95, ниобий-95, америций-241. В момент взрыва реактор в Томске-7 обогащал уран для французской фирмы «Кожема». Реакторы Томска-7 снабжают оружейным ядерным горючим Арзамас-16. Аналогичная технология переработки оружейного урана применяется и в Красноярске-26. /Газета «Известия», 22 апреля 1993 г./.

## 5. Применение радиоактивных веществ в народном хозяйстве

О применении ядерной энергии в военных целях и в ядерных реакторах уже сказано выше. Можно добавить к сказанному, что в 1986 году в СССР работали 41 энергетический реактор с суммарной мощностью более 28 млн. квт, в 1990 году – 46 реакторов. В 12-й пятилетке планируется ввести еще 41 млн. квт. В 1985 году на АЭС выработано 10,8% общего количества электроэнергии. Работают Обнинская (первая в мире АЭС, пущена в 1954 году), Белоярская (с 1964 года), Нововоронежская (с 1964 года), Ленинградская (с 1973 года), Кольская, Билибинская, Смоленская, Курская, Чернобыльская, Ровенская, Южно-Украинская, Калининская, Армянская, Шевченковская. В Дмитровграде Ульяновской области работают несколько исследовательских реакторов мощностью 50-60 тыс. квт каждый.

В 12-й пятилетке намечены построить АЭС: Балаковская, Татарская, Ростовская, Краснодарская, Костромская, Башкирская, Южно-Уральская, Запорожская, Хмельницкая, Крымская, Грузинская, Игналинская и атомные теплоэлектроцентрали (АТЭЦ): Волгоградская, Харьковская, Минская, Одесская и Горьковская, Воронежская атомная станция теплоснабжения (АСТ).

В июле-сентябре 1990 года работали 28 блоков АЭС (на 18 тыс. Мвт электрической мощности), были на профилактическом ремонте и перегрузках ядерного топлива 17 блоков, остановлены 6 блоков (1 и 2 блоки Армянской, Белоярской, Нововоронежской АЭС. /Газета «Известия», 20 октября 1990 г./.

К сказанному о действующих и строящихся атомных электростанциях нужно добавить, что в последние годы население тех мест, где размещены или планируется построить АЭС, подняло мощную волну протеста против их работы. Сейчас трудно ответить, какая станция в ближайшее время будет закрыта и где прекращено строительство. Так, Армянская АЭС превращена в ТЭЦ, Горьковская АЭС с 2-мя построенными реакторами не вводится в эксплуатацию. На других станциях построены несколько реакторов, а строить другие запланированные реакторы население не позволяет. Люди понимают и боятся, что блага от АЭС в сегодняшний день превратятся в будущем в нашу погибель.

Общая электрическая мощность АЭС мира оценивается около 261 млн. квт (15% всей вырабатываемой электроэнергии). В то же время в 1986 году выработано на АЭС в Англии – 19%, во Франции – 65%, Бельгии – 60%, ФРГ – 31% от общего количества электроэнергии.

Сторонники АЭС, чьи жизненные интересы переплетены с мощью атомной энергетики, всячески убеждают других в выгоде использования АЭС. Они в этом деле успели сделать действительно многое. Так, в 1986 году в 26 странах мира действовало 350 различных ядерных реакторов: по конструкции, составу топлива, типа замедлителя, теплоносителя (в это число, конечно, не относятся ядерные реакторы на атомных подводных лодках – о них совсем другой разговор и им другой счет!).

Ядерные реакторы применяются в качестве источников тепловой и электрической энергии на многочисленных атомных подводных лодках, на атомных ледоколах «Ленин» (пущен в 1959 году, 3 урановых реактора общей мощностью 195 тыс. квт, в 1990 году ледокол снят в связи с истечением срока эксплуатации), «Арктика» с 1977 года, «Сибирь» с 1978 года, «Россия» с 198.. года, «Советский Союз» с 1990 года. Китайское атомное судно «Заянтан» («Голос народа») с 1964 года перевозит на борту до 3 400 человек.

Большая проблема с утилизацией реакторов списанных атомных подводных лодок в связи с истечением срока их эксплуатации. В 1990 году жители побережья Тихого океана СССР подняли волну протеста против попытки военных властей выгружать списанные реакторы на их берегу, поэтому места выгрузок этих реакторов постоянно меняются.

Вот о чем писала «Российская газета» 25 февраля 1995 года. Минам России – эта целая империя с 800-тысячным населением, с 30 тысячами докторов и кандидатов наук, с 9 АЭС, с 10 закрытыми городами – федеральными ядерными центрами. В Противино строится 23-километровый кольцевой ускоритель в подземном тоннеле. Сейчас на базах флота стоят 120 выведенных из строя атомных подводных лодок. Из этих лодок не вырезаны и не захоронены активные зоны реакторов. Необходимо очистить от радиоактивных загрязнений территории в Курганской, Челябинской и Свердловской областях, работать на ПО «Маяк», ликвидировать зараженное озеро Карачай, реабилитировать некоторые территории в Томской, Красноярской, Московской, Ульяновской областях, Удмуртии.

Нужно что-то делать с 1,2 миллионами тонн накопившихся опасных радиоактивных отходов.

28 февраля 1995 года та же «Российская газета» сообщила о следующем. Атомный ледокол «Ленин» спущен на воду 5 декабря 1954 года, а с конца 1959 года эксплуатировался. Но теперь его называть атомным нельзя, так как из реактора удалено ядерное топливо, судно находится в режиме отстоя, на нем работает экипаж из 38 человек. Его ядерный реактор нужно разрезать, залить куски бетоном и их захоронить. Из корпуса корабля «Ленин» намереваются сделать музей или гостиницу. Сейчас работают 5 атомоходов: «Россия», «Советский Союз», «Ямал», «Таймыр», «Вайгач», есть лихтеровоз «Севморпуть». Атомоходы «Арктика» и «Сибирь» не работают, ждут ремонта. Из Мурманского морского пароходства отработанное ядерное топливо отправляется на переработку по железной дороге в Челябинскую область на ПО «Маяк».

На автоматических космических кораблях, автоматических метеостанциях с 1961 года используются энергетические установки, которые вырабатывают для их функционирования тепло и электроэнергию при распаде плутония-238, стронция-90, прометия-147, цезия-137, кобальта-60, тория-244, полония-210.

В СССР с 1964 года выпускаются термоэлектрические генераторы «Бета» на основе стронция-90 и служат они источником питания автоматических на труднодоступных местах. В США созданы изотопные электрогенераторы на основе плутония-238. Но особенно перспективно применение в подобных установках полония-210. Этот радиоизотоп – альфа-излучатель с большой энергией (5,3 Мэв, период полураспада 138 дней), его гамма-излучение с энергией 0,8 Мэв незначительное. Такую силовую установку можно применять на пилотируемых космических аппаратах. Полоний-210 уже применен на «Луноходе» для обогрева приборов во время лунных ночей, когда температура там достигает  $-130^{\circ}\text{C}$ .

Применение радиоактивных веществ в медицине общеизвестно. В первое время для лечения раковых опухолей применяли добываемый в природе радий-226. Однако мировой запас его к началу второй мировой войны составлял всего 1,5 кг! Самые крупные радиотерапевтические центры имели его не более 5 г. В настоящее время природный радий в медицине вытеснил получаемый искусственно более дешевый радиоактивный кобальт-60.

Радиоактивные изотопы фосфора и натрия применяются для исследования процессов движения крови при болезни сердечно-сосудистой системы. Радиоизотопы радона, ксенона, криптона применяются для диагностики опухолей мозга.

Мощные генераторы излучений на базе кобальта-60, цезия-137 и стронция-90 применяются для проведения реакций полимеризации без участия химических катализаторов, так как последние в известной мере загрязняют получаемый продукт. Так, например, получают тетрафторэтилен (фторопласт-4) с лучшими свойствами.

Лучевая стерилизация, прежде всего, применяется в медицине. Используются мощные источники гамма-лучей на основе кобальта-60 и цезия-137. Так стерилизуют перевязочные материалы, иглы, шприцы, ампулы с препаратами для инъекций и др.

Статическое электричество возникает практически везде и особенно там, где бывают процессы скольжения, трения (в текстильной промышленности и т.п.), и это связано с опасностью возникновения пожаров, взрывов или просто приводит к браку. Изотопные нейтрализаторы статического электричества решают все эти проблемы. В качестве источников излучения в таких нейтрализаторах применяются плутоний-238, прометий-147, тритий. Тяжелый водород тритий является бета-излучателем с энергией 0,018 Мэв, период полураспада 12,3 года; прометий-147 – бета-излучатель с энергией 0,223 Мэв, период полураспада 2,6 года; плутоний-238 – альфа и гамма-излучатель с энергией 5,5 и 0,156 Мэв, период полураспада 90 лет/.

Радиоизотопные приборы применяются для измерения толщины различных материалов (при прокате стальных листов, качества швов при сварке толстых труб магистральных газопроводов и т.п.), измерения и контроля уровня жидких и сыпучих материалов.

В настоящее время у мирного атома особенно много «професий» связано с сельским хозяйством.

В 1975-1978 годах испытывалась гамма-установка «Колос» на автомашине. Она облучала в час до 1 тонны зерна дозой 700-1000 рад. Такое облучение семенного материала непосредственно перед посевом повышает урожайность пшеницы на 2-4 ц с га, подсолнечника – на 4 ц с га, кукурузного силоса – 20 ц с га. Позже были созданы еще несколько подобных установок для предпосевного облучения семян гамма-лучами, как «Стибель-3а» на автоприцепе ГАЗ-69 с пропускной способностью 25 кг семян в час, «Универсал»

на автомашине КрАЗ-255 Б для облучения несъпучих материалов (семян хлопка, черенков плодовых растений и др.).

Ионизирующие лучи применяются для получения новых сортов растений. Так создано в мире 36 сортов пшеницы, 63 сорта ячменя, 8 – овса, 27 – риса, 23 – зернобобовых и т.д. Интересен один случай: в Индию завезли сорт пшеницы Сонора-64 с красными семенами. Хотя сорт этот был высоко урожайный, но местные жители не признавали его, так как традиционно пекли они хлеб из пшеницы с зерном золотисто-янтарного цвета. Тогда семена Сонора-64 облучили гамма-лучами изотопа кобальта-60 в дозе 20 килорад и за 4 года вывели новый сорт Шарбати сонора с зерном янтарного цвета, а остальные признаки пшеницы остались неизменными. Сейчас этот сорт пшеницы в Индии наиболее распространенный.

В Туркмении создана новая мощная гамма-установка «Исследователь» для получения новых сортов тонковолокнистого хлопчатника на основе изменения наследственных признаков при облучении семян. Эта установка может в течение столетий работать без изменения источника излучения.

Ионизирующие излучения широко применяются во всем мире для продления срока хранения и сохранения качества сельскохозяйственной продукции. При таком облучении погибают всевозможные вредители, болезнетворные микроорганизмы, предотвращается прорастание и таким образом сохраняется качество зерна, овощей, фруктов, мясомолочной и других видов продукции. Гамма-облучение продуктов проводится на специальных установках в определенных дозах, которые не изменяют пищевые качества продуктов.

В СССР на крупных овощехранилищах облучают картофель ускоренными электронами с энергией 1 Мэв дозой до 30 килорад. При этом затраты на облучение 1 тонны составляют 3-5 рублей, а дополнительные доходы от снижения потерь и реализации продукции с хорошим качеством составляют 30 рублей. Например, необлученный картофель прорастает через 8 недель после уборки, а облученный – только через 32 недели. Такие установки применяются в ряде стран. Так, в Англии имеется гамма-установка для облучения картофеля с пропускной способностью 30 тонн в час, в Японии – до 350 тонн в сутки.

В портовом элеваторе Одессы используют установку «Десинсектор» для борьбы с амбарными вредителями на основе ускоренных электронов с пропускной способностью до 200 тонн зерна в час.

В СССР имеются очень крупные животноводческие комплексы. Так, в Сибири в объединении «Омский бекон» содержится до 100 тыс. голов свиней. Как быть с жидкими навозными стоками этого крупного свиноводческого комплекса? Вот для обеззараживания навозных стоков здесь применяется установка с ускорителем электронов с производительностью 2 тыс. куб. м в сутки.

Для перевозки сельскохозяйственной продукции требуется много тары разнообразной формы и видов. Вся используемая тара должна соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям. Но трудность в том, что не все материалы выдерживают химическую обработку перед загрузкой, а затраты очень большие. Вот тут-то опять приходят на помощь гамма-облучатели.

О меченых атомах говорят уже давно. Это – радиоактивные атомы химических элементов, входящих в состав тех или иных веществ. Вот, например, пусть исследователю необходимо узнать о передвижении питательных веществ из почвы по организму растения. Для этого специально готовят фосфорное удобрение (можно и азотное, калийное или другое), в состав которого вводят вместо обычного фосфора радиоактивный фосфор. Затем этим удобрением обрабатывают почву или поверхность растения, систематически берут пробы почвы и растения. С помощью радиометрических приборов определяют присутствие радиоактивного фосфора в этих пробах, получая количественные и качественные характеристики.

В агрохимических лабораториях страны уже сейчас определяют содержание калия в удобрениях не трудоемкими химическими анализами, а радиометрическим путем, так как в любом природном калийном соединении содержится известное постоянное количество радиоактивного калия-40. Определяя содержание радиоактивного калия-40, вычисляют содержание обычного калия в исследуемой пробе. Это очень удобно, быстро, дешево и точно.

## 6. Заключение

Люди своей деятельностью заметно увеличивают присутствие в природе искусственных радиоактивных веществ. Более того, люди извлекают из недр на поверхность естественные радиоактивные вещества, и все это невольно рассеивают по поверхности земли. Конечно, такое вмешательство людей в жизнь природы не остается без следа. Оно опасно не только для неорганической природы, но и для растений, животных и для самих людей. Зачастую эти последствия оказываются непоправимо пагубными для всего живого мира на земле.

Напомним основные источники радиоактивных облучений, созданных людьми к существующему естественному радиоактивному фону. Это: ядерные испытания, атомные электростанции, радиохимические заводы, атомные подводные лодки, различные космические и автоматические метеорологические аппараты, медицинская диагностика, радиоактивные бытовые приборы, воздушный транспорт, тепловые электростанции с использованием каменного угля, извлекаемые из глубоких недр фосфорно-калийные удобрения и многое др.

На современном этапе каждый человек наибольшее облучение получает от медицинских процедур после естественного облучения. (А.М. Кузин. Невидимые лучи вокруг нас, изд. «Наука». М., 1980).

Сегодня нельзя не учитывать угрозу со стороны монополистов атомной энергетики. Они поглощают колоссальные народные средства на свое существование. Они загрязняют окружающую среду смертоносными веществами. Они не только вытесняют людей с обжитых мест, но и губят человечество в интересах сиюминутных благ.

Атомная энергетика при современной технологии опасна!

Энергия атома велика и неисчерпаема. Она может погубить человечество или обеспечит безграничный прогресс в будущем.

1987, 1990 – 2009 гг.

**Николаев Виталий Николаевич**

# **Атом созидающий и разрушающий**

---

**Авторское издание  
Николаев Виталий Николаевич  
Цивильск  
2010**

