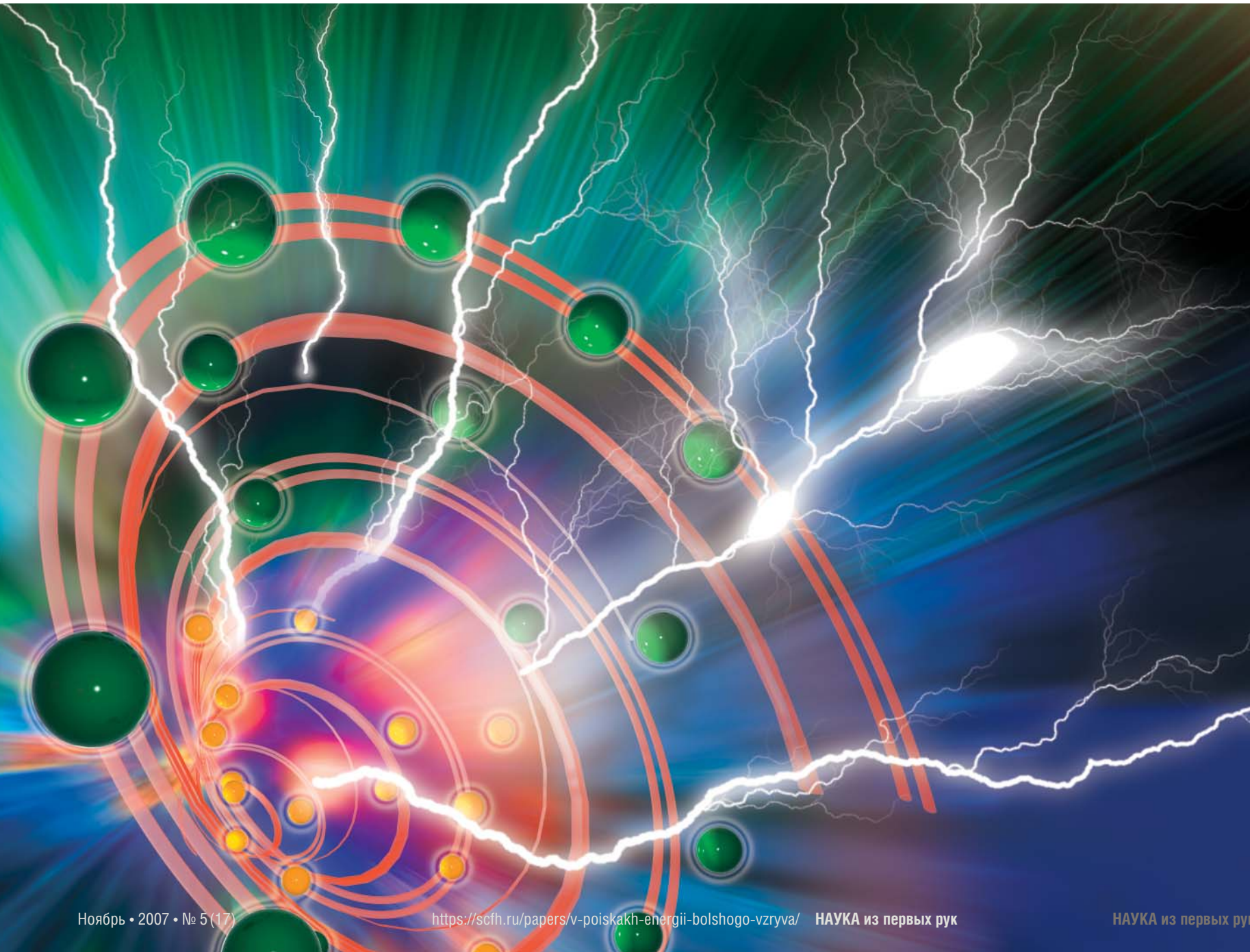


В ПОИСКАХ ЭНЕРГИИ БОЛЬШОГО

ВЗРЫВА



ГРАЧЕВ Михаил Александрович — действительный член РАН, доктор химических наук, директор Лимнологического института СО РАН (Иркутск). Основные научные интересы — молекулярная энзимология, палеоклимат, аналитическая химия. М. А. Грачев принимал активное участие в подготовке Закона об охране озера Байкал. Лауреат Государственной премии СССР, лауреат премии А. П. Карпинского

Как известно, все химические элементы образовались при сжатии вещества Вселенной после Большого Взрыва. Протоны и нейтроны соединились в более или менее устойчивые комбинации. Неустойчивые комбинации привели к образованию радиоактивных элементов, которые к настоящему времени распались или сохранились лишь в малых количествах. В природных радиоактивных веществах запасена энергия Большого Взрыва, подобно тому как в ископаемых топливах запасена световая энергия Солнца предыдущих геологических эпох. Ядерная энергия, освобождающаяся при радиоактивном распаде, на много порядков выше энергии химического горения — это хорошо известно еще с конца 19 в. — но использовать ее в серьезных практических целях представлялось невозмож-

ным, так как внешние условия: давление, температура, атака химическими реагентами — на скорость радиоактивного распада ядер не влияют.

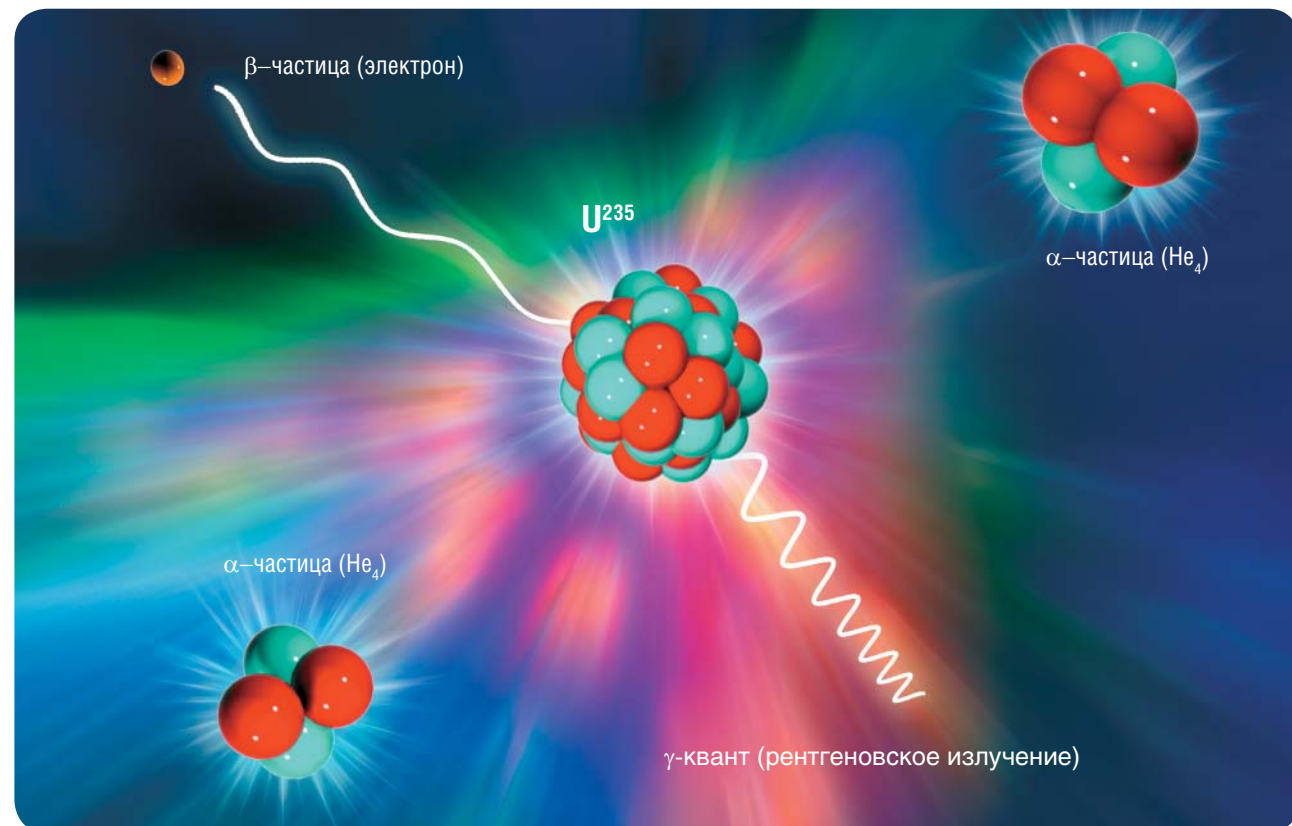
Ситуация коренным образом изменилась, когда в конце 1930-х гг. была открыта ядерная реакция деления урана. Ядро урана, подобно большой капле, неустойчиво и при ударе случайного нейтрона легко распадается на две приблизительно равные части. Самое главное, что при таком распаде образуется несколько новых свободных нейтронов. Попадая в ядро соседнего атома урана, нейтрон вызывает его распад, и образуется еще несколько нейтронов. Каждый из них, попав в новое ядро, вызывает и его распад. Реакция распада протекает подобно лавине: в ней высвобождается огромное количество запасаемой во время Большого Взрыва энергии, и этой энергией можно управлять, регулируя поток нейтронов. Если быстро собрать в одну точку много (несколько килограммов) урана (критическую массу), произойдет ядерный взрыв. Если урановые блоки подкидывать в ядерную топку постепенно, будет происходить медленное ядерное горение — тепло будет выделяться постепенно, получится тепловая станция.

Физики-ядерщики сразу поняли, что из урана можно сделать абсолютное оружие — атомную бомбу. Несколько десятков килограммов урана при ядерном взрыве высвободят энергию тысяч тонн тротила.

Однако, к счастью для человечества, которое уже втягивалось во Вторую мировую войну, оказалось, что распаду по описанному сценарию подвергается только один из изотопов урана — уран-235, присутствующий в природной смеси изотопов лишь в малом количестве (около 0,7%). Ядерную бомбу из природного урана сделать нельзя — нужно каким-то образом обогатить его, повысить содержание урана-235. Именно эту сложнейшую

Природный уран в основном состоит из смеси трех видов изотопов: 238, 235 и 234. Его содержание по массе в земной коре в среднем чуть более двух десятитысячных долей. Чистый уран по виду не отличается от обычного кусочка стали, хотя по удельному весу тяжелее любого металла, легко обрабатывается; измельченный в порошок, хорошо горит на воздухе. Однако, в отличие от безобидной стали, обладает сильной химической и радиационной токсичностью

Радиоактивный распад урана



задачу и решили участники инициированного в 1939 г. Альбертом Эйнштейном международного Манхэттенского проекта, целью которого было создать атомную бомбу раньше гитлеровской Германии. Итогом стала бомбардировка Хиросимы и Нагасаки, а также монополия Запада на ядерное оружие.

Уже в 1945 г., сразу по окончании мировой войны, началась война холодная. В США появился список из 18 городов Советского Союза, на которые планировалось сбросить атомные бомбы. К 1949 г. число этих городов выросло до ста.

С ядерной проблематикой я познакомился во вполне «зрелом» возрасте шести лет. Было это в 1945 г., в августе, когда американцы взорвали атомные бомбы в Японии. Тогда я спросил своего отца: «Папа, скажи, пожалуйста, а у Сталина есть атомная бомба?» Он ответил мне: «Конечно, сынок, есть, не беспокойся». Но атомной бомбы в то время у Сталина не было. Она появилась только в 1949 г., тогда же произошли ее первые испытания. А до того момента мир был на грани ядерной катастрофы. По крайней мере, нашей стране грозила полная демократизация на радиоактивном пепелище.

Неизвестно, как бы развивалась мировая история, если бы в 1949 г. СССР не испытал свое ядерное оружие. Появлению атомной бомбы в СССР, рискуя жизнью, способствовали иностранные ядерщики, которые понимали, что мировая монополия на ядерное оружие недопустима. Нависшую над населением СССР огромную угрозу отлично осознавали и советские ученые и инженеры, ценой героических усилий создавшие советскую ядерную отрасль. Я глубоко убежден в том, что именно огромный энтузиазм, огромная ответственность тех людей, которые создавали ядерную промышленность в Советском Союзе, привели к тому, что не было войны. Война могла быть только ядерной, а ядерное оружие стало обоюдоострым. И ядерная война не состоялась. По-моему, это важнейший фактор развития современной цивилизации.

Центрифуга на страже мира

Решение о строительстве Ангарского электролизного химического комбината — завода, производящего обогащенный уран-235, — было принято в 1954 г. В 1957 г. АЭХК вступил в строй, выдал первую продукцию, а затем и внес весомый вклад в дело защиты мира.

Процесс разделения изотопов урана основан на небольшом различии масс атомов (235 и 238 атомных единиц). Для разделения изотопов уран переводят в газообразный гексафторид. Более легкие молекулы находящегося в газовой фазе гексафторида урана-235 быстрее диффундируют через микроскопические отвер-

Средняя ТЭЦ, работающая на обычном угле, выбрасывает в атмосферный воздух с золой более 500 кг урана в год, в то время как Ангарский электролизный химический комбинат выбрасывает в атмосферный воздух не более 15 кг урана в год

Одна из систем для очистки вентиляционного воздуха от вытяжной вентиляции объектов, выделяющих значительные количества урана, устроена так, что на первом этапе воздух пропускается через башни с полками, на которых размещены опилки. Уран имеет высокое сродство к органике и хорошо улавливается опилками. Очищенный воздух из башен поступает на установки, в которых воздух промывается раствором соды. Здесь улавливаются следы урана

стия специальных пористых мембран. Последовательно пропуская газ через каскад из многих тысяч мембран, можно получить гексафторид чистого урана-235, отделив его от урана-238. Именно эта — диффузионная технология — была реализована в Манхэттенском проекте, а позднее и в Ангарске. Уму непостижимо, как в разоренной недавней войной стране, да еще в Сибири, удалось создать сложнейшее диффузионное производство.

Еще на заре ядерного века, наряду с диффузионным процессом разделения изотопов урана, рассматривался вариант их разделения в центрифуге. В роторе центрифуги молекулы гексафторида урана с тяжелым изото-

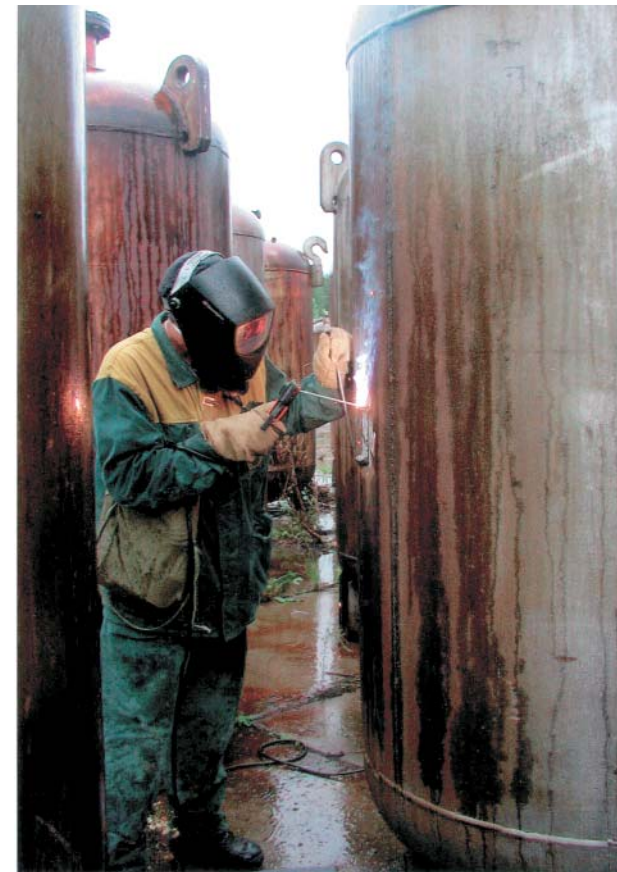




Разделение изотопов урана U-235 и U-238 с образованием обогащенного и обедненного газовых потоков гексафторида урана происходит в центрифугах. Центрифуги соединены коммуникациями в общую систему, коэффициент полезного действия которой, практически, приближается к ста процентам

Начиная с 1895 г. десятки ученых пытались найти техническое решение применения методов разделения изотопов в сильных гравитационных полях, особенно интенсивно в годы войны (1939—1945), включая беспрецедентные усилия и затраты США, в рамках программы «Манхэттенский проект», но безуспешно. В 1951 г. в СССР по решению Государственной комиссии и приблизительно в то же время в США работы в этом направлении были закрыты как бесперспективные. Однако уже в июле 1952 г. Постановлением Правительства СССР № 3088 снова возобновлены. Лишь в июне 1959 г. Министерством среднего машиностроения СССР для серийного производства была утверждена чертежно-техническая документация на газовую центрифугу ВТ-3Ф

пом урана концентрируются немного ближе к стенке ротора, чем молекулы с легким изотопом. Соединив множество центрифуг в каскад, можно получить значительно обогащенный гексафторид урана-235. Принцип разделения прост, но реализовать его было трудно. Для того чтобы разделить изотопы, нужно вращать ротор с огромной скоростью (1 500 оборотов в секунду). Ускорение при этом равно нескольким сотням тысяч ускорений силы тяжести Земли, и ротор испытывает огромные механические нагрузки. Советские инженеры создали системы подвески роторов, а также специальные особо прочные материалы. Был налажен серийный выпуск тысяч газовых центрифуг. В 1990-е гг. АЭХК полностью перешел на прогрессивную, энергосберегающую центрифужную технологию.



Один из твердых отходов АЭХК — гексафторид обедненного по изотопу 235 урана — хранится на открытой площадке АЭХК в стальных контейнерах на специальном складе. Обедненный ГФУ рассматривается как потенциальное сырье для энергетики будущего, а потому находится в госрезерве. В исключительно редких случаях в местах сварных швов образуются трещины, через которые на поверхность выделяется гексафторид урана. Однако трещина быстро «затягивается» фторидом уранила, и ее без выгрузки гексафторида урана заваривают электросваркой, а контейнер возвращают на производство для выгрузки

С целью обеспечения готовности персонала к ликвидации возможных аварийных ситуаций на подразделениях комбината проводятся регулярные противоаварийные тренировки в соответствии со стандартом комбината СТП 189 «Тренировки противоаварийные. Организация проведения, документальное оформление»

На обогащение урана диффузионным методом разделения изотопов урана тратится около 5% всей энергии, которая может быть получена из обогащенного таким способом продукта на атомной станции. При центрифужной технологии обогащения урана этот показатель уменьшается до 0,1% (По материалам зарубежной печати)

Экологический аудит на страже АЭХК

В 2006 г. в печати появились первые сведения о том, что в России собираются создавать Международный центр по обогащению урана. Поскольку Иран хотел развивать свою ядерную программу, а международное сообщество было озабочено тем, чтобы у Ирана не появилось ядерное оружие, возникла идея создания в России центра, обеспечивающего условия, при которых обогащенный уран будет доступен всем добросовестным производителям энергии, которые собираются строить атомные станции, и абсолютно недоступен создателям даже маленьких ядерных бомб. Так как развешивать центр предполагалось именно в Ангарске, я понял, что от рассмотрения этой проблемы не отвергаться, потому что она касается развития нашего региона. К тому же, у Лимнологического института благодаря работам по

палеоклиматологии и геохимии урана в Байкале накопился большой опыт измерения низких концентраций урана и его изотопов в природных средах.

Естественно, что планы создания Международного центра по обогащению урана вызвали большую озабоченность общественности в отношении ядерной безопасности. Про себя я могу сказать, что боюсь тех же вещей, что и другие люди. Хотя информация была достаточно закрытой, я все же знал, чем занимается Ангарский электролизный химический комбинат: производством обогащенного урана. Но какой уран и как он его производит — не знал: это было покрыто очень плотной завесой секретности. И было, конечно, страшно.

Но, как говорят, сон разума рождает чудовищ. Нужно было разбудить разум.

Наши интересы совпали с интересами комбината, которому нужно было объяснить общественности, что он

Комбинат направляет значительные средства на природоохранную деятельность — до 200 млн руб. в год. На охрану воздушного бассейна выделяется ежегодно до 100 млн руб., на защиту водоемов от загрязнения — 80 млн руб., на захоронение и утилизацию отходов — до 20 млн рублей

делает и в какой степени это безопасно для окружающей среды и людей. А нам нужно было знать, как устроена эта «игрушка» — «ангарский будильник».

На этой почве возникла идея проведения экологического аудита Ангарского комбината. В отличие от экологического исследования, в случае аудита в основном мы берем не свои данные, полученные в наших лабораториях, а проверяем на непротиворечивость данные других организаций, самого комбината и проверяющих его агентств. Большой объем документации — десятки томов — нам предоставил комбинат, сняв с нее гриф секретности. Это было очень важно и очень сложно.

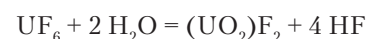
Об итогах нашей работы могу сказать следующее.

Комбинат не наносит никакого значимого ущерба природной среде. Например, наиболее значимым по количеству является выброс аммиака. В год комбинат выбрасывает несколько десятков тонн аммиака, но это в несколько раз меньше, чем выброс аммиака с соседней птицефабрики. Урана же комбинат выбрасывает ничтожное количество (всего около 16 кг в год), потому что имеет эффективную систему улавливания всех его остатков. Мощная угольная ТЭЦ выбрасывает около тонны урана в год. Воду АЭХК не загрязняет, поскольку свежая вода используется исключительно для охлаждения замкнутых контуров оборудования. Также он не выбрасывает существенных количеств тяжелых металлов и других экотоксикантов. Мы пришли к неожиданному для себя выводу: Ангарский электролизный химический комбинат является одним из самых экологически чистых предприятий региона. Этим выводам соответствовали и данные наших контрольных измерений.

Один из твердых отходов АЭХК — гексафторид обедненного по изотопу 235 урана — вызывает большую озабоченность общественности. Этот, так называемый обедненный ГФУ, образуется при обогащении. Он содержится на территории АЭХК на специальном складе. Проблема утилизации обедненного урана в мире пока не решена — он хранится на складах в виде ГФУ во всех странах, получающих обогащенный уран. Обедненный ГФУ рассматривается как потенциальное сырье для энергетики будущего (для реакторов на быстрых нейтронах), а потому находится в госрезерве.

Обедненный ГФУ на АЭХК хранится на открытой площадке в стальных контейнерах. Без доступа влаги это вещество устойчиво и не создает в контейнерах высокого давления (при комнатной температуре избыточное давление не превышает 0,1 атм.). Давление становится равным атмосферному при температуре возгонки вещества, равной 56,5 °С. Таким образом, загрязнить природную среду хранящийся на АЭХК гексафторид урана может лишь при особых обстоятельствах, приводящих к разгерметизации контейнера.

При взаимодействии с влагой гексафторид урана превращается в нелетучий фторид уранила и летучий фтористый водород:

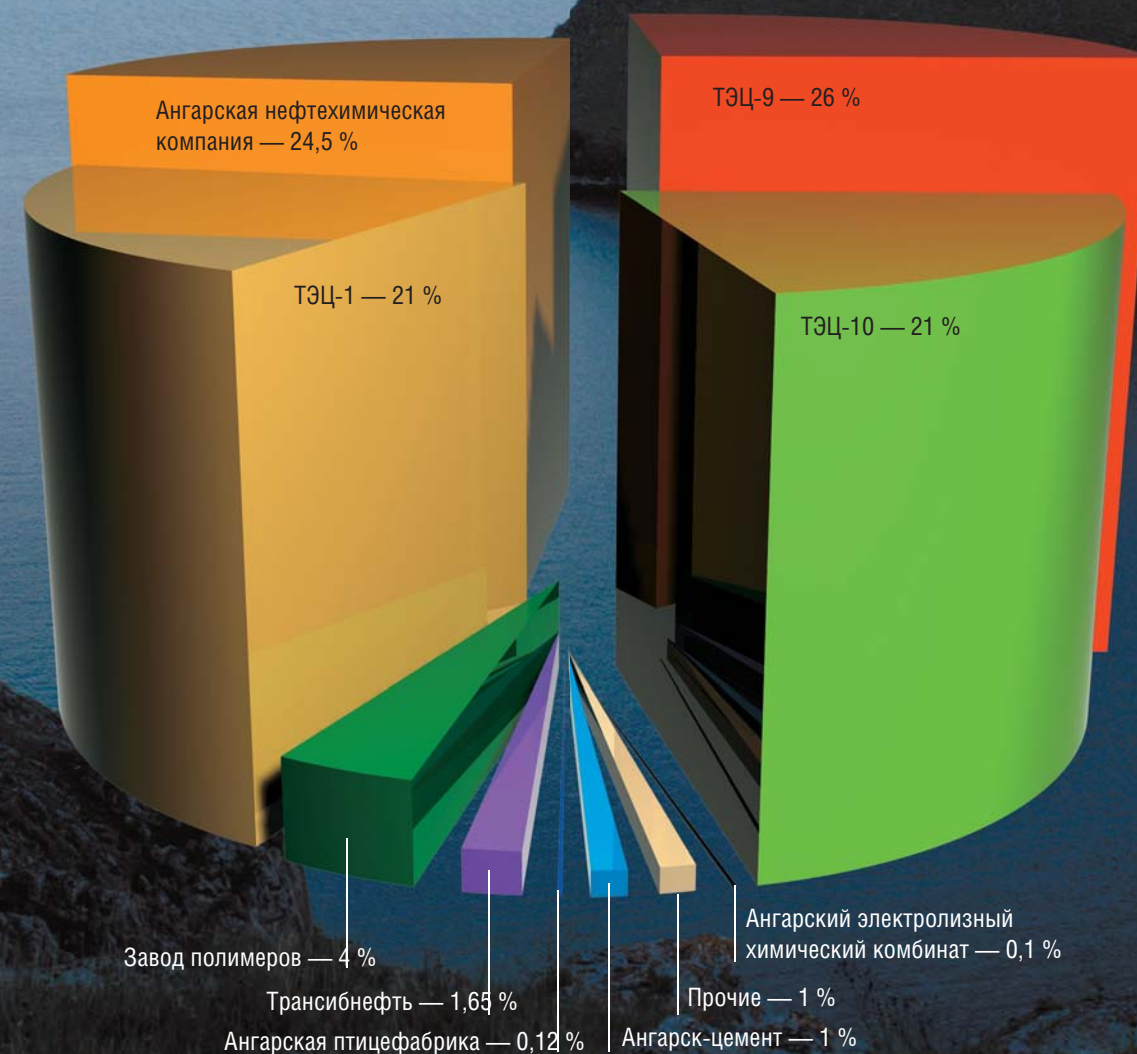


В нештатной ситуации за пределы промплощадки может поступить лишь фтористый водород.

Контейнеры с гексафторидом урана ежедневно осматриваются персоналом. В исключительно редких случаях в местах сварных швов образуются трещины, через которые на поверхность выделяется гексафторид урана. Однако к катастрофическим последствиям это не приводит, так как трещина быстро «затягивается» фторидом уранила. В таких случаях трещину без выгрузки гексафторида урана заваривают на складе электросваркой и контейнер возвращают на производство для выгрузки. На случай полного разрушения одного или нескольких контейнеров разработаны и регулярно, во время учений, отработываются меры по ликвидации вредных последствий, которые предотвращают распространение как производных урана, так и фтористого водорода за пределы промплощадки.

По заказу АЭХК разрабатывается и скоро будет внедрена в производство технология превращения гексафторида урана в нелетучий и устойчивый к влаге тетрафторид.

Развитие АЭХК, увеличение его мощности для удовлетворения потребностей ядерной энергетики предусмотрено уже принятыми решениями. Производство обогащенного урана будет расти и в других странах мира. Экологическая экспертиза этих проектов необходима. Весьма позитивным моментом при экспертизе проектов развития АЭХК является готовность предприятия и отрасли в целом вести открытый диалог с общественностью.



Удельный вес предприятий г. Ангарска по выбросам в атмосферу загрязняющих веществ