



*Датой рождения Ангарского электролизного химического комбината принято считать 21 октября 1957 г. До середины 80-х гг. комбинат входил в число предприятий, участвовавших в создании ядерного щита нашей Родины. Во второй половине 80-х разделительный завод был переориентирован на производство топлива для атомных электростанций. В 2007 г. АЭХК отметил 50-летний юбилей не только торжественного пуска первой очереди своих мощностей, но и победы ученых-атомщиков, инженеров, конструкторов, да и просто строителей, которых судьба забросила в глухую сибирскую тайгу. Полвека назад они объединили свои силы для решения в кратчайшие сроки грандиозной задачи создания сложнейшего производства в очень непростых условиях*

*В конце августа 2007 г. редакция журнала «НАУКА из первых рук» побывала на комбинате, еще недавно окутанном пеленой секретности и слухов. Результатом посещения стала публикация, которую мы предлагаем вниманию наших читателей, — рассказ генерального директора Ангарского электролизного химического комбината Виктора Пантелеймоновича Шопена*



**В** июле 1954 г. в тайге под Ангарском была спилена первая сосна, и началось строительство уникального ядерного комплекса «Почтовый ящик 79». Через три года он начал выдавать продукцию.

Это невероятно высокие темпы внедрения нового для страны производства. Сибирь имела какую-то привлекательную силу для молодежи тех времен, особенно Иркутская область с легендарным уникальным озером Байкал. Это была комсомольско-молодежная стройка. Строились нефтехимкомбинат в Ангарске, Братская ГЭС, Братский лесопромышленный комплекс. Закачивалось строительство Иркутской гидроэлектростанции. Строился Братский алюминиевый завод. И строился комбинат АЭХК. Незаметно, без афиширования. Большое строительство крупных промышленных объектов требовало большого количества электроэнергии, в связи с чем тогда создавался Ангарский каскад электростанций. Для того чтобы запустить досрочно комбинат, была специально построена ТЭЦ-10 мощностью в один триллион сто пятьдесят миллионов (1 Гвт 150 Мвт) ватт, по тем временам одна из самых передовых тепловых электростанций Советского Союза.

ЛЭП-500, уникальная ветка, была протянута из Братска в Ангарск специально для комбината. Строительство шло ударными темпами. Министерство среднего машиностроения называли «государством в государстве». Руководство страны не считало и не жалело денег для создания ядерного «щита» Советского Союза. Сейчас общеизвестно, что США уже после окончания Великой Отечественной войны планировали бомбить сначала 18 наших городов, потом более 50, потом 100. Предварительным полигоном были Хиросима и Нагасаки. Первые атомные бомбы потрясли человечество. Нужно было срочно создать противостояние угрозе ядерной войны. Основной контингент приехавших строить комбинат состоял из ученых и специалистов, молодежи, которая отслужила в армии и на Военно-морском тихоокеанском флоте.

В 1963 г. закончился пуск первого диффузионного разделительного завода, сепарирующего изотопы урана через мембраны. Установленная мощность равнялась полутора тысячам мегаватт — огромная мощность, составлявшая четыре процента от выработки энергии всего Советского Союза!





**«6 октября 1955 г. На строительство приехали четыре с половиной тысячи солдат. Встретили плохо, нет соответствующей одежды, нет бани, в бараках холодно...»**  
**«10 октября 1955 г. ...на строительстве работают 2 400 зеков»**  
**(Из дневника В. Ф. Новокшенова, первого директора комбината).**

**«1958 г. ...Приступили к строительству химического завода, на площадке был лес и больше ничего. Прорубили просеку, сделали зону, коридор (для лагеря) из колючей проволоки, по нему водили заключенных прямо на территорию комбината. На одной только этой площадке в одну смену было занято до полутора тысяч человек. Трудились десятки тысяч рабочих, в основном заключенные и военнослужащие... На площадке царил здоровый микроклимат, создаваемый самим директором В. Ф. Новокшеновым. Он уважал строителей, которые не жалели ни сил, ни времени, ни здоровья, вкладывали всю душу в будущий комбинат, монтировали уникальное оборудование, какого нигде больше не было»**  
**(Ю. И. Авдеев, бывший начальник АУС-16, заслуженный строитель РФ)**

В 2007 г. исполнилось 50 лет, как АЭХК начал выпускать товарную продукцию — обогащенный уран-235. С 1957 г. комбинат работал как оборонное предприятие, позднее перешел только на производство урана для нужд энергетики. В 1997 г. ввели постановление о лицензировании этой деятельности. Лицензия была оформлена сначала Росатомнадзором, а в этом году продлена Ростехнадзором только на производство обогащенного урана не более 5 % по содержанию изотопа 235, для атомной энергетики. Оружейный уран содержит 90 % и выше. Для транспортных установок — 20 %. Но комбинат не производил продукт в таких высоких концентрациях. Самое большое обогащение было 6,5 %. Затем этот продукт передавался на другие предприятия, где обогащается еще выше, в закрытых атомных городах, ЗАТО. В Советском Союзе была создана система для последовательного обогащения урана изотопом 235.

В настоящее время из-за потери сырьевой базы для атомной промышленности в Средней Азии, прежде всего в Казахстане, становится актуальным создание Международного центра по обогащению урана (МЦОУ). Уже второй год обсуждается возможность образования такого центра на базе АЭХК. Выбор пал на комбинат еще и потому, что принято решение перевести предприятие из «особо режимных» в «режимное». Также после вывода из эксплуатации газодиффузионного завода образовались свободные производственные площади. Есть свой учебный центр для подготовки и повышения

Изначально разделение изотопов урана в форме гексафторида урана на заводе производилось методом газовой диффузии. В четырех корпусах общей протяженностью около 4 км стояли энергоемкие и громоздкие диффузионные агрегаты. Работа агрегатов сопровождалась более чем сорокаградусным прогревом воздуха помещения и высоким уровнем шума. Переход завода в 1991 г. на новую центробежную технологию разделения изотопов урана способствовал улучшению условий труда, сократил в десятки раз потребление электроэнергии, снизил себестоимость обогащенного гексафторида урана, дал огромную экономию расхода воды. Конец XX и начало XXI вв. для комбината стали периодом значительного творческого и производственного подъема, основой которого послужило внедрение в значительно большем масштабе современных, надежных

и экологически безопасных технологий разделения изотопов урана в сверхскоростных центрифугах нового поколения — уникальных изделиях, которым нет равных в мировой практике



Журнал «НАУКА из первых рук» и сотрудники Лимнологического института в гостях у генерального директора комбината В. П. Шопена





**ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНГАРСКОГО ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА**

*Ангарский электролизный химический комбинат — одно из немногих предприятий ядерно-топливного цикла, имеющих в своей структуре весь комплекс переработки гексафторида урана: от его синтеза из оксидного или тетрафторидного сырья — до выпуска гексафторида урана, обогащенного изотопом урана-235. Комплекс базируется в основном на трех заводах комбината: химическом, разделительном и ремонтно-механическом*

Производство гексафторида урана — продукта химического завода: первый этап заключается в получении безводного фтористого водорода путем взаимодействия плавикового шлата с серной кислотой ( $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2 \text{HF}$ ); на втором этапе методом электрохимического разложения фтористого водорода в расплаве фтористых солей калия получают элементный фтор ( $2 \text{HF} = \text{H}_2 + \text{F}_2$ ); заключительный этап — производство гексафторида урана в факельных реакторах методом высокотемпературного фторирования тетрафторида или оксидов урана ( $\text{U}_3\text{O}_8 + \text{F}_2 = 3 \text{UF}_6 + 4\text{O}_2$ )

Основное назначение Ремонтно-механического завода заключается в обеспечении ремонта и модернизации действующего оборудования, в изготовлении нестандартизированного оборудования и запасных частей. На заводе производятся соответствующие международным стандартам контейнеры для транспортировки и хранения гексафторида урана

Приборное производство комбината разрабатывает и выпускает дозиметры, детекторы, автоматизированные комплексы индивидуального дозиметрического контроля персонала атомных станций, предприятий ядерно-топливного цикла, радиохимических производств, а также населения. Перспективной задачей является создание комплекса АКВДК-401, предназначенного для измерения доз фотонного и бета-излучения в коже и хрусталике глаза



**Химический завод**



**Разделительный завод**



Гексафторид урана реализуется в атомной энергетике в качестве сырья для изготовления тепловыделяющих элементов ядерных энергетических установок — так называемых ТВЭЛов. Уран Ангарского электролизного химического комбината питает энергией электрические сети во многих странах мира, несет свет и тепло в дома и квартиры



Центральная лаборатория комбината обеспечивает все потребности производства в проведении химических и физических анализов. Новейшие приборы и оборудование мирового уровня позволяют определять химический и изотопный составы веществ в любом агрегатном состоянии с высочайшей точностью и низкими пределами обнаружения. Система менеджмента качества АЭХК сертифицирована на соответствие международному стандарту ISO-9001

**Ремонтно-механический завод**

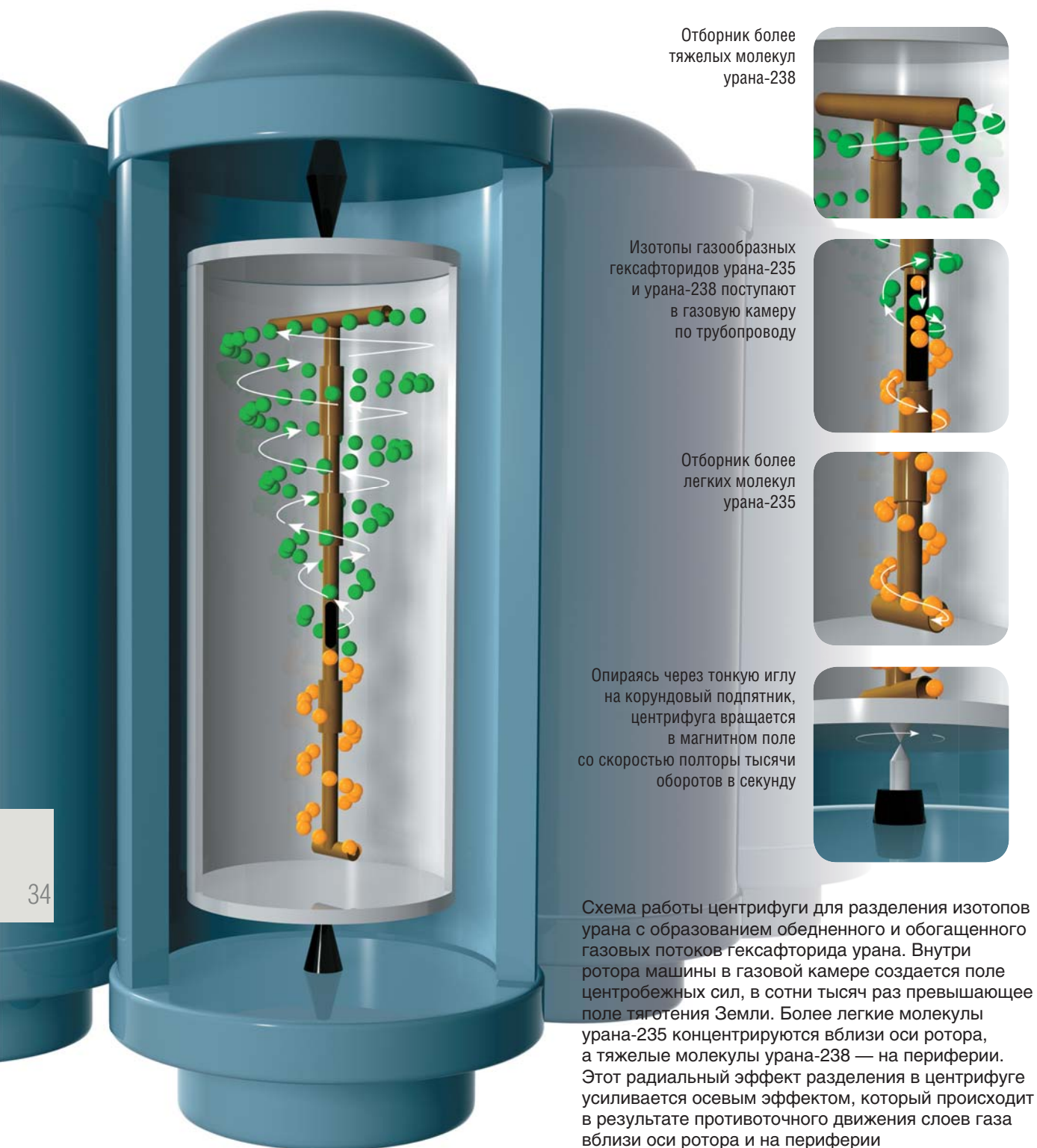
**Приборное производство**

**Административное здание**

**Центральная лаборатория**







Отборник более тяжелых молекул урана-238

Изотопы газообразных гексафторидов урана-235 и урана-238 поступают в газовую камеру по трубопроводу

Отборник более легких молекул урана-235

Опираясь через тонкую иглу на корундовый подпятник, центрифуга вращается в магнитном поле со скоростью полторы тысячи оборотов в секунду

Схема работы центрифуги для разделения изотопов урана с образованием обедненного и обогащенного газовых потоков гексафторида урана. Внутри ротора машины в газовой камере создается поле центробежных сил, в сотни тысяч раз превышающее поле тяготения Земли. Более легкие молекулы урана-235 концентрируются вблизи оси ротора, а тяжелые молекулы урана-238 — на периферии. Этот радиальный эффект разделения в центрифуге усиливается осевым эффектом, который происходит в результате противоточного движения слоев газа вблизи оси ротора и на периферии



**Виктор Пантелеймонович Шопен родился в г. Днепродзержинске Днепропетровской области, окончил МИФИ. С 11 мая 1961 г. — инженер-технолог завода «Т». Работал начальником производства, главным диспетчером завода, начальником цеха, заместителем главного инженера завода. С 9 сентября 1985 г. — главный инженер комбината, зам. директора комбината. С 14 декабря 1994 г. — генеральный директор АЭХК**

квалификации специалистов завода и обучения иностранных специалистов. С предложением об организации Международного центра выступила Россия. Центр должен контролировать возникающие в мире опасные ситуации, например такие, как развитие технологий по обогащению урана в Иране, поскольку это технологии двойного использования: их можно использовать как для нужд атомной энергетики, так и для получения оружейного урана.

Создание такого центра могло бы позволить учредителям и членам развивать свою собственную атомную энергетику без доступа к технологии обогащения урана, что исключало бы возможность создания ядерного оружия в странах партнеров, которые пожелали развивать атомную энергетику.

В настоящее время подписано межправительственное соглашение между Россией и Казахстаном о сотрудничестве в области создания Международного центра по обогащению урана. В качестве потенциальных партнеров рассматриваются также Украина, Бельгия, Армения и, возможно, Финляндия.

В случае принятия партнером решения о строительстве атомной электростанции необходимо сделать промплощадку, пройти экспертизу. Ориентировочно, до момента пуска проходит как минимум 5 лет. Одним из условий успеха предприятия являются гарантированные поставки топлива. Необходимо договориться о том, каким образом будут исполняться условия контроля со стороны Международного атомного агентства, и о том, как будут обеспечиваться гарантии того, что этот уран пойдет именно на мирное использование. Вполне реально контролировать количество ввезенного, переработанного и вывезенного сырья, не вникая в технологию самого процесса. К настоящему времени семь инспекторов ознакомлены с комбинатом: конечно, в пределах системы допусков иностранных специалистов. Процедура оформления допуска занимает около двух месяцев.

Мощности России по обогащению урана в настоящее время составляют 40 % от мировых. Они полностью закрывают свои внутренние потребности в топливе для атомной энергетики и позволяют оказывать услуги по

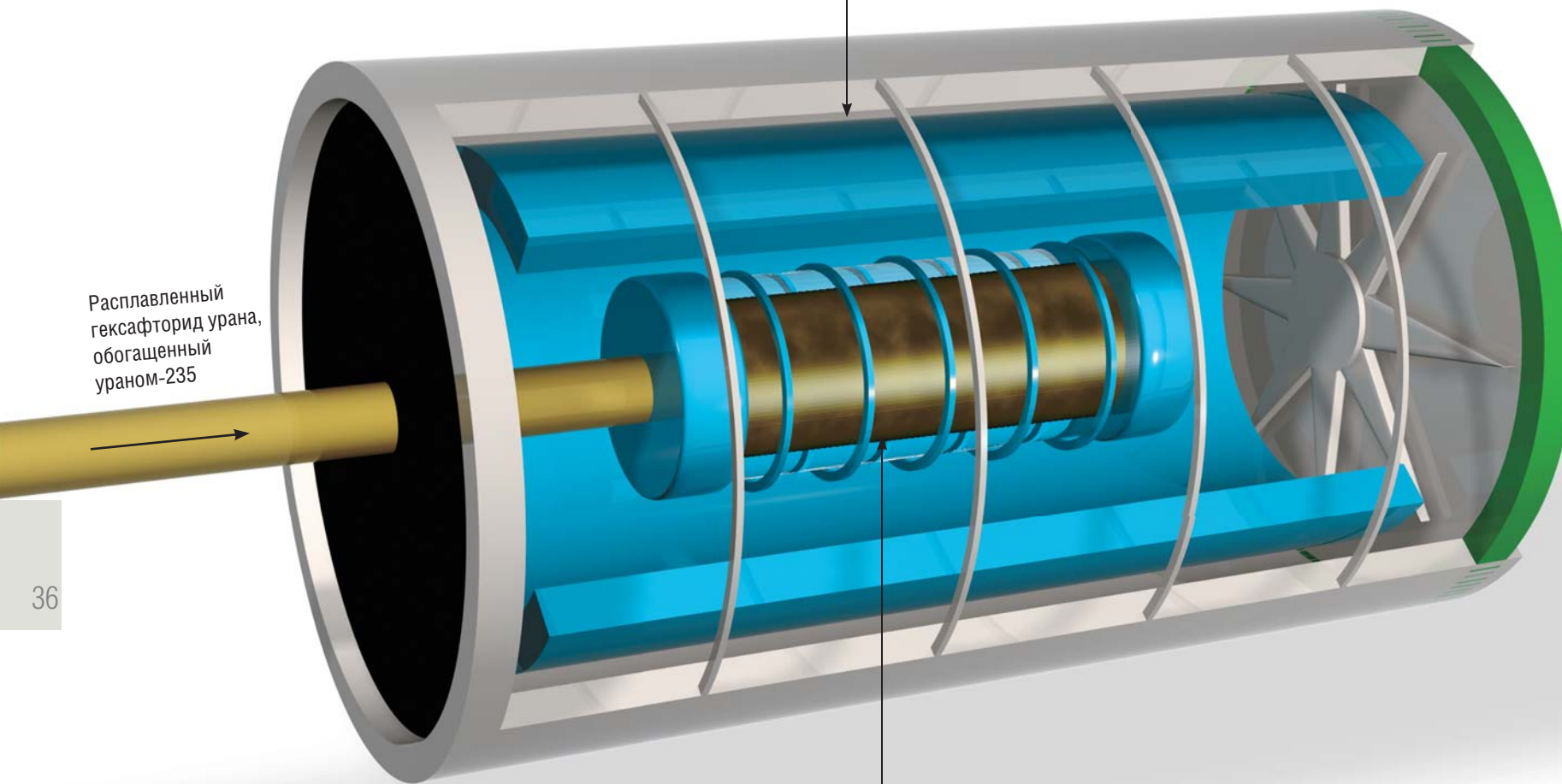




Цех для разлива и упаковки готовой продукции. Наполнение контейнеров товарным гексафторидом урана-235 производится в его жидком агрегатном состоянии в специальных установках под названием «челнок» с последующей его кристаллизацией и упаковкой для транспортировки

Схема капсулы для проведения окончательной процедуры отверждения гексафторида урана, обогащенного ураном-235, и подготовки его к отправке

Упаковочная капсула



Расплавленный гексафторид урана, обогащенный ураном-235

Твердый гексафторид урана, обогащенный ураном-235

Десублиматоры, служащие для кристаллизации газообразного гексафторида урана



Для испарения и подачи газообразного гексафторида урана в разделительный каскад, а также для последующей конденсации потоков обогащенного и обедненного продуктов применяются специальные конденсационно-испарительные установки — автоклавы. Процессы испарения и конденсации в основном протекают под давлением ниже атмосферного, что предъявляет высокие требования к обеспечению герметичности оборудования и коммуникаций. Наполнение контейнеров товарным гексафторидом урана производится в его жидком агрегатном состоянии в специальных установках под названием «челнок». В емкости, размещенной в автоклаве, десублимированный твердофазный гексафторид урана нагревается под давлением и плавится. Затем за счет перепада давления он переливается в транспортный контейнер. Здесь с помощью воздушного охлаждения происходит отверждение гексафторида урана. После этого производится его подготовка к отправке



Взвешивание упакованного для транспортировки контейнера с продуктом





Александр Александрович Козлов (заместитель технического директора АЭХК) и Виктор Пантелеймонович Шопен на встрече с редакцией журнала «НАУКА из первых рук»

Мы с Александром Александровичем приехали на строительство комбината примерно в один год — 1960-й. Я приехал работать над дипломом, а Александр Александрович — как молодой специалист. Он из Уральского политехнического института, а я из МИФИ. Руководителем основной кафедры нашего факультета был академик Михаил Дмитриевич Милонщиков. Он был председателем Межведомственной комиссии по приемке всевозможного оборудования, в том числе и нашего разделительного завода. Как-то у меня с ним разговор был, куда ехать работать. Я сам с родины застоя, из Днепродзержинска. Было три возможности: вернуться домой, на Металлургический

завод им. Дзержинского, остаться в Москве, в Курчатовском институте (ЛИПАН), или ехать в Сибирь. Можно было ехать в Красноярск, Ангарск или Красноярск-26. Он мне сказал: «Поезжай в Ангарск: предприятие строится, перспективы серьезные». За прошедшие с тех пор 50 лет мы славно поработали. Несмотря на то что живем в лесу, издали первую книгу «50 лет в строю» и сделали фильм «Полвека в строю». Про людей, про наше производство. Посвятили книгу подвигам людей, потому что построить такой комбинат за три года — это было действительно подвигом. Строили его люди, безоглядно выполнявшие поставленную перед ними Отчеством задачу (В.П. Шопен)

Химический завод комбината обладает одним из самых мощных в мире производств фтора, часть которого используется для получения ряда ценных фторсодержащих продуктов. Эти вещества применяются в качестве катализаторов в нефтехимии, являются основой для производства нового поколения антибиотиков, а также многочисленного ряда лекарств, гербицидов и красителей



Редакция благодарит за помощь в подготовке материала к.г.-м.н. А.Н. Сутина, В.В. Минаева (ЛИН СО РАН), В.А. Короткоручко. Фото предоставлены АЭХК (г. Ангарск)

обогащению и поставкам обогащенного урана другим странам. В первую очередь, для тех предприятий, которые были построены в советское время в различных странах и в ближнем зарубежье. Благодаря эффективной технологии переработки цены у нас ниже, чем у конкурентов. Комбинат со своей продукцией находится на международном рынке более 30 лет.

Двадцать лет назад Россия обгоняла США на 10–15 лет. Но наука не стоит на месте: например, фирма «ЮРЕНКО», объединяющая три государства — Голландию, Германию и Великобританию, — тоже освоила промышленное использование центробежного метода разделения изотопов. По тем данным, которые имеются, они не уступают нашим образцам. Все время идет поиск; сейчас в России уже эксплуатируются машины восьмого поколения; с целью увеличения производи-

тельности и уменьшения затрат энергии институтами, конструкторскими бюро Росатома разрабатываются девятое и десятое поколения.

Кстати, лицензии оформляются не только на виды деятельности, но и на руководителей производства. Я получал лицензию на управление предприятием ядерно-топливного цикла еще в 1985 г., когда работал главным инженером. Руководитель должен пройти аттестацию на право руководить. Она выдается на пять лет, и раз в пять лет нужно сдавать экзамен. В будущем году, в марте, ее срок заканчивается. Аттестацию проводит руководство Ростехнадзора. Мы готовимся к этому. Подход к лицензированию руководства производств такого рода очень серьезный.