

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 546.791

*С. А. Бартенева***Б. П. НИКОЛЬСКИЙ В АТОМНОМ ПРОЕКТЕ СССР
(к 95-й годовщине со дня основания Радиевого института)**

Радиевый институт им. В. Г. Хлопина, Российская Федерация, 194021, Санкт Петербург, 2-й Муринский проспект, 28

В статье нашли отражение наиболее важные работы, выполненные Б. П. Никольским в рамках Атомного проекта СССР. Разработка процесса растворения урановых блоков в азотной кислоте и внедрение его на заводе в Челябинске. Пуск «перекисной» схемы ацетатного осаждения урана и плутония на заводе. Пуск второго радиохимического завода в Челябинске. Разработка и внедрение на Челябинском Комбинате растворения урана с применением поддува кислорода. Разработка и внедрение на всех радиохимических комбинатах анионообменного аффинажа плутония и нептуния, позволившее в несколько раз повысить производительность заводов. Проведение балансных операций по плутонию на Челябинском комбинате, показавшее отсутствие неучтённых потерь плутония при радиохимической переработке блоков. Библиогр. 3 назв. Ил. 2.

Ключевые слова: атомный проект СССР, осаждение урана и плутония, растворение урана, анионообменный аффинаж плутония и нептуния.

Для цитирования: Бартенева С. А. Б. П. Никольский в атомном проекте СССР (к 95-й годовщине со дня основания Радиевого института) // Вестник СПбГУ. Физика и химия. 2017. Т. 4 (62). Вып. 2. С. 224–230. DOI: 10.21638/11701/spbu04.2017.208

*S. A. Barteneva***B. P. NIKOLSKII, PARTICIPATION
IN THE USSR'S ATOMIC PROJECT
(in honour of the 95th Anniversary of the founding
of the Radium Institute)**

V. G. Khlopin Radium institute, 28, 2 Murinskii pr., St. Petersburg, 194021, Russian Federation

The article reflects upon the most important work carried out by B. P. Nikolskii within the framework of the USSR's atomic project. It gives an account of the development of the process of dissolving uranium blocks in nitric acid and introducing them into the Chelyabinsk Plant's operations, setting in operation the "peroxide" scheme of acetate uranium and plutonium precipitation

at the factory, and bringing on line the second radiochemical factory in Chelyabinsk. It also discusses the development of uranium dissolution using oxygen feeding and incorporating it into the Chelyabinsk Plant's operations. Development of anion-exchange plutonium and neptunium refinement and its implementation in all radiochemical complexes made it possible to increase by several times the factories' productivity. Carrying out plutonium mass-balance operations at the Chelyabinsk factory, which showed the absence of plutonium losses unregistered in the radiochemical processing of the blocks is also described in the article. Refs 3. Figs 2.

Keywords: atomic project of USSR, precipitation of uranium and plutonium, dissolution of uranium, anion exchange refining of plutonium and neptunium.

For citation: Bartenev S. A. B. P. Nikolskii, participation in the USSR's atomic project (in honour of the 95th Anniversary of the founding of the Radium Institute). *Vestnik SPbSU. Physics and Chemistry*. 2017, vol. 4 (62), issue 2, pp. 224–230. DOI: 10.21638/11701/spbu04.2017.208

В течение долгого времени, не менее 30 лет, содержание работ, о которых пойдёт речь в данной статье, оставалось под грифом «совершенно секретно». Наверное, первой публикацией, касающейся работ по Атомному проекту, в открытом доступе были воспоминания директора плутониевого завода М. В. Гладышева под названием «Плутоний для бомбы». В конце 1980-х гг. к Борису Петровичу приехал академик Г. Н. Флёров с предложением написать воспоминания о работах по подготовке к пуску первого радиохимического завода и с разрешением правительства на публикацию материалов на эту тему. И такие воспоминания были написаны [1]. Об участии химиков Ленинградского университета в Атомном проекте сообщалось ранее [2]. В настоящей статье основное внимание уделено вкладу академика Б. П. Никольского в этот проект.



По воспоминаниям Бориса Петровича, к работам по Атомному проекту его привлёк Борис Александрович Никитин. Было это в конце 1945 или в начале 1946 г. В то время они оба были профессорами химфака ленинградского университета. Но Борис Александрович был ещё и сотрудником РИАНа — института, которому было поручено разработать технологическую схему переработки облучённых урановых блоков с целью выделения плутония.

Борису Петровичу дирекцией РИАНа было дано задание разработать процесс растворения урановых блоков, включающий растворение алюминиевой оболочки блока и уранового сердечника. Эта работа выполнялась на территории химфака ЛГУ. Экспериментальную часть работы выполняли три человека: сам Борис Петрович и два его сотрудника — Валентина Ивановна Парамонова и Пётр Михайлович Чулков, позднее переехавший в Москву, в Курчатовский институт (в то время ЛИПАН).

Знакомство с рабочими журналами, в которых они вели записи экспериментов, и написанный лично Борисом Петровичем отчёт произвели на меня очень сильное впечатление. Это была блестяще выполненная исследовательская работа, в которой были изучены зависимости скорости растворения урана от концентрации азотной кислоты, температуры, концентрации уранилнитрата, нитрата натрия, изотропности блока.

Был предложен возможный механизм растворения урана. Для всех зависимостей были составлены дифференциальные уравнения. Я не помню, чтобы ещё где-нибудь в технологических работах встречал такую строгую математическую обработку экспериментальных результатов!

В отчёте было приведено уравнение для процесса растворения урана в азотной кислоте (получившее неофициальное название «уравнение Никольского»), на основании которого рассчитывался расход реагентов, габариты аппарата-растворителя, оборудование узла газоочистки; это уравнение в дальнейшем вошло в технологические регламенты всех радиохимических заводов Советского Союза, а Борису Петровичу была присуждена Сталинская премия. Следует добавить, что здесь же был предложен и метод растворения алюминиевой оболочки в слабой азотной кислоте.

Разработанная в РИАНе под руководством В. Г. Хлопина технология переработки урановых блоков (ацетатно-фторидная схема) проходила проверку в НИИ-9. Для выполнения этой работы в НИИ-9 был создан специальный отдел, начальником которого был назначен Б. А. Никитин, а одним из его заместителей стал Борис Петрович. Эта проверка была проведена в 1948 г., а в марте 1949 г. состоялся пуск Первого радиохимического завода в Челябинске (ПО «МАЯК»). Для проведения пусковых работ была организована пусковая бригада, руководителем которой был назначен Б. А. Никитин, а одним из его заместителей вновь стал Борис Петрович. Кроме того, именно он был назначен ответственным за пуск отделения растворения урановых блоков и за рН-метрический контроль растворов. Пуск отделения растворения прошёл достаточно спокойно, в отличие от пуска отделения ацетатного осаждения, который сопровождался серьёзными осложнениями. В последнем случае на выходе из аппарата, в котором проводилось осаждение плутония, вместо ожидаемого плутония пошёл чистый водный раствор. Оказалось, что весь плутоний осел в аппарате на продуктах коррозии оборудования. Как рассказывал потом Борис Петрович, присутствующие начальники, в основном с генеральскими погонами, обозвали нас всех «космополитами» (самое обидное в то время слово). В результате плутоний пришлось извлекать из аппарата вручную, что сопровождалось очень большим переоблучением людей, выполнявших эту операцию.

Разработанная В. Г. Хлопиным ацетатно-фторидная схема переработки урановых блоков проработала без существенных изменений до 1951 г., когда А. П. Ратнером и Б. В. Громовым было сделано предложение о замене фторидного узла на ещё один цикл ацетатного осаждения, превращающего ацетатно-фторидную схему в цельно-ацетатную. Фторидный узел был слабым местом схемы, вызывающим и коррозию аппаратуры, и потери плутония с коррозионными осадками, и потери времени на борьбу с ними. Предложение А. П. Ратнера и Б. В. Громова вызвало неоднозначную реакцию у специалистов. Многие специалисты сомневались, что замена фторидного осаждения на ещё один цикл ацетатного осаждения обеспечит необходимую очистку плутония от осколочных элементов. Для решения этого вопроса начальник Первого главного управления Б. Л. Ванников вызвал к себе Бориса Петровича и спросил его мнение по поводу перехода на цельно-ацетатную схему. Борис Петрович поддержал это предложение, после чего Ванников отдал приказ о строительстве второй линии ацетатного осаждения (так называемая линия «ББ»).

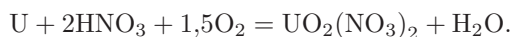
Внедрение на заводе линии ББ (1951) было первым большим усовершенствованием действующей радиохимической технологии переработки урановых блоков. Следует отметить, что, хотя проведённая реконструкция завода позволила повысить его производительность, тем не менее к 1952 г. её было уже явно недостаточно. Когда в 1949 г. пустили радиохимический завод, на комбинате был всего один ядерный реактор; к 1952 г.

реакторов было уже пять, и встал вопрос о строительстве ещё одного завода. С таким предложением к Л. П. Берия обратился директор Комбината Б. Г. Музруков. Берия отреагировал мгновенно. Уже через три дня он отдал распоряжение о подготовке строительства нового завода.

Авария 1957 г. задержала окончание работ по пуску завода, и он вступил в строй только летом 1959 г. При подготовке строительства этого радиохимического завода встал вопрос о выборе технологической схемы переработки блоков. В это время уже были выполнены серьёзные работы в области экстракционной технологии, и решался вопрос, какую схему выбрать — осадительную или экстракционную. Выбор схемы состоялся на заседании НТС Министерства под председательством министра Е. П. Славского. Как мне рассказывал В. Б. Шевченко, присутствовавший на этом заседании, Славский сказал: «Как НТС решит, так и будет». Весь НТС высказался за экстракционную схему, кроме Бориса Петровича, который сказал, что на сегодняшний день мы ещё к этому не готовы. Славский сказал, что ему всё ясно и закрыл заседание. А через 2–3 дня вышел Приказ: «На заводе ДБ будет ацетатная схема».

Чуть позднее создания цельно-ацетатной схемы А. П. Ратнер разработал так называемую «перекисную» схему ацетатного осаждения. Суть этого варианта схемы заключалась во введении перекиси водорода на окислительном ацетатном осаждении урана и плутония. Эта операция позволяла улучшить очистку урана и плутония от осколочных элементов (за счёт образования их перекисных комплексов), сократить технологический цикл (отказаться от второго ацетатного осаждения), сократить расход реагентов. Внедрение процесса на заводе проходило уже в 1959 г. под руководством Б. П. Никольского (так как к этому времени А. П. Ратнера уже не стало). Эта операция была последней, выполненной на первом радиохимическом заводе. За работы по пуску второго радиохимического завода — завода «ДБ» — Борису Петровичу была присуждена Ленинская премия.

В 1958 г. под руководством Бориса Петровича Никольского был разработан процесс растворения урановых блоков с применением поддува кислорода. Суть процесса заключалась в регенерации азотной кислоты из оксидов азота, образующихся при растворении урана, и введении в реактор кислорода. Принципиальная возможность осуществления такого процесса была представлена французскими учёными в докладе на «1-й Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии». Процесс растворения урана в этих условиях проходил по реакции:



В этих условиях сокращается расход азотной кислоты на растворение более, чем в два раза, исключается выброс окислов азота в атмосферу, тем самым улучшается экологическая обстановка на заводе. После проверки процесса в заводских условиях в 1960 г. он был внедрён в 1962 г. на Комбинате в Челябинске. Внедрение процесса растворения урановых блоков в азотной кислоте с поддувом кислорода, кроме того, доставило большое удовольствие службе безопасности Комбината, так как по наличию на выходе из трубы оксидов азота можно было судить о том, работает ли завод или нет. Теперь у зарубежной разведки такой метод контроля работы завода отсутствовал.

Хорошо помню наш приезд на завод в 1960 г. для начала работы. Выходим из машины, а во дворе стоит всё заводское начальство во главе с Н. С. Чугреевым, Главным инженером Главка. Борис Петрович говорит, что мы приехали проводить опыты по поддуву кислорода, на что Чугреев отвечает, что они это знают, но что мы Вас ждём,

Борис Петрович, совсем для другой цели. И все начальники уходят и уводят с собой Бориса Петровича. Что же произошло?

На заводе были две технологических нитки, полностью дублирующие друг друга. Сдувки аппаратов-растворителей выходили в одну общую трубу. Иногда бывало, что на одной нитке шло растворение алюминиевой оболочки, в то время как на другой шло растворение урана. При этом происходило смешение аммиака, образующегося при растворении алюминия, и окислов азота, что могло привести к образованию нитрита и нитрата аммония и взрыву внутри трубы, что и случилось. Разрушений не произошло, но «хлопок» был, и репался вопрос, как избежать таких случаев в будущем. Вот для этой цели и ждали Бориса Петровича. Было принято решение одновременно такие операции не проводить (а в дальнейшем, как мне помнится, сдувки растворителей двух ниток были разделены).

После пуска завода осенью 1959 г. в РИАНе по инициативе Бориса Петровича состоялось заседание НТС института. Председателем был И. Е. Старик, который, будучи заместителем директора РИАНа, был также заведующим кафедрой радиохимии химфака ЛГУ. Присутствовали: А. А. Гринберг, Б. П. Никольский, В. П. Шведов, М. В. Посвольский, А. М. Трофимов. От проектного института на заседании НТС был Я. И. Зильберман и его заместитель М. А. Ходос. Я был на этом заседании. Выступил Борис Петрович и сказал, что на новом хорошем заводе остаются операции, связанные с высоким облучением персонала. Такой операцией является замена иодных колонн в узле растворения блоков. Единственный способ исключить этот фактор — увеличить продолжительность выдержки блоков перед передачей их на химическую переработку.

Против этого предложения резко выступили представители проектного института, заявив, что условия на новом заводе значительно лучше, чем на старом, и что Министерство никогда не согласится на увеличение срока выдержки блоков, и поэтому они никогда не подпишут такого протокола. Протокола действительно не было (протокол с особым мнением проектного института был никому не нужен).

Но проектанты оказались не правы. Свои предложения, сформулированные в форме докладной записки, Борис Петрович передал И. В. Курчатову, и последовал приказ Первого заместителя министра А. И. Чурина об увеличении срока выдержки блоков. Можно с уверенностью говорить, что эта инициатива Бориса Петровича сохранила если не жизнь, то здоровье не одному человеку. В начале 1953 г. Борис Петрович получил должность заместителя научного руководителя Челябинского комбината по химии.

Распоряжение Правительства о назначении профессора Б. П. Никольского на должность заместителя научного руководителя по химии по Челябинскому комбинату [3] было подписано ещё И. В. Сталиным. Научным руководителем Комбината был И. В. Курчатов.

Одним из самых значимых изменений в технологии переработки урановых блоков было внедрение анионообменного аффинажа плутония. Этот процесс был разработан под руководством Б. П. Никольского и В. И. Парамоновой. Внедрение процесса происходило последовательно в Челябинске, Томске и Красноярске в 1964–1967 гг. В качестве сорбентов использовались аниониты на основе винилпиридина. Внедрение проводилось сотрудниками лабораторий Бориса Петровича и Валентины Ивановны и работниками Комбинатов. Внедрение анионообменного аффинажа плутония позволило исключить большое количество длительных и трудоёмких осадительных операций, сократить расход реагентов, уменьшить объём радиоактивных отходов. Всё это позволило резко повысить производительность радиохимических заводов и значительно снизить производственные расходы. Следует сказать, что при внедрении анионообменного



Заседание Учёного совета комбината «МАЯК». Первый ряд: Л. П. Сохина, акад. А. А. Бочвар, проф. Н. Е. Брежнева, акад. Б. П. Никольский (председатель Совета), акад. А. П. Александров, акад. И. В. Петрянов-Соколов. Сзади между Сохиной и Бочваром — Н. С. Чугреев. Между Бочваром и Брежневой — акад. А. С. Никифоров и акад. Б. Н. Ласкорин. В следующем ряду за Сохиной — Б. В. Никипелов и В. В. Морозов. За Борисом Петровичем стоит В. Б. Шевченко. Последним в этом ряду стоит Б. В. Брозорич

аффинажа на заводе в Челябинске стало происходить забивание сорбционных колонн осадками кремнекислоты. Чтобы исключить этот процесс, потребовалось разработать технологию очистки растворов, поступающих на сорбцию плутония, от кремнекислоты. Этого удалось добиться с помощью флокулянтов. В качестве флокулянта был применён полиоксиэтилен. Введение в раствор полиоксиэтилена исключило забивание колонн осадками. Нужно отметить, что забивание колонн наблюдалось только в Челябинске. Внедрение сорбционного аффинажа в Томске и Красноярске проходило безо всяких осложнений.

При внедрении сорбции большую помощь нам оказали сотрудники НИИ-10, имевшие уже большой опыт работы с флокулянтами в рудной промышленности. Контакт с сотрудниками НИИ-10 также был организован Борисом Петровичем.

Практически одновременно с анионообменным аффинажем плутония коллективами сотрудников лабораторий Б. П. Никольского и В. И. Парамоновой был разработан процесс анионообменного выделения нептуния. Этот процесс использовался (в Челябинске и Томске) до тех пор, пока не началась радиохимическая переработка твэлов (топлива энергетических реакторов атомных электростанций), ставших источником для получения нептуния, поскольку в твэлах его было во много раз больше, чем в стандартных урановых блоках.

Последней работой на Комбинате, которой руководил Борис Петрович, были так называемые «балансовые операции», позволившие разрешить спор между физиками-реакторщиками и технологами-радиохимиками. Физики считали, что в процессе радиохимической переработки происходят неучтённые потери плутония. Тщательно проведённая проверка показала, что никаких неучтённых потерь плутония при химической переработке блоков не происходит, просто расчёты физиков давали несколько завышенное содержание плутония в облучённых блоках.

После моих поездок с Борисом Петровичем на Комбинат я своим коллегам по работе говорил, что те, кто не видел Бориса Петровича на заводе, не могут говорить, что

они его хорошо знают! Я видел, с каким удовольствием он проводил работу на заводе. Руководство заводскими испытаниями ему очень нравилось, он как-то весь преображался и постоянно находился в прекрасном настроении. Он действительно был там, как Бог.

Правительство высоко оценило заслуги Бориса Петровича в атомной промышленности. В 1970 г. за большой вклад, внесённый в создание и развитие химической науки и радиохимической технологии и дело подготовки кадров, Борис Петрович был удостоен высокого звания Героя Социалистического Труда. Среди радиохимиков (насколько я знаю) это звание получили только четыре человека: академик В. Г. Хлопин, академик А. П. Виноградов, профессор Б. В. Громов и Борис Петрович. В работе Атомного проекта принимали участие химики — Герои Социалистического Труда, но других специальностей (например, академик А. Н. Фрумкин, академик И. В. Петрянов-Соколов).

Работы, выполненные под руководством Бориса Петровича или при его участии, внесли огромный вклад в создание атомной промышленности, и, соответственно, атомного оружия в нашей стране и обеспечение обороноспособности Советского Союза.

Литература

1. *Никольский Б. П.* Воспоминания. К истории атомной промышленности СССР. Препринт РИ. № 245. М.: ЦНИИАтоминформ, 1996.
2. *Бартенев С. А.* Учёные химфака ЛГУ в Атомном проекте СССР // Вестник СПбГУ. Серия 4. Физика. Химия. 2013. Вып. 2. С. 141–148.
3. Распоряжение СМ СССР № 534 рс/оп от 9 января 1953 г.

References

1. *Nikolskii B. P.* *Vospominaniia. K istorii atomnoi promyshlennosti SSSR* [Memories. To a history of the nuclear industry of the USSR]. Preprint RI. no. 245. Moscow, TsNII atominform, 1996. (In Russian)
2. *Bartenev S. A.* *Uchenye khimfaka LGU v Atomnom proekte SSSR* [Scientists of chemistry department of Leningrad state university in the Nuclear project of the USSR]. *Vestnik St. Petersburg University. Series 4. Physics. Chemistry*, 2013, iss. 2, pp. 141–148. (In Russian)
3. The order of SM of the USSR 534pc/on from January, 9, 1953. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 13 марта 2017 г.

Контактная информация

Бартенев Сергей Александрович — кандидат технических наук; e-mail: sab_1933@mail.ru

Bartenev Sergei A. — PhD in technical sciences; e-mail: sab_1933@mail.ru