

УДК 621.039 +711+69.003(470.23-25)

Половцев Игорь Николаевич

ФГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет»

Россия, Санкт-Петербург¹

Заместитель начальника управления капитального строительства и реконструкции

E-Mail: i.polovtsev@spbu.ru

Проект ядерного учебно-научного центра 80-х годов в Петродворце

Аннотация. В статье рассматривается проект создания ядерного учебно-научного центра. Он должен был являться составной частью нового кампуса Ленинградского (ныне - Санкт-Петербургского) государственного университета. Новый университетский кампус создавался с конца 1950-х годов прошлого века на юго-западе Ленинграда (ныне — Санкт-Петербурга) между городами Петродворец и Ораниенбаум. Проектирование ядерного центра осуществлял большой коллектив Всесоюзного института энергетических технологий. Автор описывает историю создания проекта и творческий коллектив, работавший над этим проектом.

Ядерный учебно-научный центр должен был стать уникальным объектом, в котором могли вестись большой комплекс научных исследований с источниками ионизирующего излучения. В ядерном центре планировалось разместить циклотронный ускоритель и исследовательский ядерный реактор. Это позволяло вести работы во многих отраслях науки — физике, химии, биологии, геологии и медицине.

В статье автор описывает все стороны не реализованного проекта. Подробно описаны размещаемые в здании лаборатории. Описаны решения по фасадам и конструктивным элементам здания. Также проведен анализ стоимости проектирования и строительства комплекса. Предпринята попытка оценить стоимость строительства комплекса зданий в ценах сегодняшнего дня. Это позволяет комплексно оценить уникальность разработанного проекта.

Ключевые слова: образование; научные исследования; история; университет; кампус; ядерные исследования; учебный центр; циклотрон; градостроительное планирование; проектирование; Петродворец.

Идентификационный номер статьи в журнале 75TVN314

¹ Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная 7/9

Ленинград, наряду с Харьковом, а позже с Москвой, в Советском Союзе являлся одним из довоенных центров атомных и ядерных исследований. Здесь, в Радиевом институте, а затем в Физико-техническом институте были созданы первые в СССР циклотронные ускорители [1, 2, 3]. Послевоенное развитие научных направлений, связанных с использованием ядерных технологий привело к тому, что Ленинградский государственный университет получил собственный циклотронный ускоритель Р-7 [4]. Исследования по ядерной физике начали активно развиваться и в других научных центрах (Томске, Свердловске, Киеве и др.).

В Ленинграде подготовка специалистов в области ядерной физики велась в основном в Ленинградском государственном университете им. А.А.Жданова (ныне – Санкт-Петербургском государственном университете) [5, 6, 7, 8], Ленинградском политехническом институте им. М. И. Калинина (ныне – Санкт-Петербургский государственный технический университет) и Ленинградском химико-технологическом институте им. Ленсовета (ныне - Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)) [9, 10, 11].

Для Ленинградского государственного университета им А. А. Жданова 1966 год стал годом, в котором на долгие годы определились концепции территориального развития [12]. В этот год руководство Советского Союза приняло решение о переводе Ленинградского государственного университета им. А. А. Жданова в новый кампус, создаваемый в районе Петродворца. Переезду в Петродворец подлежали все подразделения университета, ранее располагавшиеся в различных районах Ленинграда.

Переезд университета на свободные земли, позволял объединить в одном месте все учебные и научные подразделения. Это существенно сокращало эксплуатационные расходы и административные издержки. Кроме того, концентрация в одном месте всего комплекса приборов и специалистов позволяла повысить качество проведения учебных и научно-исследовательских работ, исключить их дублирование, а также развивать научные исследования на стыке наук.

Проектирование зданий нового университетского кампуса производилось по очередям. Проектирование математико-механического и химического факультетов производилось мастерской №10 проектного института Исполкома Ленгорсовета «Ленпроект» (директор института Дмитрий Александрович Чагин) под руководством Владимира Семеновича Маслова. Главным архитектором комплекса являлся Игорь Иванович Фомин, а главным инженером комплекса — Михаил Ефремович Комаровский. Технический проект этих двух факультетов и других сооружений университетского кампуса имел название «1-я очередь естественных факультетов Ленгосуниверситета им. А.А. Жданова в г. Петродворце».

В рамках строительства химического факультета предполагалось возвести отдельно стоящий корпус радиохимии. Корпус планировалось разместить на территории так называемого 12-го квартала, образованного улицами Рождественского, Ботанической, Ульяновской и 1-го мая. К моменту начала проектирования на территории этого квартала были возведены корпуса физического факультета, научно-исследовательского института физики («2-я очередь физического факультета»). На территории 12-го квартала, площадью 3,5 гектара планировалось разместить также столовую на 800 мест, аэродинамический корпус и корпус физической кинетики математико-механического факультета, а также специальное конструкторское бюро с опытным производством и другие объекты. Фасады всех зданий 12-го квартала должны были решаться в едином архитектурном стиле.

Строительный объем двухэтажного здания корпуса радиохимии должен был составить 18850 кубических метров, полезная площадь — 3159 квадратных метров, а рабочая площадь корпуса радиохимии должна была составлять 1894 квадратных метра. Корпус был рассчитан

на работу 103 человек. Данные проектные решения были подтверждены университетом в письме исполнявшего обязанности ректора проректора по учебной работе Николая Александровича Беляева 9 августа 1971 года. Проект был утвержден распоряжениями Совета Министров РСФСР от 25 марта 1975 года №390р и от 06 июня 1978 года 1034р.

Проектирование геологического факультета также потребовало разработки помещений для специализированных лабораторий, использующих источники ионизирующего излучения. Поэтому было решено объединить все подразделения различных факультетов, в той или иной мере работающих с источниками ионизирующего излучения в одном здании (при этом корпус радиохимии становился частью нового учебно-научного комплекса). Такое здание получило условное название ядерного учебно-научного комплекса. Для его размещения был выбран так называемый «квартал 31», располагающийся в самой западной части участка, выделенного для строительства кампуса Ленинградского государственного университета в Петродворцовом районе [13], на границе с городом Ломоносовым (рис. 1).

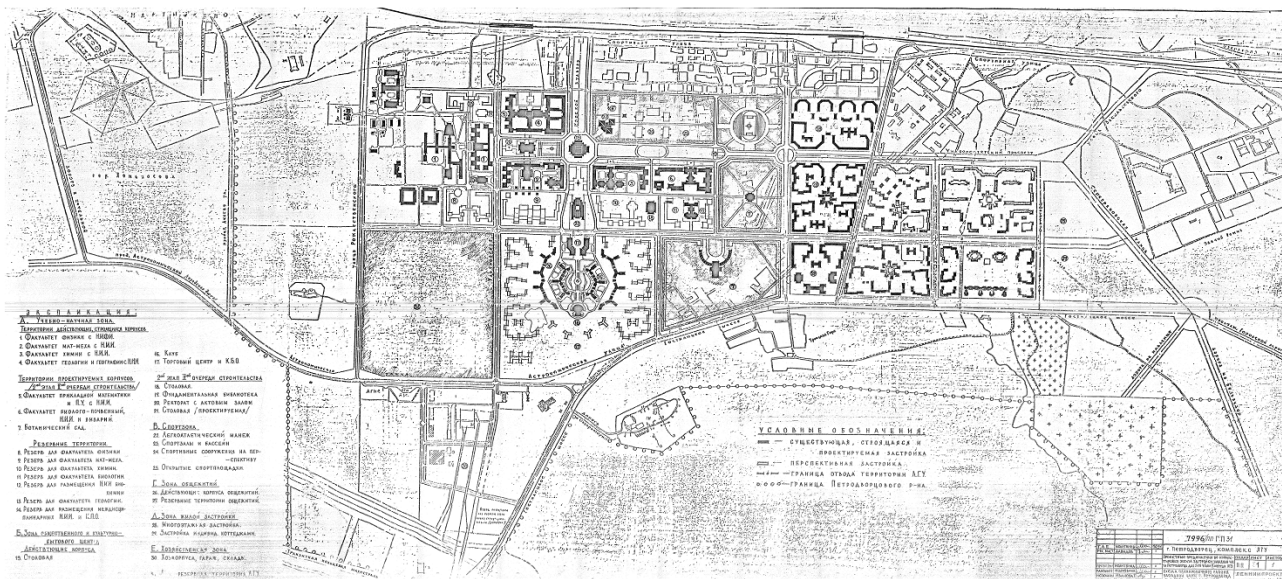


Рис. 1. Проектная схема размещения комплекса Ленинградского государственного университета в Петродворце (ядерный учебно-научный центр на схеме не показан). Авторы чертежа Давыдов, Молитвина, Иванова. ЛенНИИпроект 1991 год. Из архива Управления капитального строительства и реконструкции Санкт-Петербургского государственного университета. Ранее не публиковался.

(Вы можете увидеть это изображение в оригинальном размере, перейдя по ссылке:

<http://naukovedenie.ru/images/75TVN314/image1.jpg>)

Технический проект ядерного учебно-научного комплекса Ленинградского государственного университета им. А. А. Жданова разрабатывал Всесоюзный (позже Всероссийский) проектный и научно-исследовательский институт энергетических технологий (ВНИПИЭТ, он же п/я А-7631 и п/я 45) под руководством директора института, члена-корреспондента Академии наук СССР, лауреата Государственной премии СССР Вячеслава Михайловича Седова и главного инженера, а в последствии директора ВНИПИЭТа, Владимира Александровича Курносова. Основные работы над техническим проектом выполняло бюро комплексного проектирования №7 (БКП-7), возглавляемое Б.В.Щукиным. В работе над проектом ядерного центра ЛГУ принимали участие главный инженер БКП-7 В.А.Мальцев, главный инженер проекта Н.Е.Салдаев, заместитель главного инженера проекта В.В.Яблочкин, главный конструктор института Е.П.Цуриков, главный архитектор института И.В.Орлов, начальник сметного отдела института М.А.Новожилов, а также Н.М.Томилов,

П.В.Земсков, А.А.Романов, Е.С.Амосова, А.В.Щеников, Г.И.Николаева, З.Ф.Корсакова и многие другие.

Привлечение к проектированию ядерного комплекса такого института как ВНИПИЭТ показывало, насколько большое значение придается созданию данного учебно-научного центра.

Именно этой организацией в 1945-55 годах были разработаны проекты первого в СССР исследовательского ядерного реактора Ф-1, Семипалатинского полигона для испытаний ядерных боеприпасов, научно-исследовательских комплексов в Гатчине, Дубне, Обнинске, Польше, ГДР, Чехословакии, Китае, первой в мире АЭС в Обнинске. В 1955–1965 годах были разработаны проекты Белоярской и Нововоронежской АЭС, атомной станции на быстрых нейтронах БН-350 в городе Шевченко (ныне Актау, Казахстан). В 1965–1975 институтом разработан первой очереди Ленинградской АЭС с реакторами РБМК-1000, тогда же разрабатывался и проект Новосибирского Академгородка [14].

Накопленный институтом многолетний опыт проектирования объектов атомной промышленности был успешно применен и при разработке проекта ядерного учебно-научного комплекса ЛГУ.

По представлению директора Дирекции по строительству комплекса зданий для ЛГУ в Петродворце Михаила Николаевича Соколова, 30 октября 1979 года ректором ЛГУ, членом-корреспондентом Академии Наук СССР Валентином Борисовичем Алесковским [15] было утверждено задание на проектирование, которое затем было откорректировано 16 апреля 1980 года и 10 октября 1980 года.

По первоначальному замыслу планировалось запроектировать четыре самостоятельных здания (корпус радиохимии, корпус ускорителей, учебно-лабораторный корпус и хранилище изотопов), соединенных между собой пешеходными галереями. Однако по предложению проектного института отдельные корпуса были сблокированы в отдельное здание. Это позволило существенно сократить длину коммуникаций, пути перемещения изотопов, маршруты передвижения исследователей, а также сократить расход строительных материалов.

Композиция ансамбля ядерного учебно-научного комплекса, предложенная специалистами ВНИПИЭТа строилась по принципу многовертикальной силуэтной композиции, где шестидесятиметровая вытяжная башня контрастировала с низким протяженным главным зданием, центральный фасад которого значительно превышал боковые, и, являясь главной архитектурной доминантой всего комплекса, композиционно объединяла все его элементы.

Композиционная схема фасадов была образована ритмическими рядами вертикальных пилонов наружных стен, вынесенными лестничными клетками с акцентированной входной группой. Многократные повторения вертикальных элементов фасадов являлось выразительной архитектурной темой, использованной во всем Петродворцовом университетском комплексе. Главный фасад, располагающийся по улице Рождественского, должен был замыкать перспективу Ботанической улицы, одной из главных транспортных магистралей всего университетского городка (рис.2)

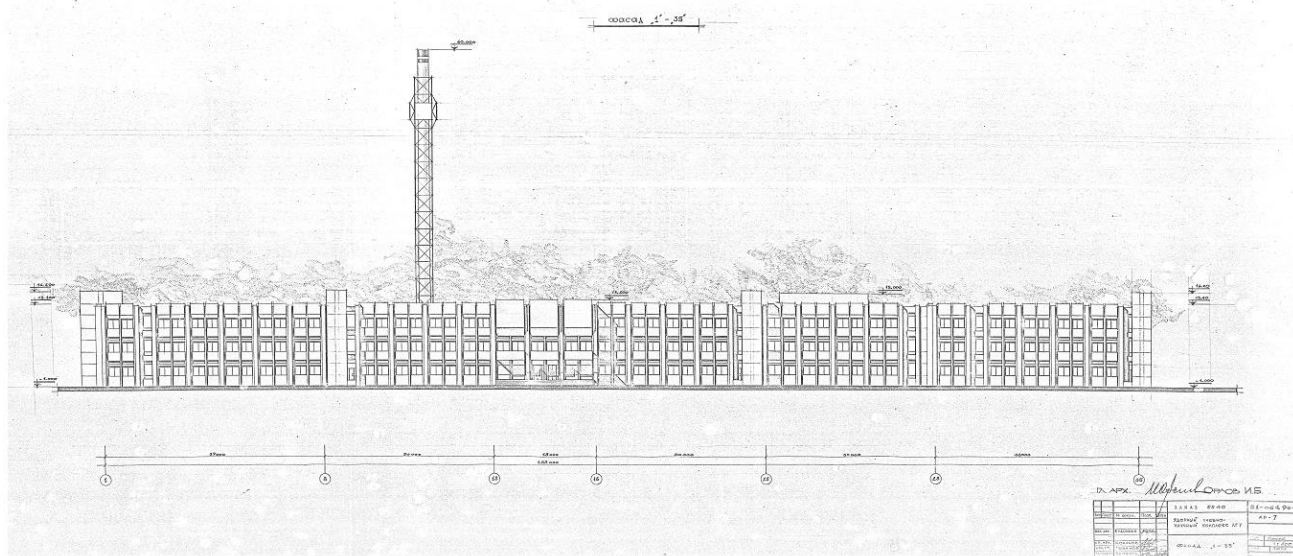


Рис. 2. Главный фасад ядерного учебно-научного центра. Том «архитектурно-строительные решения». Авторы чертежа Орлов, Кудинова, Щенников, Романов. ВНИПИЭТ 1981 год. Из архива Управления капитального строительства и реконструкции Санкт-Петербургского государственного университета. Ранее не публиковался.

(Вы можете увидеть это изображение в оригинальном размере, перейдя по ссылке:
<http://naukovedenie.ru/images/75TVN314/image2.jpg>)

В плане проектируемый комплекс представлял собой вытянутое почти прямоугольное здание, протяженностью 183 метра по лицевому фасаду и 81 метр по торцевым фасадам. В центре комплекса размещался прямоугольный открытый полузамкнутый двор (84 x 30 метров), используемый как зона отдыха (рис.3).

Стены здания толщиной 640 миллиметров выполнялись из красного кирпича пластического прессования с отделкой красным лицевым кирпичом под расшивку швов. Цоколь облицовывался пилеными плитами из натурального камня. Входная группа выполнялась из железобетонных конструкций, оштукатуренных декоративной штукатуркой с облицовкой натуральным камнем. Наружные стены 18-метровой вставки главного входа и элементы главных фасадов облицовывались пилеными плитами из натурального камня светлого цвета (доломитом).

Конструктивный каркас зданий комплекса представлял собой сетку колонн (6 + 3 + 6) x 6 метров с высотой этажа 4,2 метра и расчетной нагрузкой на сборно-монолитное перекрытие 800 килограмм на квадратный метр. Планировалось применить столбчатый стаканного типа фундамент на естественном основании с глубиной заложения около 2,5 метра. Пространственная жесткость и устойчивость каркаса обеспечивалось вертикальными диафрагмами жесткости. Здания комплекса проектировались преимущественно без подвалов.

В блоке «А» проектировались два зала для размещения ускорительной и лабораторной техники, площадью 1030 («большая тяжелая часть») и 400 квадратных метров («малая тяжелая часть») при высоте 8,4 метра. Залы проектировались в монолитном железобетоне с толщиной стен 2 метра.

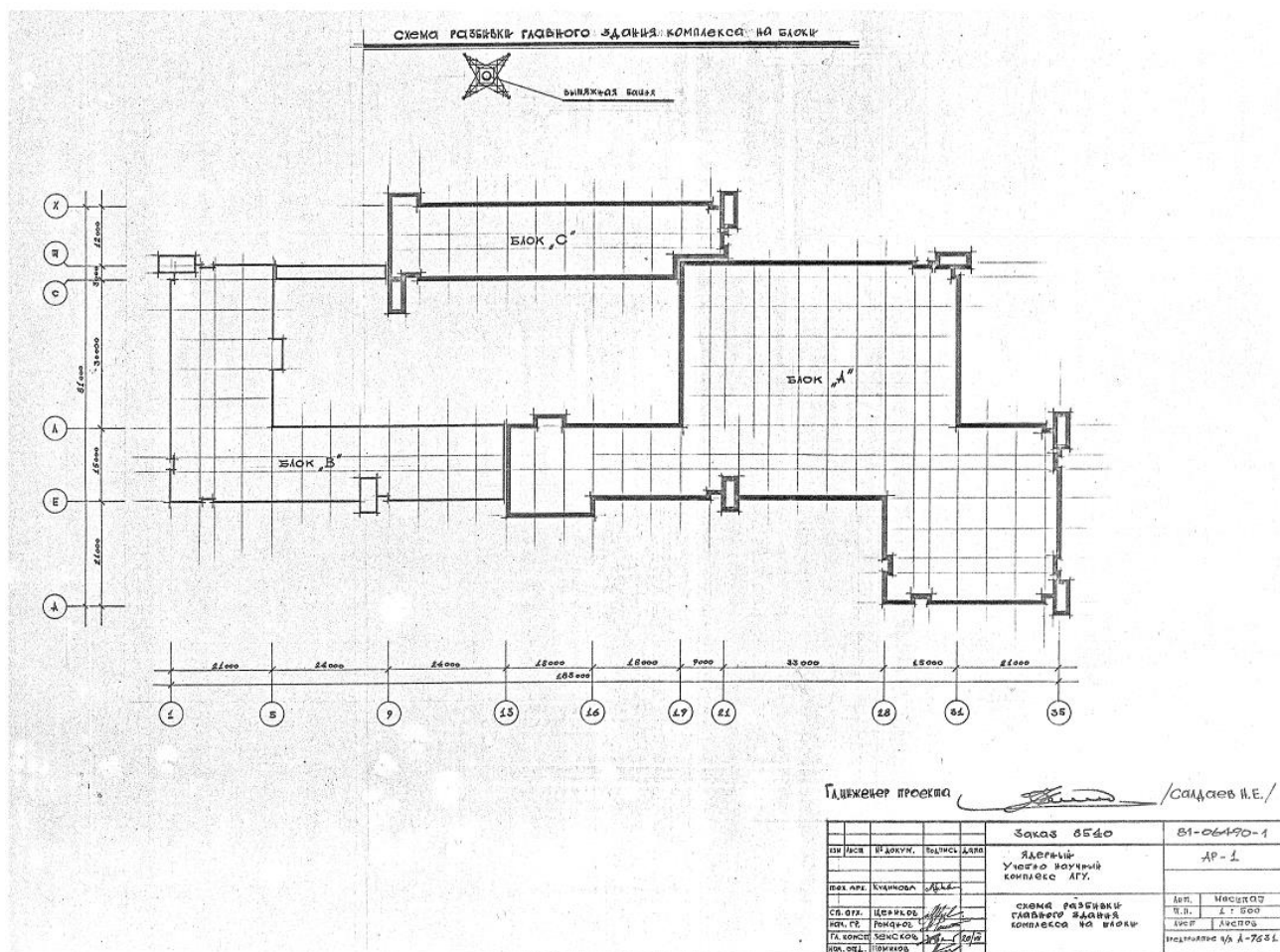


Рис. 3. Схема разбивки главного здания комплекса на блоки. Том «архитектурно-строительные решения». Авторы чертежа Салдаев, Кудинова, Щенков, Романов. 1981 год. Из архива Управления капитального строительства и реконструкции Санкт-Петербургского государственного университета. Ранее не публиковался.

(Вы можете увидеть это изображение в оригинальном размере, перейдя по ссылке: <http://naukovedenie.ru/images/75TVN314/image3.jpg>)

Функционально комплекс представлял собой три основных корпуса, создающих единый объем:

- корпус ускорительной техники с учебными лабораториями (блоком «А»),
- корпус радиохимии с реактором тепловой мощностью 100 кВт (блоком «В») и
- хранилище изотопов (блоком «С»).

Кроме трех основных блоков в комплекс входили здание установки холодоснабжения (размеры в плане 9 x 30 м), резервуары для хранения воды (объемом 50 куб.м.), типовые дренажная и канализационная насосная станции, а также вытяжная башня высотой 60 метров.

Компоновка комплекса позволяла осуществлять его строительство, как в целом, так и отдельными блоками. На участке, выделенном для строительства, 609 квадратных метра планировалось отвести под саму застройку, 488 квадратных метров под дорожки и тротуары, а основную площадь в 2,7 гектара должны были составлять зеленые насаждения, выполняющие роль санитарно-защитной зоны.

Общая площадь застройки должна была составить 8446 квадратных метров, включая 2310 квадратных метров площади застройки корпуса радиохимии (корпус «В»), 5846 квадратных метров вновь проектируемых корпусов «А» и «С», а также 290 квадратных метров занятых установкой холодоснабжения. Общая кубатура здания ядерного центра должна была составить 84170 кубических метров (18850 - корпус «В», 63220 - корпуса «А» и «С», а также 2100 — установки холодоснабжения), а площадь – 15544 квадратных метра (в том числе 3159 корпуса «В», 12120 корпусов «А» и «С» и 265 установок холодоснабжения).

Предусматривалось, что здание будет использоваться для ведения фундаментальных и прикладных научных исследований, а также учебных занятий по следующим направлениям: ядерная геология, ядерная химия, физика и химия ядерных реакций, ядерная спектроскопия, радиационная биология, техника и контроль за состоянием окружающей среды, а также для использования ядерных методов исследований в смежных науках.

Проект ядерного комплекса (блоков «А», «С» и вспомогательных сооружений) вошел, как составная часть, в подготовленный ЛенНИИпроектом технический проект «Первый этап второй очереди строительства естественных факультетов Ленинградского университета», который 24 апреля 1984 года прошел экспертизу Госстроя РСФСР и был утвержден 27 сентября 1984 года Распоряжением Совета Министров РСФСР №1349-р.

Блок «А» проектировался как здание, позволяющее разместить комплекс ускорителей и различные научные и учебные лаборатории. На первом этаже размещался также вестибюль с гардеробом. Второй этаж отводился для размещения лабораторий, не использующих тяжелое оборудование, а также для зала собраний на 180 мест. На третьем этаже размещались учебные аудитории и лаборатории, вычислительный центр и вытяжные вентиляционные камеры.

В соответствии со специализацией научных исследований, образовывались четыре отдела: ядерной геологии, ядерной физики (ядерная спектроскопия и физика ядерных реакций), ядерной химии (радиохимии) и радиационной биологии.

Отдел ядерной геологии изучал вопросы моделирования взаимодействия заряженных частиц с веществом горных пород, разработкой на основе ионного облучения методов определения элементного состава горных пород, руд и минералов, моделированием ядерно-геофизических условий в скважинах, разработкой методик ионного облучения для экологических исследований.

Исследования в области ядерной геологии предполагалось проводить в четырех научных и одной ученой лаборатории. Лаборатория нейтронного генератора предназначалась для проведения активационного анализа и получения короткоживущих изотопов. Для этих целей предполагалось использовать нейтронный генератор НГ-150М [16] с выходом нейтронов с энергией 15МэВ (мега электрон-вольт) при реакции «дейтерий-третий» $2 \cdot 10^{11}$ нейтрон в секунду.

Лаборатория линейного ускорителя электронов ЛУЭ-15А предназначалась для экспрессного многоэлементного активационного анализа веществ и продуктов обогащения руд полезных ископаемых [17, 18]. Планируемая номинальная энергия ускоренных электронов составляла 15 МэВ. Предполагалось, что ускоритель будет иметь круглосуточный режим работы с часовыми перерывами между сменами. В лаборатории нейтронных источников для проведения научных исследований планировалось использовать сурмяно-, полониево- и плутониево-бериллиевые источники с выходом порядка 10^9 нейтронов в секунду. Для проведения исследований по рентгено-радиометрическому анализу и другим ядерно-геофизическим методам создавалась лаборатория кафедры ядерной геофизики. В этой лаборатории планировалось проводить работы с закрытыми источниками альфа- и гамма-

излучения, а также облученными геологическими образцами, запаянными в кварцевые ампулы. Лаборатории отдела также занимались исследованием полевых ядерно-геофизических методов, фото-нейтронным анализом, рентгеновской спектрометрией. Учебная лаборатория кафедры ядерной геофизики предназначалась для проведения практикумов по активационному анализу, гамма-рентгеновским методам, гамма-нейтронному методу с студентами старших курсов.

Отдел ядерной физики объединял два направления — физику ядерных реакций и ядерную спектроскопию. Планировалось, что этот отдел будет заниматься научными исследованиями механизмов ядерных реакций, вызванных заряженными частицами, исследованием структуры ядер путем изучения различных продуктов ядерных реакций и корреляции между ними, изучением характеристик ядер с использованием лазеров на пучках заряженных частиц, разработкой методик ионного облучения для элементного анализа вещества и исследования взаимодействий ионов на свойства вещества и характеристики различных приборов.

Основу отдела ядерной физики составляла циклотронная лаборатория, состоящая из изохорного циклотрона У-120М и импульсного безжелезного бетатрона ИББ-10.

Циклотрон У-120М представлял собой циклотрон, разработанный в 1957 году Научно-исследовательским институтом электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова для Московского, Ленинградского, Томского и Свердловского университетов, а также для ядерных центров стан СЭВ и КНР, модернизируемый по проекту Объединенного института ядерных исследования (город Дубна Московской области) [4, 19].

После модернизации циклотрон мог обеспечивать плавное изменение энергии ускоренных частиц: протонов — от 13 до 40 МэВ, дейтронов — от 8,7 до 20 МэВ, ионов He^{+2} — от 17 до 50 МэВ, альфа-частиц — от 17,4 до 40 МэВ. Предполагалось, что электронный пучок будет направляться через систему транспортировки к мишенным устройствам, размещенным в шести экспериментальных залах. Для защиты экспериментаторов и обслуживающего персонала от радиационного излучения использовались бетонные блоки разборной радиационной защиты, перемещаемые специальными кранами.

К 1981 году на территории РСФСР существовало 10 работающих циклотронов (включая циклотрон У-120 работающий в ЛГУ с 1963 года [4]), поэтому модернизация циклотрона У-120 ставило ядерный учебно-научный центр Ленинградского государственного университета им. А. А. Жданова на передовые позиции в советской науке [20].

Бетатрон ИББ-10 предназначался для ускорения электронов до энергии 10МэВ [21, 22]. Его рассчитывали использовать для изучения выведенного пучка электронов и пучков гамма-квантов тормозного излучения от внутренних мишеней.

Учебная и научная работа отдела ядерных реакций базировалась на использовании изохорного циклотрона У-120М в качестве источника ускоренных заряженных частиц быстрых нейтронов, а также импульсного бетатрона ИББ в качестве источника гамма-лучей. В учебной лаборатории занятия со студентами предполагалось проводить с использованием стандартных закрытых альфа- и гамма-источников, а также полониево-бериллиевых источников нейтронов.

Радиохимическая лаборатория и лаборатория короткоживущих изотопов являлась единым подразделением, предназначенным для экспрессного исследования излучений радиоактивных изотопов, полученных с помощью различных ускорителей (У-120М, НГ-150 и ЛУЭ-15). Доставка короткоживущих изотопов в лабораторию планировалось осуществлять пневмопочтой. Радиохимические изыскания были представлены работами по выделению из облученной мишени радиоактивных элементов и приготовлению источников, излучение

которых в последствии исследуется лабораторией короткоживущих изотопов или на магнитных спектрометрах в иных лабораториях.

Ядерная спектроскопия была представлена научной лабораторией бета-спектроскопии и лабораториями множественных процессов и ядерно-лазерных методов. Изучение электронного излучения, сопровождающего распад радиоактивных ядер планировалось проводить путем изучения сплошных бета-спектров, спектров электронов внутренней конверсии, спектров электронов Оже. Для проведения исследований планировалось использовать радиоактивные бета-источники, активностью до 10 мКи. Среди приборов, используемых в исследованиях планировалось использовать бета-спектрометры типа призменного магнитного типа УМБ-2 [23], тороидального бета-спектрометра и магнитного спектрометра типа П2.

Лаборатория множественных процессов планировалась для изучения альфа- бета- и гамма-спектров закрытых радиационных источников с помощью сцинтилляционных детекторов и регистрирующей радиотехнической аппаратуры. В лаборатории ядерно-лазерных методов планировалось исследовать спектры альфа- бета- и гамма-радиоактивных веществ в газообразной фазе при воздействии на них лазерным излучением.

Отдел ядерной химии должен был проводить изучение радиационных эффектов, вызванных облучением, в кинетике химических реакций, изучением действия ионного облучения на синтетические материалы, разработкой методик радиохимического анализа с использованием ионного облучения.

В лабораториях отдела ядерной химии, размещавшихся в блоке «А» предполагалось проведение работ по фото-нейтронным реакциям, радиационной химии благородных металлов и ядерно-резонансной спектроскопии. Для основных исследований в области радиохимии выделялся специальный отдельный блок «В» ядерного учебно-научного центра.

Отдел радиационной биологии должен был проводить исследования генетических эффектов воздействия ионного облучения на живые организмы, а также по разработке средств биохимической защиты от нейтронного излучения.

Исследования в области радиационной биологии планировалось проводить в изолированной лаборатории, имеющей отдельный вход, гардероб и санузлы. В этой лаборатории планировалось изучать воздействие микроорганизмов на полимерные материалы при облучении микроорганизмов гамма-лучами, а также проводить детальное исследование пострадиационного развития микроорганизмов. Учебные занятия со студентами и аспирантами планировать проводить в учебной лаборатории, располагающейся там же и на ускорителях блока «А» (ЛУЭ-15, НГ-150, У-120М).

Учебная лаборатория по электронике, предназначенная для обучения студентов использованию электронных методов при поведении экспериментальных работ ядерно-физического, ядерно-геологического, ядерно-спектрометрического и радиобиологического направления, а также учебная лаборатория общих экспериментальных методов регистрации и использования излучений (альфа-, бета-, гамма-, нейтронного) не принадлежали к конкретным отделам и использовались в учебном процессе по всем направлениям работы с источниками ионизирующего излучения.

Кроме учебных и научных лабораторий, в блоке «А» размещались различные вспомогательные службы. Механические мастерские располагались на площади 192 кв.м и состояли из двух механосборочных и сварочного участка. Радиотехнические мастерские предназначались для обслуживания, ремонта и наладки электронной аппаратуры. Тут же размещался участок производства и восстановления германиевых и кремниевых детекторов, используемых в экспериментах регистрации альфа- и бета-излучения. Фотолабораторию, кроме обработки цветных и черно-белых пленок, предполагалось использовать для приготовления ядерных

эмульсий, и их последующей обработки после экспериментов. В помещениях управляющего центра, на 437 квадратных метрах располагалась управляющая работой циклотрона У-120М электронно-вычислительная машина М-6000, используемая также для обработки и хранения экспериментальных данных [24, 25].

Блок «В» был рассчитан на размещение в нем подразделений радиохимии, состоящих из лаборатории активизационного анализа с исследовательским водно-водяным реактором ИВВ-3 и радиохимической лабораторией. Однако в связи с тем, что реактор ИВВ-3 был исключен из числа действующих, было принято решение о замене его на разработанный научно-исследовательским и конструкторским институтом энерготехники (НИКИЭТ) имени дважды Героя Социалистического Труда академика Николая Антоновича Доллежала (он же п/я А-7291) реактор ИР-100.

Исследовательский реактор бассейнового типа на тепловых нейтронах использованием в качестве замедлителя и теплоносителя обессоленной воды ИР-100 с мощностью реактора 0,2 МВт был разработан для учебного комплекса Севастопольского высшего военно-морского инженерного училища – СВВМИУ (ныне реактор принадлежит Севастопольскому национальному университету ядерной энергии и промышленности – СНУЯЭиП). Мощность реактора составляла 200 кВт, максимальная плотность потока тепловых нейтронов в центре активной зоны - $5,4 \cdot 10^{12}$ нейтрон на квадратный сантиметр в секунду.

Реактор ИР-100 позволял проводить научно-исследовательские работы в области ядерной и молекулярной физики, радиационной химии [26]. Он мог использоваться для производства радиоактивных изотопов, а также для подготовки специалистов по контролю за радиационной обстановкой и по управлению ядерными реакторами.

Необходимо отметить, что к этому времени (1981 год) из гражданских учебных заведений исследовательскими реакторами типа ИРТ-Т (мощность 2,5 МВт) 1967 года постройки обладали только Московский инженерно-физический институт и Томский политехнический институт [27].

Рассматривалась также возможность использования в учебно-научном центре гомогенного ядерного реактора на растворах солей «Аргус», мощностью 20 кВт (рис.4, 5).

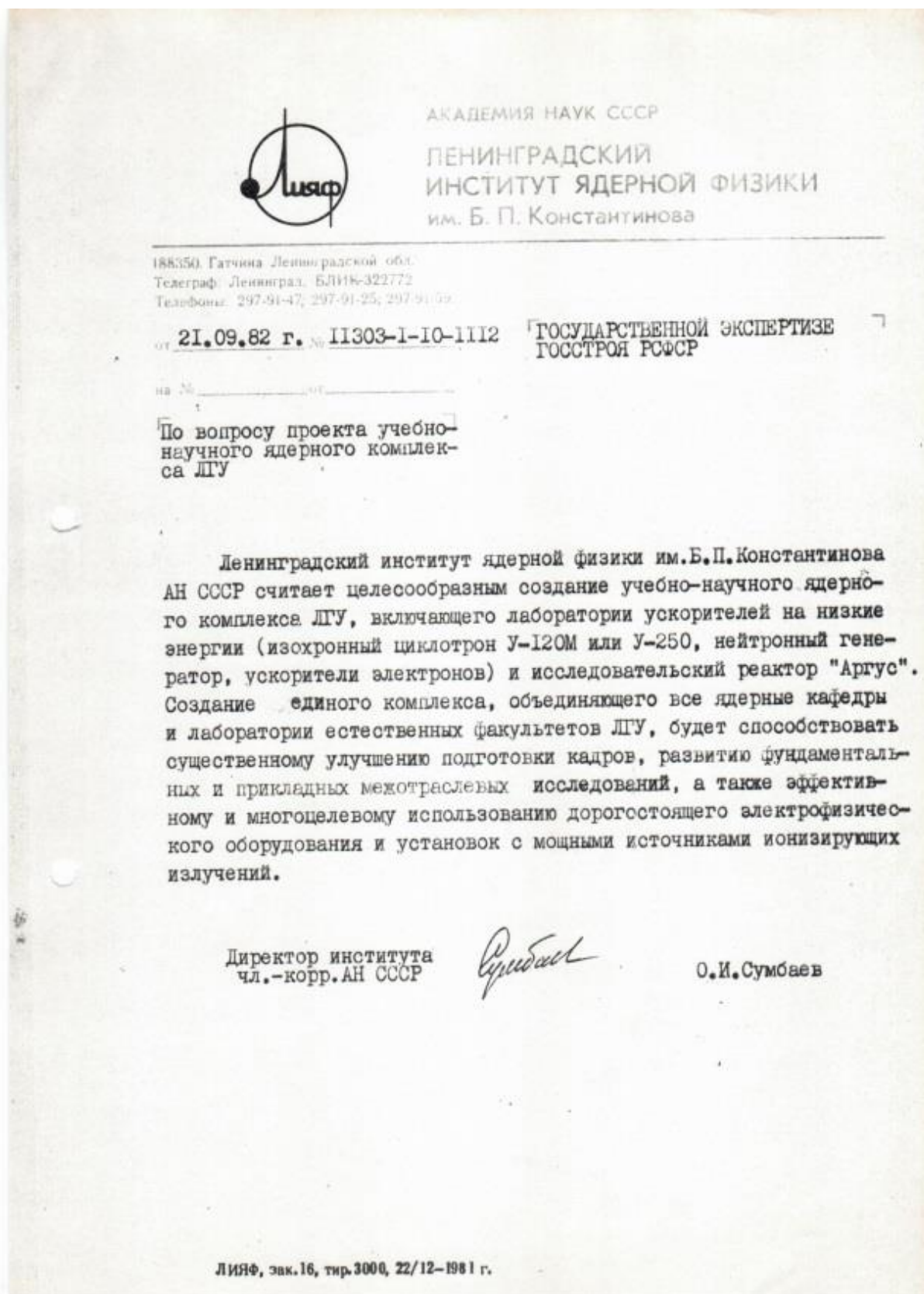


Рис. 4. Письмо Ленинградского института ядерной физики им.Б.В.Константинова по вопросу проекта учебно-научного ядерного комплекса ЛГУ. 1982 г. Из архива Управления капитального строительства и реконструкции Санкт-Петербургского государственного университета. Ранее не публиковалось.

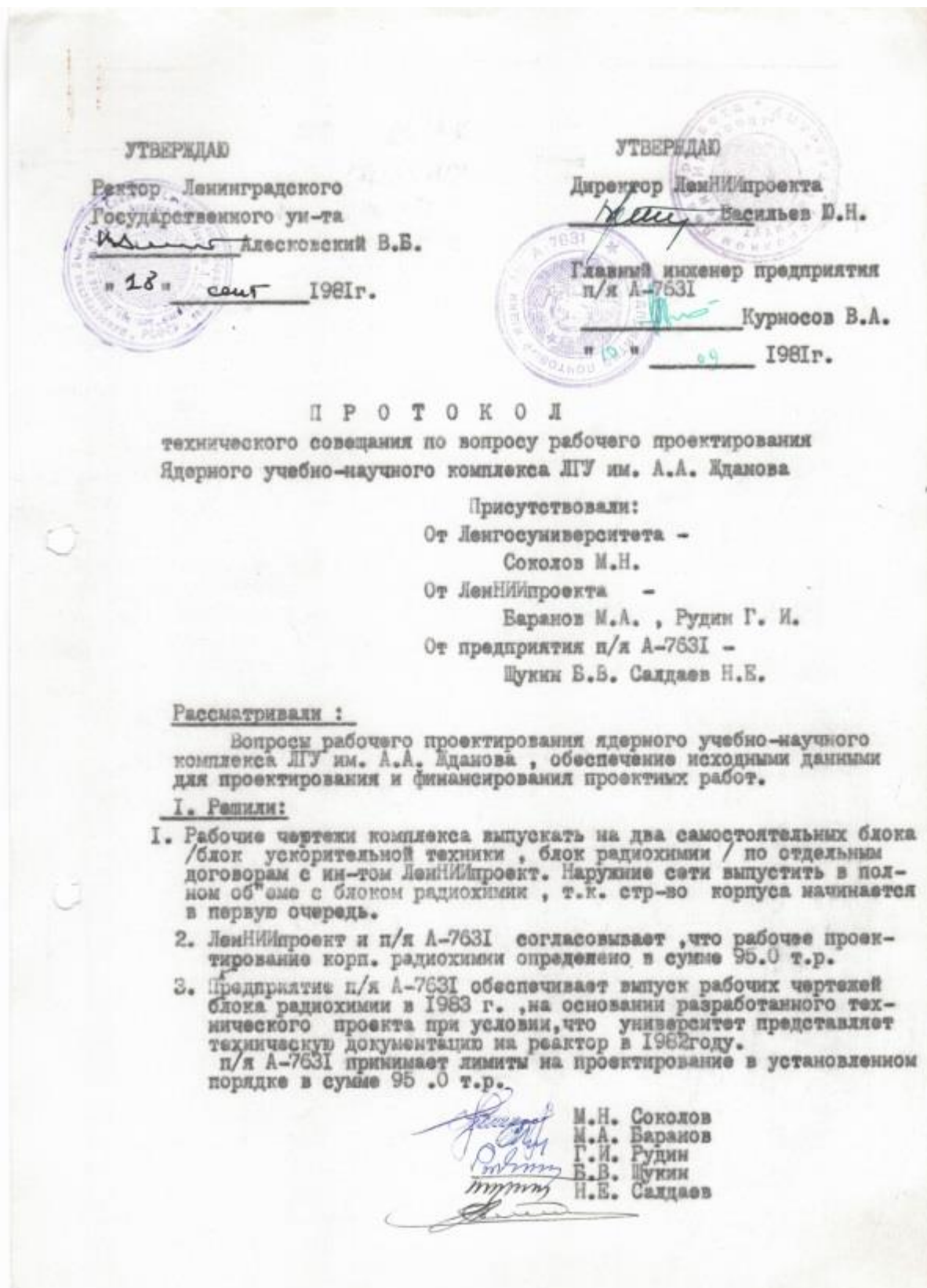


Рис. 5. Протокол технического совещания по вопросу рабочего проектирования ядерного учебно-научного комплекса ЛГУ им.А.А.Жданова. 1981 г.

Из архива Управления капитального строительства и реконструкции Санкт-Петербургского государственного университета. Ранее не публиковался

Проектируемый блок «С» носил условное название хранилища изотопов и предназначался для проведения научно-исследовательских работ и технологических операций связанных с приемом, хранением, расфасовкой радиоактивных веществ, а также для ремонта экспериментального оборудования. Он представлял собой двухэтажную пристройку, продолжающую двухэтажную часть блока «А».

Хранилище радиоактивных веществ и расфасовочное отделение выполняло роль общеуниверситетского хранилища. В нем предполагалось хранить различные закрытые источники излучения (альфа-источники, бета-препараты трития и бета-источники, гамма-источники и нейтронные полониево-бериллиевые источники), образцы, полученные на реакторе и ускорителях, а также радиоактивные вещества в открытом виде. Годовой оборот по тритию различных ионизирующих источников должен был составлять до 7400 ГБк (200 Ки). Соблюдение норм радиационной безопасности обеспечивалось применением манипуляторов и выполнением работ в специальных боксах.

Важную часть здания занимал музей естественно-радиоактивных материалов и руд [28]. Он предназначался для долговременного хранения и экспозиции уникальных образцов ядерно-сырьевых минералов и руд из многих месторождений мира.

С использованием экспозиции музея радиоактивных руд были связаны располагающиеся в этом же блоке лаборатории отдела ядерной геологии: лаборатория изучения радиоактивных руд, лаборатория обработки радиоактивных материалов, оснащенная шлифовально-полировочными станками и радиохимическая лаборатория, предназначенная для проведения радиохимического анализа образцов, хранящихся в музее.

В этом же блоке размещалась радиохимическая лаборатория отдела ядерной спектроскопии. В задачу этой лаборатории входило выделение радиоактивных изотопов из облученных мишеней методами экстракции, хроматографии и другими, приготовление методами электролиза или выпаривания радиоактивных растворов радиоактивных источников для других учебных и научных лабораторий [29, 30]. Все лаборатории оснащались боксами и вытяжными шкафами.

Кроме перечисленных помещений, относившихся к зоне строгого радиационного режима, в этом же блоке размещались помещения металлорежущих станков, узел ввода сжатого воздуха, хранилище стабильных изотопов, канцелярия и различные вспомогательные помещения.

Сметная стоимость всего ядерного учебно-научного комплекса складывалась из затрат на строительство корпуса радиохимии (блок «В»), рассчитанного в проекте «1-я очередь естественных факультетов Ленгосуниверситета им. А.А. Жданова в г. Петродворце» и затрат на строительство блоков «А» и «С» с вспомогательными сооружениями, рассчитанного в проекте «Первый этап второй очереди строительства естественных факультетов Ленинградского университета».

Затраты на строительство корпуса радиохимии оценивались в ценах 1969 года в размере 4040,56 тысяч рублей, и включали в себя 1376,88 тысяч рублей на проведение строительно-монтажных работ, 2503,41 тысяч рублей на закупку оборудования и 160,27 тысяч на прочие расходы, включающие затраты на разработку технического проекта и рабочей документации, осуществление технического надзора за строительством, а также иные подобные затраты. В ценах IV квартала 2013 года строительство корпуса радиохимии оценивается в 474268,71 тысячу рублей.

В конце XX века для оценки и сравнения затрат использовалось понятие удельных вложений на кубический метр строительного объема здания. Ныне чаще используется понятие удельных затрат на единицу площади. Следует отметить, что оценка по кубатуре

строительного объема является более объективной. Это связано с тем, что параметры подсчета площадей периодически меняются. В разное время подсчет площадей велся по внутренним габаритам помещений, в другое время — по внешним габаритам, из площадей периодически исключаются площади вентиляционных камер, лестничных площадок, чердачных помещений и прочее. На удельную стоимость строительства существенным образом влияет и высота междуэтажных перекрытий.

Удельные капитальные вложения при строительстве корпуса радиохимии должны были составить 214,4 рубля на кубометр в ценах 1969 года, что соответствовало 25,16 тысяч рублей на кубометр в ценах IV квартала 2013 года.

Технический проект блоков «А» и «С» ядерного учебно-научного комплекса был закончен в августе 1981 года. В 1983 году, после экспертизы, проведенной в Госстрое РСФСР, была произведена корректировка затрат на строительство ядерного учебно-научного комплекса.

Первоначальная стоимость строительства блоков «А» и «С» оценивались в размере 13457 тысяч рублей в ценах 1969 года, при строительном объеме главного корпуса 63220 кубических метра, удельные капитальные вложения составляли 212,8 рубля на 1 кубический метр здания, при этом большую их часть — 147,0 рублей составляли вложения в оборудование.

После корректировки сметной стоимости она сократилась до 7146,41 тысячи рублей в ценах 1969 года, что составляет 871085,16 тысяч рублей в ценах IV квартала 2013 года. Основное сокращение произошло за счет исключения из стоимости строительства 6251,41 тысячи рублей (633384,10 тысяч рублей в ценах 2013 года), составляющей стоимость научного оборудования. Уточнение стоимости строительно-монтажных работ повлекло их сокращение на 15,47 тысячи рублей, что составляло 0,44% от общего объема СМР. После экспертизы Госстроя строительно-монтажные работы составили 3461,13 тысяч рублей в ценах 1969 года (541039,17 тысяч рублей в ценах IV квартала 2013 года). Таким образом, удельные капитальные вложения составляли 113,04 рубля на 1 кубический метр здания (13,76 тысяч рублей в ценах 2013 года). Из них 54,75 рубля на 1 кубический метр строительного объема здания – удельные капитальные вложения в строительно-монтажные работы.

На строительство двух блоков («А» и «С») отводился по проекту 21 месяц. При этом общая трудоемкость строительно-монтажных работ составляла 58960 человеко-дней.

Проект также оценивал годовые эксплуатационные расходы по блокам «А» и «С» после завершения их строительства — они составляли 1858,3 тысячи рублей в год в ценах 1981 года. Согласно проекту, здание должно было потреблять 12835 тысяч кВт-часов электроэнергии в год, 70,8 тысячи кубометров воды, 6912 Гигакалорий для отопления и горячего водоснабжения, а также 10368 кубометров различных газов (гелия, аргона, неона, азота, кислорода, водорода), 7,8 тысяч кубометров природного газа. Обслуживающий персонал здания должен был состоять из 168 человек, в т.ч. 68 инженерно-технических работников.

Сметы на проектно-изыскательские работы, являющиеся частью технического проекта, позволяют оценить трудозатраты на подготовку технического проекта и рабочей документации для строительства. Общие трудозатраты на разработку технического проекта составляли 6220 человеко-дней и предполагали привлечение 119 специалистов различного профиля, в том числе по отдельным разделам: разработка технико-экономической части занимала 155 человеко-дней с привлечением 6 специалистов, специальные расчеты — 280 человеко-дней с привлечением 8 специалистов, технологическая часть — 2662 человеко-дней и 33 специалиста, электротехническая часть 1321 человеко-день и 29 специалистов,

строительная часть — 890 человеко-дней и 21 специалиста, генеральный план — 382 человеко-дня 4 специалистов, и подготовка сметной части требовала 530 человеко-дней и работы 18 специалистов.

Подготовка рабочей документации для строительства занимала 24000 человеко-дней и требовала привлечения 101 специалиста. В том числе для разработки отдельных частей: технологической 13838 человеко-дней (33 сотрудника), строительной 4976 человеко-дней (21 сотрудник), электротехнической 2051 человеко-дней (29 сотрудников), сантехнической 2497 человеко-дней (12 сотрудников), генерального плана 638 человеко-дней (6 сотрудников).

В процентном соотношении стоимость подготовки полного комплекта проектной документации (415,1 тысяча рублей в ценах 1969 года), включающей технический проект и рабочую документацию составила 5,8% от общих капитальных вложений (7146,41 тысяча рублей в ценах 1969 года). При пересчете стоимости подготовки проектной документации в цены 2013 года через курс доллара (76,0 копеек за 1 доллар на 01.08.1981 года и 31,5892 рубля за доллар на 20.09.2013 года), её стоимость составляет 18077,495 тысяч рублей (или 285,95 рублей за проектирование 1 кубометра строительного объема здания). Пересчет с учетом принятых коэффициентов индексации определяет стоимость проектирования на уровне цен в ценах IV квартала 2013 года в размере 13972,27 тысяч рублей или 221 рубль за проектирование 1 кубометра строительного объема здания.

Следует отметить, что подготовленный ВНИПИЭТом проект по набору лабораторий и электрофизических устройств являлся уникальным комплексом, предназначенным для проведения научных исследований и ученой работы. Реализация проекта создания ядерного учебно-научного комплекса позволяла Ленинградскому (ныне Санкт-Петербургскому) государственному университету занять лидирующие позиции по многим направлениям науки, связанных с использованием атомной энергии и радиоактивного излучения, в том числе стать научной площадкой, куда могли приезжать иностранные ученые для проведения самых современных экспериментальных исследований того времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алхазов, Д. Г., Шилов, В. П., Эйсмонт, В. П. Первый в Европе. История создания и довоенных лет циклотрона Радиевого института [Текст]: Препринт Радиевого института им.В.Г.Хлопина. Ч.1 (РИ-57); Ч.2 (РИ-158). – Л. – 1982.
2. Неменов, Л. М. История развития циклотрона за 50 лет (1930 — 1980) [Электронный ресурс] // Успехи физических наук – 1981. – Т.133. – С.525–541. – режим доступа: URL: <http://ufn.ru/ru/articles/1981/3/e/>, свободный (дата доступа 09.05.2014).
3. Лемберг, И. Х., Найденов, В. О., Френкель, В. Я. Циклотрон Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР (К 40-летию со дня пуска) [Электронный ресурс] // Успехи физических наук – 1987. – Т.153. – С.497–519. – режим доступа: URL: <http://ufn.ru/ru/articles/1987/11/e/>, свободный (дата доступа 09.05.2014).
4. Зарубин, П. П., Листенгартен, М. А. Неэлементарные исследования элементарных частиц [Электронный ресурс] // Журнал Санкт-Петербургский университет – 2000. – №4. – режим доступа: URL: <http://www.spbumag.nw.ru/2000/04/2.html>, свободный (дата доступа 09.05.2014).
5. Старик, И. Е. Радиоактивные методы определения геологического времени [Текст]. Л.; М.:Гл. ред. химич. литер., 1938. – 176 с.
6. Старик, И. Е. Основы радиохимии. [Текст]. Л. Наука, 1969. – 647 с.
7. Шашуков, Е. А. Жизненный и творческий путь И. Е. Старика [Электронный ресурс] // Труды Радиевого института им. В.Г. Хлопина. – 2007. – Т. XII. — С.207-210. – режим доступа: URL: <http://www.khlopin.ru/proceedings/12-15.pdf>, свободный (дата доступа 09.05.2014).
8. Мурин, А. Н. Физические основы радиохимии [Текст]: Учебник для химических специальностей университетов. М., Высш. Школа, 1971. – 288 с.
9. Седов, В. М. Технология переработки жидких радиоактивных отходов [Текст]: Конспект лекций. – Л.: ЛТИ, 1978. – 55 с.
10. Седов, В. М. Техничко-экономические основы развития ядерной энергетики [Текст]. - Л.: ЛТИ, 1985. – 91 с.
11. Нечаев, А. Ф., Седов, В. М. Радиационная химия теплоносителей ядерных энергетических установок [Текст]: Текст лекций / Л.: ЛТИ. 1986. – 61 с.
12. Половцев, И. Н. Университетский комплекс в Петродворце — детище академика архитектуры Игоря Фомина [Текст] // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – № 5 (40). – С. 52-57.
13. Polovtsev, I. N. Campus Progetto in Petrodvorets. [Электронный ресурс] // Italian Science Review. – 2014. – № 4(13). – С.348-350. – режим доступа: URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/Polovtsev.pdf>, свободный (дата доступа 09.05.2014).
14. История ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ» [Сайт] – режим доступа: URL: http://www.spbaer.ru/wps/wcm/connect/spb_aep/site/about/history/, свободный (дата доступа 09.05.2014).

15. В. Б. Алесковский (К 90-летию со дня рождения) [Текст] // Вестник СПбУ. – 2002. Сер. 4. Физика, химия. – Вып. 1 (№ 4). – С.129–130.
16. Нейтронный генератор НГ-150: (Конструктив. особенности и результаты испытаний отдел. узлов) [Текст] / Г. Г. Воронин, Е. И. Герасимов, Г. М. Латманизова и др.. – Л.: НИИЭФА, 1979. – 15 с.
17. Фрай Д. У., Уолкиншоу У. Линейные ускорители [Текст] // Успехи физических наук – 1950. – Т.XLII. – Вып. 3. – С.362-406.
18. Ворогушин, М. Ф., Демский, М. И., Румянцев, В. В., Свистунов, Ю. А. Линейные ускорители электронов НИИЭФА для прикладных целей [Электронный ресурс] / XV International Workshop on Charged Particle Linear Accelerators – 1997, режим доступа: URL: http://www.kipt.kharkov.ua/conferences/ihepnp/workshop/section1/al97_102.html, свободный (дата доступа 09.05.2014).
19. Материалы 3 совещания по изохронному циклотрону У-120М и его использованию для решения физических проблем. Ческе Будейовице ЧССР. 14-18 мая 1973 года [Текст]: Материалы Объединенного Института Ядерных Исследований №Р9-5498. Дубна, 1973. – 312 с.
20. Статус и перспективы развития ядерной медицины и лучевой терапии в России на фоне мировых [Электронный ресурс] / сайт Общественной палаты Российской Федерации. – режим доступа: URL: www.oprf.ru/files/yad_medicine.doc, свободный (дата доступа 09.05.2014).
21. Павловский, А. И., Кулешов, Д. Г., Склизков, Г. В., Зысин, Ю. А., Герасимов А. И. Сильноточные безжелезные бетатроны [Текст] // Доклады Академии Наук СССР – 1965. – Т.160. – С.68.
22. Москалев В. А., Чахлов В. Л. Бетатроны [Текст]: Монография. Томск: Издательство томского политехнического университета. 2009. – 267 с.
23. Черствов Л. А. Разработка и исследование серии прецизионных магнитных призменных бета-спектрометров (УМБ-1, УМБ-1М, УМБ-2) [Текст]: Автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук (055) / АН СССР. Физ.-техн. ин-т им. А.Ф. Иоффе. - Ленинград, 1971. - 17 с.
24. Применение малой ЭВМ М-6000 для оперативной обработки γ -спектрометрической информации [Текст]: Препринт Радиевого института имени В.Г. Хлопина №РИ-34. Л., 1975. – 16 с.
25. Организация вычислительного процесса ЭВМ М-6000 для систем автоматизации физического эксперимента на базе аппаратуры КАМАК [Текст]: Сообщения Объединенного института ядерных исследований, Ч.1. Дубна, 1976. – 15 с.
26. Фролова, М. А., Пономаренко, П. А. Генерация трития в активной зоне водно-водяных исследовательских реакторов на примере ИР-100 [Текст] // Вопросы радиационной безопасности – 2013. – № 1 (69). – С.26-28.
27. Дьяков, А. С. О конверсии российских исследовательских реакторов [Электронный ресурс]. – режим доступа: URL: <http://www.armscontrol.ru/pubs/conversion-of-research-reactors-in-russia.pdf>, свободный (дата доступа 09.05.2014).

28. Блажнова, М. Сокровищницы университета [Электронный ресурс] // Журнал Санкт-Петербургский университет – 2012. – №7(3849). – режим доступа: URL: <http://journal.spbu.ru/?p=7135>, свободный, (дата доступа 09.05.2014).
29. Старик, И. Е. Ядерная геохронология [Текст]. М.; Л.: АН СССР, 1961. 630 с
30. Титаева, Н. А. Ядерная геохимия [Текст]: учебник для студентов высших учебных заведений обучающихся по специальностям "Геохимия", "Экологическая геология". М.: Изд-во МГУ, 2000. – 335 с.

Рецензент: Крылов Георгий Владимирович, заместитель начальника управления, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Россия, Санкт-Петербург.

Igor Polovtsev
Saint-Petersburg State University
Russia, Saint-Petersburg
E-Mail: i.polovtsev@spbu.ru

Project of nuclear educational and scientific center of the 1980s in Petrodvorets

Abstract. The article considers the project of nuclear educational and scientific center creation. It should have been the part of new campus of Leningrad (nowadays □ Saint-Petersburg) state university. New university campus had been created from the end of 1950s of the past century at the south-western area of Leningrad (nowadays □ Saint-Petersburg) between the towns of Petrodvorets and Oranienbaum. Design of nuclear center was provided by a big team of All-Union Institute of Power Technologies. The author describes the history of project development and creative team, which realized this project.

Nuclear training-scientific center should have become the unique object. It could carry out the vast complex of scientific investigations with the use of ionizing radiation sources. It was planned to arrange cyclotron accelerator and research nuclear reactor in the nuclear center. This would allow to carry out works in various sectors of science □ physics, chemistry, biology, geology and medicine.

The author describes in the article all sides of unrealized project. Laboratories to be arranged in the building are described in detail. Solutions related to building's facades and structural components are described. Besides that, the analysis of the complex design and construction is made. The author tried to evaluate the cost of construction of buildings complex in today prices. The article allows to make complex evaluation of uniqueness of elaborated project.

Keywords: education; scientific research; history; university; campus; nuclear research; training center; cyclotron; urban planning; design; Petrodvorets.

Identification number of article 75TVN314

REFERENCES

1. Alhazov, D. G., Shilov, V. P., Jejsmont, V. P. Pervyj v Evrope. Istorija sozdanija i dovoennyh let ciklotrona Radievogo instituta [Tekst]: Preprint Radievogo instituta im. V.G.Hlopina. Ch.1 (RI-57); Ch.2 (RI-158). – L. – 1982.
2. Nemenov, L. M. Istorija razvitija ciklotrona za 50 let (1930 — 1980) [Jelektronnyj resurs] // Uspehi fizicheskikh nauk – 1981. – T.133. – S.525–541. – rezhim dostupa: URL: <http://ufn.ru/ru/articles/1981/3/e/>, svobodnyj (data dostupa 09.05.2014).
3. Lemberg, I. H., Najdenov, V. O., Frenkel', V. Ja. Ciklotron Fiziko-tehnicheskogo instituta im. A. F. Ioffe AN SSSR (K 40-letiju so dnja puska) [Jelektronnyj resurs] // Uspehi fizicheskikh nauk – 1987. – T.153. – S.497–519. – rezhim dostupa: URL: <http://ufn.ru/ru/articles/1987/11/e/>, svobodnyj (data dostupa 09.05.2014).
4. Zarubin, P. P., Listengarten, M. A. Nejelementarnye issledovanija jelementarnyh chastic [Jelektronnyj resurs] // Zhurnal Sankt-Peterburgskij universitet – 2000. – №4. – rezhim dostupa: URL: <http://www.spbumag.nw.ru/2000/04/2.html>, svobodnyj (data dostupa 09.05.2014).
5. Starik, I. E. Radioaktivnye metody opredelenija geologicheskogo vremeni [Tekst]. L.; M.:Gl. red. himich. liter., 1938. – 176 s.
6. Starik, I. E. Osnovy radiohimii. [Tekst]. L. Nauka, 1969. – 647 s.
7. Shashukov, E. A. Zhiznennyj i tvorcheskij put' I. E. Starika [Jelektronnyj resurs] // Trudy Radievogo instituta im. V.G. Hlopina. – 2007. – T. XII. — S.207-210. – rezhim dostupa: URL: <http://www.khlopin.ru/proceedings/12-15.pdf>, svobodnyj (data dostupa 09.05.2014).
8. Murin, A. N. Fizicheskie osnovy radiohimii [Tekst]: Uchebnik dlja himicheskikh special'nostej universitetov. M., Vyssh. Shkola, 1971. – 288 s.
9. Sedov, V. M. Tehnologija pererabotki zhidkih radioaktivnyh othodov [Tekst]: Konspekt lekcij. – L.: LTI, 1978. – 55 s.
10. Sedov, V. M. Tehniko-jekonomicheskie osnovy razvitija jadernoj jenergetiki [Tekst]. - L.: LTI, 1985. – 91 s.
11. Nechaev, A. F., Sedov, V. M. Radiacionnaja himija teplonositelej jadernyh jenergeticheskikh ustanovok [Tekst]: Tekst lekcij / L.: LTI. 1986. – 61 s.
12. Polovtsev, I. N. Universitetskij kompleks v Petrodvorce — detishhe akademika arhitektury Igorja Fomina [Tekst] // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2013. – № 5 (40). – S. 52-57.
13. Polovtsev, I. N. Campus Progetto in Petrodvorets. [Jelektronnyj resurs] // Italian Science Review. – 2014. – № 4(13). – S.348-350. – rezhim dostupa: URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/Polovtsev.pdf>, svobodnyj (data dostupa 09.05.2014).
14. Istorija OAO «Golovnoj institut «VNIPIJeT» [Sajt] – rezhim dostupa: URL: http://www.spbaep.ru/wps/wcm/connect/spb_aep/site/about/history/, svobodnyj (data dostupa 09.05.2014).
15. V. B. Aleskovskij (K 90-letiju so dnja rozhdenija) [Tekst] // Vestnik SPbU. – 2002. Ser. 4. Fizika, himija. – Vyp. 1 (№ 4). – S.129–130.
16. Nejtronnyj generator NG-150: (Konstruktiv. osobennosti i rezul'taty ispytaniy otdel. uzlov) [Tekst] / G. G. Voronin, E. I. Gerasimov, G. M. Latmanizova i dr.. – L.: NII-JeFA, 1979. – 15 s.

17. Fraj D. U., Uolkinshou U. Linejnye uskoriteli [Tekst] // Uspehi fizicheskikh nauk – 1950. – T.XLII. – Vyp. 3. – S.362-406.
18. Vorogushin, M. F., Demskij, M. I., Rumjancev, V. V., Svistunov, Ju. A. Linejnye uskoriteli jelektronov NIIJeFA dlja prikladnyh celej [Jelektronnyj resurs] / XV International Workshop on Charged Particle Linear Accelerators – 1997, rezhim dostupa: URL: http://www.kipt.kharkov.ua/conferences/ihepnp/workshop/section1/al97_102.html, svobodnyj (data dostupa 09.05.2014).
19. Materialy 3 soveshhanija po izohronnomu ciklotronu U-120M i ego ispol'zovaniju dlja reshenija fizicheskikh problem. Cheske Budejovice ChSSR. 14-18 maja 1973 goda [Tekst]: Materialy Ob#edinennogo Instituta Jadernyh Issledovanij №R9-5498. Dubna, 1973. – 312 s.
20. Status i perspektivy razvitija jadernoj mediciny i luchevoj terapii v Rossii na fone mirovyh [Jelektronnyj resurs] / sajt Obshhestvennoj palaty Rossijskoj Federacii. – rezhim dostupa: URL: www.oprf.ru/files/yad_medicine.doc, svobodnyj (data dostupa 09.05.2014).
21. Pavlovskij, A. I., Kuleshov, D. G., Sklizkov, G. V., Zysin, Ju. A., Gerasimov A. I. Sil'notochnye bezzheleznye betatrony [Tekst] // Doklady Akademii Nauk SSSR – 1965. – T.160. – S.68.
22. Moskalev V. A., Chahlov V. L. Betatrony [Tekst]: Monografija. Tomsk: Izdatel'stvo tomского politehnicheskogo universiteta. 2009. – 267 s.
23. Cherstvov L. A. Razrabotka i issledovanie serii precizionnyh magnitnyh prizmennyyh beta-spektrometrov (UMB-1, UMB-1M, UMB-2) [Tekst]: Avtoref. dis. na soiskanie uchen. stepeni kand. tehn. nauk (055) / AN SSSR. Fiz.-tehn. in-t im. A.F. Ioffe. - Leningrad, 1971. - 17 s.
24. Primenenie maloj JeVM M-6000 dlja operativnoj obrabotki γ -spektrometricheskoj informacii [Tekst]: Preprint Radievogo instituta imeni V.G. Hlopina №RI-34. L., 1975. – 16 s.
25. Organizacija vychislitel'nogo processa JeVM M-6000 dlja sistem avtomatizacii fizicheskogo jeksperimenta na baze apparatury KAMAK [Tekst]: Soobshhenija Ob#edinennogo instituta jadernyh issledovanij, Ch.1. Dubna, 1976. – 15 s.
26. Frolova, M. A., Ponomarenko, P. A Generacija tritija v aktivnoj zone vodno-vodjanyh issledovatel'skih reaktorov na primere IR-100 [Tekst] // Voprosy radiacionnoj bezopasnosti – 2013. – № 1 (69). – S.26-28.
27. D'jakov, A. S. O konversii rossijskih issledovatel'skih reaktorov [Jelektronnyj resurs]. – rezhim dostupa: URL: <http://www.armscontrol.ru/pubs/conversion-of-research-reactors-in-russia.pdf>, svobodnyj (data dostupa 09.05.2014).
28. Blazhnova, M. Sokrovishhnicy universiteta [Jelektronnyj resurs] // Zhurnal Sankt-Peterburgskij universitet – 2012. – №7(3849). – rezhim dostupa: URL: <http://journal.spbu.ru/?p=7135>, svobodnyj (data dostupa 09.05.2014).
29. Starik, I. E. Jadernaja geohronologija [Tekst]. M.; L.: AN SSSR, 1961. 630 s
30. Titaeva, N. A. Jadernaja geohimija [Tekst]: uchebnik dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij obuchajushhihsja po special'nostjam "Geohimija", "Jekologicheskaja geologija". M.: Izd-vo MGU, 2000. – 335 s.