

О ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ВЭ ЯРОО В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

А. А. Акатов, А. Ф. Нечаев

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург

Статья поступила в редакцию 28 октября 2021 г.

Подготовлена по материалам доклада на Третьей международной научно-практической конференции «Охрана окружающей среды и обращение с радиоактивными отходами научно-промышленных центров», ФГУП «РАДОН», 22–23 сентября 2021 г.

В работе оценены масштаб и особенности задач по ВЭ ЯРОО, а также потребность в специалистах в этой области; обсуждается степень готовности вуза к введению дисциплины «Организация, технология и экономика вывода из эксплуатации ЯРОО» в плане наличия соответствующего учебно-методического комплекса и квалификации профессорско-преподавательского состава; приведены краткое содержание курса, задачи освоения дисциплины и целевая аудитория.

Ключевые слова: ядерный и радиационно опасный объект (ЯРОО), вывод из эксплуатации, радиоактивные отходы (РАО), реабилитация промплощадок, подготовка специалистов.

Вывод из эксплуатации ядерных и радиационно опасных объектов (ВЭ ЯРОО) в России становится одной из отраслей масштабной экономической деятельности. Только для решения проблем так называемого ядерного наследия (табл. 1) потребуется от 40 (при интенсивном сценарии реализации Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года») до 100 лет. Помимо этого, следует учитывать потребность в планомерном ВЭ завершающих проектный срок службы блоков АЭС, исследовательских и транспортных ядерных реакторов, объектов ядерного топливного цикла (ЯТЦ), атомной науки, приборов и устройств различного назначения с радионуклидными источниками, хранилищ РАО и промышленных отходов техногенного характера с повышенным содержанием природных радионуклидов.

Таблица 1. Остановленные и планируемые к останову ЯРОО [1]

Тип ЯРОО	Общее кол-во	Годы				
		до 2008	2008–2015	2016–2025	2026–2035	после 2035
Ядерная установка	331	37	31	73	25	165
Пункт хранения	1253	290	68	120	61	714
Радиационный источник	479	24	41	34	25	355
Радиационно загрязненные здания и сооружения	44	9	4	8	11	12
Радиационно загрязненные территории	22	–	–	–	–	–
Объекты мирных ядерных взрывов	80	–	–	–	–	–
Всего	2210	360	144	235	122	1246

Не будет преувеличением утверждать, что сегодня ВЭ ЯРОО является в России актуальной проблемой национального масштаба, причем не только и не столько технической, но в большой степени — экологической, отчасти — политической и в значительной мере — социальной. В Основах государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации ВЭ ЯРОО с «обезвреживанием» РАО и восстановлением экологического качества промплощадок отнесены к одной из приоритетных задач социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности страны.

Учитывая это обстоятельство, а также отсутствие разумной альтернативы использованию радионуклидов и излучений в энергетике, медицине, промышленности, космической технике, очевидно, что ВЭ ЯРОО, как один из видов масштабной экономической активности, будет востребован на протяжении жизни многих поколений, а успешность его осуществления (включая не только технические, но экономические, экологические, институциональные и социальные аспекты) во многом зависит от наличия достаточного и компетентного кадрового ресурса.

Этот логический посыл послужил основанием для разработки и включения в учебный план кафедры инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии (ИРРТ) Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), СПбГТИ(ТУ), дисциплины «Организация, технология и экономика вывода из эксплуатации ЯРОО» в рамках специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики».

Целью освоения этой дисциплины является базовая подготовка инженера радиохимического профиля к проведению исследований и осуществлению организационной и технической деятельности в области вывода из эксплуатации ядерных и радиационно опасных объектов. Это призвано способствовать формированию комплексного, всестороннего восприятия проблемы, что, в свою очередь, обеспечит реализацию преимущественно оптимизированных процедур планирования и выполнения проектов вывода ЯРОО из эксплуатации с учетом всех основных особенностей, способных повлиять на конечный результат, и таким образом, чтобы решения, принятые на одной из стадий процесса, не исключали разумных альтернатив на последующих этапах вывода из эксплуатации.

При обосновании необходимости включения новой дисциплины в программу подготовки инженеров-радиохимиков немаловажное значение имел и тот факт, что сегодня потребности ВЭ ЯРОО стимулируют научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую работу (НИР и ОКР), по крайней мере, не в меньшей степени, чем «основная» технология. Достаточно, по-видимому, упомянуть:

- лазерное излучение, ультразвук, сверхкритическое состояние воды, химические нанокатализаторы для дезактивации;
- GPS-технологии и гамма-локаторы для инженерно-радиационного обследования объектов;
- компьютерное 3D-моделирование для «холодного» тестирования процессов ВЭ;
- синтетические минералоподобные материалы и нанотрубки для матричной изоляции долгоживущих радионуклидов;
- хитозаны, фуллерены и графены для глубокой переработки отходов.

Результаты этих исследований и разработок не всегда находят воплощение в промышленной практике ВЭ, но то, что они являются драйвером активного роста инновационного потенциала как атомной отрасли, так и промышленности в целом, равно как и то, что использование этих инноваций в процессе подготовки радиохимиков-технологов способствует расширению кругозора и повышению творческой активности выпускников, — несомненно.

Выбор кафедры ИРРТ, созданной в 1949 г., определялся богатыми педагогическими традициями подготовки радиохимиков-технологов и, главное, — активной вовлеченностью профессорско-преподавательского коллектива в исследования и разработки по широкому спектру проблем ВЭ. С начала 1990-х годов сотрудники кафедры участвовали в качестве приглашенных российских экспертов в координационных исследовательских проектах, программах технического содействия и работе консультативных групп Международного Агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) по таким аспектам ВЭ ЯРОО, как политика и стратегия [2, 3], регулирование, управление и организация [4–6], техника и технология [7–10], безопасное обращение с отходами [11–14], социально-экономическое влияние [15]. В 2015 г. по заказу Санкт-Петербургского филиала Технической академии Росатома на кафедре разработана программа повышения квалификации сотрудников атомной отрасли в области ВЭ ЯРОО. Специалисты кафедры на регулярной основе привлекаются для чтения лекций, проведения семинарских занятий и лабораторных

практикумов (в т. ч. на кафедре ИРРТ, имеющей лицензию Ростехнадзора).

Аналитические обзоры, технические отчеты и руководства МАГАТЭ, подготовленные с участием сотрудников кафедры ИРРТ, а также учебные пособия для вузов, разработанные в кооперации с Радиевым институтом им. В. Г. Хлопина, Технической академией Росатома, Озерским филиалом НИЯУ МИФИ, Белгородским технологическим университетом и при участии подкомитета Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации по законодательному обеспечению использования атомной энергии [16–19], формируют сбалансированный, вобравший в себя мировые тенденции и практики, учебно-методический комплекс для подготовки радиохимиков-технологов, обладающих компетенциями, которые востребованы сегодня на заключительном этапе жизненного цикла ЯРОО.

Рабочий план дисциплины охватывает практически все принципиальные этапы и компоненты ВЭ:

- организацию и планирование;
- комплексное инженерно-радиологическое обследование (КИРО) объектов;
- демонтаж и дезактивацию технологических систем, оборудования, зданий и сооружений ЯРОО;
- обращение с радиоактивными отходами;
- восстановление экологического качества промышленных площадок;
- социальные аспекты;
- методы и инструменты укрупненных оценок стоимости ВЭ ЯРОО.

Относительно небольшой объем курса (400 часов, включая лабораторные и практические занятия) связан с тем, что он адресован слушателям с базовой радиохимической и общеинженерной подготовкой, поэтому в процессе освоения дисциплины внимание обучающихся сконцентрировано преимущественно на тех процессах и процедурах, которые непосредственно отражают специфические особенности ВЭ ЯРОО.

К примеру, при обсуждении технологий дезактивации упор делается на «жестких» малоотходных методах, которые, как правило, не применяются на стадии эксплуатации ЯРОО с учетом потенциальной опасности недопустимого изменения функциональных свойств конструкционных материалов. В области обращения с радиоактивными отходами (как эксплуатационными, так и образующимися при ВЭ) технология и организационные аспекты рассматриваются в свете требований, диктуемых стратегией вывода ЯРОО из эксплуатации,

а именно: вместо доминирующей до недавнего времени парадигмы «перерабатывай и храни», согласно общей логике процесса ВЭ, закону № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами...» и положениям подзаконных актов, формирующих требования к конечному состоянию РАО (директивное сокращение сроков контролируемого хранения на промплощадках с последующим обязательным захоронением отходов), алгоритм действий теперь должен определяться руководящей идеей «приводи РАО в соответствие с критериями приемлемости для захоронения, пакуй и вывози», что коренным образом изменяет схему обращения с радиоактивными отходами на всех этапах жизненного цикла ЯРОО.

Важно отметить, что введение в учебную программу новой дисциплины не имеет целью подготовку кадров, специализирующихся исключительно в области вывода из эксплуатации ЯРОО. Практика ВЭ убедительно продемонстрировала необходимость трансформации ныне принятой технологии обращения с эксплуатационными отходами ЯРОО [20]; изменились (точнее — должны меняться) критерии оценки проектно-конструкторских решений при создании новых объектов использования атомной энергии; рутинной обязанностью эксплуатирующих организаций стала упреждающая разработка концепций и программ ВЭ ЯРОО; проекты новых объектов использования атомной энергии в обязательном порядке должны содержать информацию, необходимую для вывода ЯРОО из эксплуатации, включая предпочтительные технологии демонтажа и дезактивации, оценки количества и природы РАО, образующихся при ВЭ, и др.

Иными словами, наличие компетенций (знаний, умений, навыков) в области ВЭ ЯРОО является сегодня обязательным квалификационным требованием, предъявляемым к персоналу проектно-конструкторских, научно-исследовательских, надзорных организаций и эксплуатируемых ядерных и радиационно опасных установок.

Именно этот вызов современного этапа развития атомной науки и техники и принимался в расчет при создании и введении в учебную программу специальности «Химическая технология материалов современной энергетики» дисциплины «Организация, технология и экономика вывода из эксплуатации ЯРОО».

Резюмируя вышеизложенное, отметим:

(1) Только для ликвидации так называемого ядерного наследия может потребоваться до 100 лет при ежегодных затратах в несколько десятков млрд руб. Таким образом, ВЭ ЯРОО будет

активно применяться на протяжении жизни многих поколений, а успешность выполнения программ во многом определяется наличием компетенций в этой области не только у работников специализированных компаний, но в равной степени — у персонала проектно-конструкторских, научно-исследовательских, надзорных организаций и эксплуатируемых ЯРОО. Последнее, несомненно, должно учитываться при подготовке специалистов радиохимического профиля.

(2) В СПбГТИ(ТУ) эта задача решена путем включения в учебный план кафедры ИРПТ дисциплины «Организация, технология и экономика вывода из эксплуатации ЯРОО», которая охватывает все принципиальные этапы вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии, адресована слушателям с базовой радиохимической и общинженерной подготовкой и сконцентрирована преимущественно на тех процессах и процедурах, которые непосредственно отражают специфические особенности ВЭ ЯРОО.

(3) Более чем 70-летняя история существования кафедры ИРПТ (организована в составе инженерного физико-химического факультета Постановлением Совета Министров СССР в 1948 г.) и почти 30-летний опыт участия профессорско-преподавательского состава кафедры в российских и международных проектах по выводу из эксплуатации ядерных и радиационно опасных объектов способны обеспечить гарантии качества подготовки специалистов.

Литература

1. Ликвидация ядерного наследия: 2008—2015 годы / Под общ. ред. А. А. Абрамова, О. В. Крюкова, И. И. Линге. — М. : ОАО «Энергопроманалитика», 2015. 182 с.
2. Factors for formulating strategies for environmental restoration (IAEA-TECDOC-1032). — Vienna: IAEA, 1998. 85 p.
3. Policies and strategies for the decommissioning of nuclear and radiological facilities. — Vienna: IAEA, 2012. 30 p.
4. Planning for environmental restoration of radioactivity contaminated sites in Central and Eastern Europe (IAEA-TECDOC-865). Vol. 1—3. — Vienna: IAEA, 1996. 760 p.
5. Design criteria for a worldwide directory of radioactivity contaminated sites (IAEA-TECDOC-1251). — Vienna: IAEA, 2001. 187 p.
6. Record keeping for the decommissioning of nuclear facilities: guidelines and experience (TRS 411). — Vienna: IAEA, 2002. 182 p.
7. Technologies for remediation of radioactivity contaminated sites (IAEA-TECDOC-1086). — Vienna: IAEA, 1999. 271 p.
8. State-of-the-art technology for decontamination and dismantling of nuclear facilities (TRS 395). — Vienna: IAEA, 1999. 271 p.
9. Decommissioning techniques for research reactors (IAEA-TECDOC-1273). — Vienna: IAEA, 2002. 250 p.
10. Decommissioning of research reactors: evolution, state-of-the-art, open issues (TRS 446). — Vienna: IAEA, 2006. 156 p.
11. Minimization of waste from uranium purification, enrichment and fuel fabrication (IAEA-TECDOC-1115). — Vienna: IAEA, 1993. 42 p.
12. Management of problematic waste and materials during the decommissioning of nuclear facilities (TRS 441). — Vienna: IAEA, 2006. 71 p.
13. Retrieval of fluidizable radioactive waste from storage facilities (IAEA-TECDOC-1518). — Vienna: IAEA, 2006. 135 p.
14. Disposal aspects of low and intermediate decommissioning waste (IAEA-TECDOC-1572). — Vienna: IAEA, 2008. 168 p.
15. Managing the socioeconomic impact of the decommissioning of nuclear facilities (TRS 464). — Vienna: IAEA, 2008. 136 p.
16. Нечаев А. Ф., Смирнов И. В. Экономика заключительной стадии жизненного цикла ядерных и радиационно-опасных объектов. — Санкт-Петербург, Издательский дом «Инфо Ол», 2014. 112 с.
17. Нечаев А. Ф., Павленко В. И. Научные, правовые и организационные основы обеспечения радиационной безопасности: учебное пособие. — Санкт-Петербург, Белгород: Издательство БГТУ, 2012. 142 с.
18. Нечаев А. Ф., Поцяпун В. Т., Таиров Т. Н. Состояние и особенности российской системы категорирования радиоактивных отходов (справочно-методическое пособие). — Санкт-Петербург: Издательство СПбГТИ(ТУ), 2015. 49 с.
19. Нечаев А. Ф., Смирнов И. В., Цветков В. И. Регулирование и технология «обезвреживания» радиоактивных отходов (справочное пособие). — Озерск: Озерский технологический институт — филиал НИЯУ МИФИ, 2016. 175 с.
20. Vinnitskii V. A., Nechaev A. F., Chugunov A. S., Pereguda V. I., Ryzhov I. V. Incentives and prerequisites for modernizing NPP radwaste management // Atomic energy. 2017. Vol. 121. No. 5. Pp. 350—354.

Информация об авторах

Акатов Андрей Андреевич, старший преподаватель, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) (190013, Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 26), e-mail: andrey_akatov@technolog.edu.ru.

Нечаев Александр Фёдорович, доктор химических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) (190013, Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 26), e-mail: afnechaev@yandex.ru.

Библиографическое описание статьи

Акатов А. А., Нечаев А. Ф. О подготовке специалистов в области ВЭ ЯРОО в Санкт-Петербургском технологическом институте // Радиоактивные отходы. 2021. № 4 (17). С. 22–27. DOI: 10.25283/2587-9707-2021-4-22-27.

ON THE TRAINING OF SPECIALISTS FOR NUCLEAR FACILITIES DECOMMISSIONING IN THE SAINT-PETERSBURG INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Akatov A. A., Nechaev A. F.

Saint-Petersburg State Institute of Technology, Saint-Petersburg, Russia

Article received on October 28, 2021

Prepared on materials of the Report for the Third International Scientific and Practical Conference on the Environmental Protection and the Management of Radioactive Waste from Scientific and Industrial Centers, FSUE RADON, September 22–23, 2021.

The paper evaluates the scale and the specific aspects associated with nuclear decommissioning tasks, as well as the recruitment needs. It discusses the readiness of the Institute for the introduction of the discipline Organization, Technology and Economics of Nuclear Decommissioning with the focus placed on the availability of an adequate educational and methodical complex and a teaching staff with the required competence. It also briefly overviews the course, the tasks to master the discipline and its target audience.

Keywords: nuclear and radiation hazardous facilities, decommissioning, radioactive waste, remediation of industrial sites, training of specialists.

References

1. *Likvidatsiya yadernogo naslediya: 2008–2015 gody* [Nuclear Legacy Cleanup: 2008–2015]. Edt. by A. A. Abramov, O. V. Kryukov, I. I. Linge. Moscow, JSC Energopromanalitika Publ., 2015. 182 p.
2. Factors for formulating strategies for environmental restoration (IAEA-TECDOC-1032). Vienna: IAEA, 1998. 85 p.
3. Policies and strategies for the decommissioning of nuclear and radiological facilities. – Vienna: IAEA, 2012. 30 p.
4. Planning for environmental restoration of radioactivity contaminated sites in Central and Eastern Europe (IAEA-TECDOC-865). Vol. 1–3. Vienna: IAEA, 1996. 760 p.
5. Design criteria for a worldwide directory of radioactivity contaminated sites (IAEA-TECDOC-1251). Vienna: IAEA, 2001. 187 p.
6. Record keeping for the decommissioning of nuclear facilities: guidelines and experience (TRS 411). Vienna: IAEA, 2002. 182 p.

7. Technologies for remediation of radioactivity contaminated sites (IAEA-TECDOC-1086). Vienna: IAEA, 1999. 271 p.
8. State-of-the-art technology for decontamination and dismantling of nuclear facilities (TRS 395). Vienna: IAEA, 1999. 271 p.
9. Decommissioning techniques for research reactors (IAEA-TECDOC-1273). Vienna: IAEA, 2002. 250 p.
10. Decommissioning of research reactors: evolution, state-of-the-art, open issues (TRS 446). Vienna: IAEA, 2006. 156 p.
11. Minimization of waste from uranium purification, enrichment and fuel fabrication (IAEA-TECDOC-1115). Vienna: IAEA, 1993. 42 p.
12. Management of problematic waste and materials during the decommissioning of nuclear facilities (TRS 441). Vienna: IAEA, 2006. 71 p.
13. Retrieval of fluidizable radioactive waste from storage facilities (IAEA-TECDOC-1518). Vienna: IAEA, 2006. 135 p.
14. Disposal aspects of low and intermediate decommissioning waste (IAEA-TECDOC-1572). Vienna: IAEA, 2008. 168 p.
15. Managing the socioeconomic impact of the decommissioning of nuclear facilities (TRS 464). Vienna: IAEA, 2008. 136 p.
16. Nechaev A. F., Smirnov I. V. *Ekonomika zaklyuchitel'noy stadii zhiznennogo tsikla yadernykh i radiatsionno-opasnykh ob'yektov* [Economics for the Final Stage of Nuclear and Radiation-Hazardous Facilities' Life Cycle]. Saint-Petersburg, Publishing house Info Ol Publ., 2014. 112 p.
17. Nechaev A. F., Pavlenko V. I. *Nauchnyye, pravovyye i organizatsionnyye osnovy obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti: uchebnoye posobiye* [Scientific, Legal and Organizational Bases for Radiation Safety: Textbook]. Saint-Petersburg, Belgorod, BSTU Publishing House Publ., 2012. 142 p.
18. Nechaev A. F., Potsyapun V. T., Tairov T. N. *Sostoyaniye i osobennosti rossiyskoy sistemy kategorirovaniya radioaktivnykh otkhodov (spravochno-metodicheskoye posobiye)* [Current state and Features of the Russian System for Radioactive Waste Categorization (reference and methodological manual)]. Saint-Petersburg, Publishing house of SPbGTI (TU) Publ., 2015. 49 p.
19. Nechaev A. F., Smirnov I. V., Tsvetkov V. I. *Regulirovaniye i tekhnologiya «obezvrezhivaniya» radioaktivnykh otkhodov (spravochnoye posobiye)* [Regulations and Technology for Radioactive Waste Decontamination (reference manual)]. Ozersk, Ozersk Technological Institute — branch of NRNU MEPhI Publ., 2016. 175 p.
20. Vinnitskii V. A., Nechaev A. F., Chugunov A. S., Pereguda V. I., Ryzhov I. V. Incentives and prerequisites for modernizing NPP radwaste management. *Atomic energy*, 2017, vol. 121, no. 5, pp. 350–354.

Information about the authors

Akatov Andrey Andreevich, senior lecturer, Saint-Petersburg State Institute of Technology (26, Moskovsky pr., Saint-Petersburg, 190013, Russia), e-mail: andrey_akatov@technolog.edu.ru.

Nechaev Alexander Fedorovich, advanced doctor in chemical sciences, professor, Saint-Petersburg State Institute of Technology (26, Moskovsky pr., Saint-Petersburg, 190013, Russia), e-mail: afnechaev@yandex.ru.

Bibliographic description

Akatov A. A., Nechaev A. F. On the Training of Specialists for Nuclear Facilities Decommissioning in the Saint-Petersburg Institute of Technology. *Radioactive Waste*, 2021, no. 4 (17), pp. 22–27. DOI: 10.25283/2587-9707-2021-4-22-27. (In Russian).