



УДК: 621.039.58

DOI: 10.26277/SECNRS.2025.118.4.003

© 2025. Все права защищены.

## ВОПРОСЫ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ В ОБЛАСТИ ХИМИЧЕСКИХ (ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ) РЕЖИМОВ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Киркин А. М.\* (kirkin@secnrs.ru),  
Синегрибов С. В.\* (sinegribov@secnrs.ru),  
Крючков М. В.\*, канд. хим. наук (kryuchkov@secnrs.ru),  
Крутских Д. А.\* (krutskikh@secnrs.ru),  
Рябоконе А. В.\* (ryabokon@secnrs.ru)

Статья поступила в редакцию 10 декабря 2025 г.

### Аннотация

На каждом из этапов жизненного цикла атомной станции важными задачами для обеспечения ее безопасности являются управление ресурсом оборудования, минимизация отложений продуктов коррозии на оборудовании, трубопроводах и тепловыделяющих сборках, а также снижение до разумно достижимого уровня дозы облучения персонала. При этом тенденция к увеличению длительности топливной кампании, проектного и фактического срока эксплуатации действующих и сооружаемых реакторных установок, внедрение новых технических и организационных решений в части водно-химического режима, а также развитие проектов с инновационными типами реакторов (реакторы с жидкометаллическими теплоносителями, жидкосолевые реакторы) приводят к необходимости анализа действующих требований безопасности в области использования атомной энергии с целью выявления необходимости их пересмотра.

В статье представлен анализ требований безопасности в области использования атомной энергии в части химических (водно-химических) режимов на атомных станциях. На основе результатов анализа показаны особенности нормативной правовой базы и проблемные аспекты регулирования и обоснования безопасности в части химических (водно-химических) режимов действующих и перспективных атомных станций.

► **Ключевые слова:** химический (водно-химический) режим атомных станций, требования безопасности в области использования атомной энергии, коррозия конструкционных материалов оборудования и трубопроводов.

\* Федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности», Москва, Россия.

## REGULATION ISSUES OF NUCLEAR FACILITIES IN THE FIELD OF NUCLEAR PLANTS CHEMICAL (WATER-CHEMICAL) REGIMES

Kirkin A. M.\*,  
Sinegribov S. V.\*,  
Kryuchkov M. V.\*, Ph. D.,  
Krutskikh D. A.\*,  
Ryabokon A. V.\*

The article was received by the editors' crew on December 10<sup>th</sup>, 2025.

### *Abstract*

*Each stage of the nuclear plant life cycle involves urgent safety tasks, such as equipment resource management, minimizing deposits of corrosion products on equipment, pipelines and fuel assemblies, as well as reducing personnel radiation doses to a reasonably achievable level. At the same time, due to the tendency to increase the duration of the fuel campaign, the designed and practical operating lifespans of existing and under-construction nuclear power plants, implementation of new technical and organizational solutions of water chemistry, as well as the development of projects with innovative types of reactors (reactors with liquid metal coolants, molten-salt reactors) it is necessary to analyze the safety requirements in the field of atomic energy use in order to identify the need for their revision.*

*The article presents the analysis of safety requirements in the field of atomic energy use in terms of chemical (water-chemical) regimes at nuclear power plants. Based on the results of the analysis, the features of the regulatory framework and problematic aspects of regulating and justifying safety in terms of the chemical (water-chemical) regimes of existing and prospective nuclear power plants are shown.*

► **Keywords:** *chemical (water-chemical) regime of nuclear plants, safety requirements in the field of atomic energy use, corrosion of construction materials of equipment and pipelines.*

---

\* Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety, Moscow, Russia.

## Введение

В Российской Федерации некоторые атомные станции (АС) эксплуатируются с 70-х гг. прошлого века, и при этом планируется продление срока их эксплуатации еще как минимум на 5–10 лет [1, 2]. В свою очередь, на действующих атомных электростанциях (АЭС) с водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР) реализуются мероприятия по увеличению длительности топливной кампании до 18 месяцев [3]. На сооружаемых АЭС (проект ВВЭР-ТОИ) планируется внедрение новых технических и организационных решений, в том числе в части ведения водно-химических режимов (ВХР) [4]. Необходимость внедрения таких технических и организационных решений обусловлена рядом новых задач по развитию атомной энергетики страны, в числе которых работа энергоблока в режиме суточного маневрирования мощностью.

Перед эксплуатирующей организацией АС стоят задачи по управлению ресурсом оборудования, минимизации отложений продуктов коррозии на оборудовании, трубопроводах и тепловыделяющих сборках (ТВС), снижению до разумно достижимого уровня дозы облучения персонала, сокращению количества образующихся радиоактивных отходов (РАО), в том числе содержащих тритий [5, 6]. На перечисленные аспекты в значительной степени влияет химический (водно-химический) режим.

В связи с тенденциями к увеличению срока эксплуатации АС, увеличению длительности топливной кампании, внедрению новых технических и организационных решений, в том числе в части ведения ВХР, а также в связи с развитием проектов с инновационными типами реакторов (реакторы с жидкометаллическими теплоносителями, жидкосолевые реакторы) необходимо провести анализ достаточности действующих требований безопасности в области использования атомной энергии в части химических (водно-химических) режимов на АС.

### **Влияние химических (водно-химических) режимов на безопасность атомных станций**

Требования безопасности АС, включая требования к техническим и организационным решениям, установлены в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии (ФНП). Так, в соответствии с требованиями п. 1.2.31 НП-001-15 [7], эксплуатирующая организация должна осуществлять управление ресурсом элементов АС, важных для безопасности, в соответствии с тре-

бованиями ФНП. В соответствии с требованиями пп. 14, 16 НП-096-15 [8] методология управления ресурсом должна быть основана, в том числе, на прогнозировании механизмов повреждения конструкционных материалов оборудования и трубопроводов АС. В качестве основных механизмов повреждения в НП-096-15 [8] определены общая и локальная коррозия, межкристаллитное и транскристаллитное растрескивание, охрупчивание, термическое старение и эрозия. Требованиями п. 2.2.7 НП-082-07 [9] установлено, что конструкция и исполнение активной зоны и ее элементов, включая ТВС и твэлы, должны быть такими, чтобы при нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии, не превышались соответствующие пределы повреждения твэлов с учетом физико-химического взаимодействия материалов активной зоны и теплоносителя. Кроме того, в соответствии с требованиями п. 4.4.5 НП-001-15 [7], администрация АС должна обеспечивать разработку и реализацию мероприятий по снижению доз облучения персонала до разумно достижимого уровня.

Одним из важнейших факторов, влияющих на ресурс оборудования и трубопроводов АС при эксплуатации, на количество отложений продуктов коррозии на ТВС, а также на дозу облучения персонала, является химический (водно-химический) режим сред, которые обращаются в системах АС. В соответствии с приложением к руководству по безопасности при использовании атомной энергии РБ-002-16 [10] ВХР АС называется система организационно-технических мер, направленных на обеспечение и поддержание норм качества теплоносителя и водных рабочих сред оборудования и трубопроводов систем АС.

Рабочие среды (вода, расплавы солей или металлов, углеводороды) систем АС могут взаимодействовать с материалами (циркониевые сплавы, хромоникелевые сплавы, сталь) трубопроводов, оборудования, ТВС, что может выражаться в виде коррозионно-эрозионных повреждений, образования отложений продуктов коррозии на поверхностях оборудования, трубопроводов и ТВС. Как правило, механизмом такого взаимодействия является процесс электрохимической коррозии. В результате снижается ресурс оборудования и трубопроводов, ухудшаются процессы теплопередачи, и может произойти локальный перегрев топлива, а активация продуктов коррозии под действием ионизирующего излучения может привести к увеличению дозовой нагрузки на персонал, обслуживающий оборудование [11].

Интенсивность процессов физико-химического взаимодействия рабочих сред и конструкционных материалов, как правило, зависит от температуры среды, окислительно-восстановительных свойств и кислотности среды (величина pH), а также от наличия примесей и их концентрации. Так, например, исследованиями подтверждено, что коррозионное растрескивание металла теплообменных труб парогенераторов в первую очередь обусловлено наличием в котловой воде парогенераторов коррозионно-активных ионов, таких как хлориды Cl<sup>-</sup> и сульфаты SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, а также их присутствием в отложениях на поверхности теплообменных труб [12].

Кроме того, химический (водно-химический) режим влияет на количество образующихся РАО. Например, для удаления отложений на поверхности парогенераторов необходимо проведение «химических промывок», что неизбежно влечет за собой увеличение объема жидких РАО. Кроме того, на энергоблоках АС с ВВЭР имеет место «третиевая» проблема [5, 6, 13], возникающая вследствие образования значительных количеств трития в активной зоне реактора, главным образом из изотопа <sup>10</sup>B, используемого для компенсации запаса реактивности. Имеющиеся нормативные ограничения по сбросу тритийсодержащих вод с удельной активностью трития более 10<sup>5</sup> Бк/кг [14] предрасполагают к поискам возможности повторного использования тритий-содержащих вод при поддержании ВХР АС.

### Опыт эксплуатации атомных станций с различными химическими (водно-химическими) режимами

Процессы электрохимической коррозии металлов протекают с невысокой скоростью и незначительно проявляются на этапе эксплуатации. Однако опыт эксплуатации АС продемонстрировал, что негативные последствия длительно протекающего процесса коррозии могут привести к различным инцидентам, например к разрыву питательных трубопроводов деаэраторов, как это произошло во втором контуре на двух энергоблоках АЭС «Ловииза» в 1990, 1993 гг. и первом энергоблоке Ровенской АЭС в 1980 г. [15, 16].

Нарушения в работе АС, фиксировавшиеся в конце прошлого века, приводившие к необходимости серьезных ремонтных работ или замены оборудования, в основном были вызваны сочетанием таких факторов, как:

- конструктивные особенности оборудования (в том числе сочетание статических и циклических напряжений термического и механического характера, теплогидравлической и физико-механической неравномерности по объему, наличие застойных зон в объеме оборудования [17, 18]);
- работа с отклонениями по параметрам ВХР;
- применение в контурах нескольких конструкционных материалов с различными характерными особенностями взаимодействия с технологической средой [15, 19].

Одним из наиболее дорогостоящих мероприятий, вызываемых сочетанием перечисленных факторов, является необходимость замены парогенераторов, которая была произведена на восьми энергоблоках в СССР [20].

К настоящему времени число нарушений нормальной эксплуатации АС, которые связаны с коррозионным разрушением материалов оборудования, трубопроводов АС, сократилось. Благодаря изготовлению оборудования и трубопроводов из материалов, выбранных с учетом физико-химических свойств контактирующих с ними рабочих сред, а также контролю состояния металла оборудования и трубопроводов, относящихся к основным технологическим контурам АС, аварий, связанных с коррозионными процессами со значительными радиационными последствиями, на АС не было зафиксировано.

Однако и в настоящее время фиксируются случаи нарушения в работе и (или) остановки энергоблоков по причине обнаружения дефектов, вызванных коррозионно-эрозионным износом оборудования и трубопроводов. Так, во Франции с 2021 по 2022 гг. компанией Électricité de France (EDF) было остановлено 32 энергоблока из-за коррозионных трещин на сварных швах из аустенитной нержавеющей стали трубопроводов системы аварийного впрыска борированного раствора в активную зону (аналогом данной системы для ВВЭР является система аварийного ввода бора высокой концентрации) [21–23]. Для систем, связанных со вторым контуром ВВЭР, и вспомогательных систем АС зафиксированы случаи, когда по причине коррозии конструкционных материалов трубопроводов не только нарушалась герметичность систем, но и были жертвы и пострадавшие среди персонала АС (например, авария на АЭС «Михама» 9 августа 2004 г. [24, 25]).

В Российской Федерации также фиксируются нарушения, связанные с коррозионными разрушениями оборудования, в том числе фиксируются

течи теплоносителя в парогенераторах из первого контура во второй свыше установленных эксплуатационных пределов [20, 26]. А в 2006 г. было установлено, что на энергоблоке № 3 Балаковской АЭС и энергоблоке № 1 Калининской АЭС трубные пучки парогенератора были подвержены интенсивному коррозионному растрескиванию [12]. Кроме того, фиксировались отклонения в работе энергоблоков АС, связанные с ведением ВХР, но они не приводили к нарушениям в работе АС, расследуемым в соответствии с требованиями ФНП.

#### **Аспекты регулирования безопасности при эксплуатации атомных станций с различными химическими (водно-химическими) режимами**

Подходы к регулированию безопасности в части ВХР отражены в руководстве по безопасности при использовании атомной энергии РБ-002-16 [10], которое содержит общие рекомендации к ВХР АС, рекомендации к обоснованию ВХР в проектной документации АС, рекомендации к оборудованию, комплектующим и материалам, используемым в системах поддержания ВХР, важных для безопасности, а также к контролю показателей качества ВХР. Кроме того, отдельные общие требования установлены в НП-001-15 [7] и НП-089-15 [27].

Подходы к регулированию безопасности в части ведения химического (водно-химического) режима АС и перечисленные документы разрабатывались более десятилетия назад с учетом опыта эксплуатации АЭС, полученного еще в прошлом веке. При этом ранее проектный ресурс реакторных установок (РУ) отечественных АС, как правило, не превышал 30 лет, а в настоящее время проектные сроки эксплуатации новых РУ достигают 60–80 лет. Кроме того, эксплуатация энергоблоков, построенных в прошлом веке, периодически продлевается [1, 2]. При этом, в соответствии с требованиями п. 6 НП-017-18 [28], эксплуатирующая организация должна разработать программу подготовки энергоблока АС к продлению срока эксплуатации, предусматривающую обоснование остаточного ресурса элементов энергоблока АС в период дополнительного срока эксплуатации. В связи с увеличением срока эксплуатации возрастает риск проявления последствий коррозии раньше, чем закончится проектный срок эксплуатации энергоблоков.

Вместе с тем в Российской Федерации реализуются мероприятия по увеличению выработки электроэнергии на АЭС с ВВЭР, что подразумевает увеличение длительности топливной кампании

до 18 месяцев [3]. При этом в исследованиях установлено, что удлинение срока топливной кампании приводит к увеличению количества отложений на твэлах, а повышение начальной концентрации борной кислоты – к увеличению количества трития в первом контуре [29].

Дополнительно необходимо отметить, что с целью возможности работы российских АЭС в маневренном режиме энергогенерации внедряются новые подходы к организации ВХР теплоносителя первого контура, такие как прямое дозирование водорода, которое реализовано в РУ ВВЭР-ТОИ Курской АЭС-2 [4].

Таким образом, современные тенденции обуславливают необходимость анализа требований (рекомендаций) к ведению ВХР АС.

#### **Анализ действующих требований нормативных документов в области использования атомной энергии и рекомендаций в части химических (водно-химических) режимов на атомных станциях**

В настоящее время в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» [30] действуют требования ФНП, которые используются эксплуатирующими АС организациями и организациями – разработчиками проектов РУ и АС. Требования к ВХР АС установлены в НП-001-15 [7], НП-082-07 [9], НП-089-15 [27], НП-006-16 [31], НП-018-05 [32]. В целях содействия выполнению требований перечисленных нормативных документов разработано руководство по безопасности при использовании атомной энергии РБ-002-16 [10].

В соответствии с РБ-002-16 [10] основными задачами ВХР АС являются:

- способствование обеспечению целостности физических барьеров (оболочек тепловыделяющих элементов и границ контура теплоносителя реактора);
- обеспечение в течение всего срока эксплуатации энергоблока АС коррозионной стойкости конструкционных материалов оборудования и трубопроводов систем, важных для безопасности, путем минимизации коррозионных и коррозионно-эрозийных процессов при всех режимах эксплуатации;
- минимизация количества отложений на поверхностях тепловыделяющих элементов, оборудования и трубопроводов систем АС, важных для безопасности;
- предотвращение накопления горючих газов в оборудовании и трубопроводах во взрывоопасных концентрациях систем АС;

- способствование снижению до разумно достижимого уровня радиационного воздействия на персонал, вызванного активированными продуктами коррозии, образующими отложения на поверхностях оборудования и трубопроводов систем АС, и реагентами для поддержания ВХР;

- способствование ограничению радиационного воздействия на персонал и население при авариях, сопровождающихся выходом радионуклидов йода в помещения АС и окружающую среду;

- создание условий для уменьшения количества образующихся РАО на АС, а также сбросов и выбросов радиоактивных веществ во всех эксплуатационных состояниях энергоблока АС.

Показатели, характеризующие качество водного теплоносителя и рабочих сред систем АС, важных для безопасности, разделяются на нормируемые и диагностические [10].

Технические и организационные решения, принимаемые для обеспечения безопасности АС, в соответствии с требованиями п. 1.2.7 НП-001-15 [7], должны быть апробированы прежним опытом, испытаниями, исследованиями, опытом эксплуатации прототипов. Применительно к ВХР АС это сводится к необходимости представления соответствующих технических обоснований нормируемых и диагностических показателей ВХР АС, однако требования к таким обоснованиям отсутствуют.

Необходимость представления в отчетах по обоснованию безопасности (ООБ) АС концепции выбора ВХР теплоносителя РУ и рабочих сред систем, важных для безопасности АС (для АС на быстрых нейтронах – концепции выбора ВХР третьего контура), предусмотрена требованиями, представленными в п. 1.9.5 приложения № 3 к НП-006-16 [31] и п. 1.9.6 НП-018-05 [32] (с учетом рекомендаций п. 17 РБ-002-16 [10]). В соответствии с приложением к РБ-002-16 концепция ВХР – основные принципы и критерии обеспечения безопасности АС в части установления показателей качества теплоносителя и рабочих сред систем АС, важных для безопасности. Однако как в ФНП, так и в руководствах по безопасности при использовании атомной энергии, не представлены требования и рекомендации к содержанию концепции выбора ВХР.

Следует обратить внимание на вопросы обоснования в проектах АС и представления в ООБ АС и технологических регламентах эксплуатации энергоблоков АС проектных пределов и условий в части ВХР АС, включая эксплуатационные пределы и условия, пределы и условия безопасной эксплуатации. Так, требованиями п. 3.1.18 НП-001-15 [7]

установлено, что в проекте АС должны быть установлены и обоснованы, а в ООБ АС отражены эксплуатационные пределы и условия, пределы и условия безопасной эксплуатации для всех эксплуатационных состояний АС, включая работу реактора на мощности, состояния останова, перегрузки топлива. В то же время, в соответствии с требованиями п. 1.9.5 приложения № 3 к НП-006-16 [31], для нормируемых показателей ВХР АС эксплуатационные пределы и пределы безопасной эксплуатации устанавливаются (при их наличии). Целесообразность установления эксплуатационных пределов и пределов безопасной эксплуатации для нормируемых показателей ВХР АС определяется проектными и эксплуатирующей организациями. При этом требования о необходимости обоснования отказа от установления данных пределов отсутствуют в ФНП. Требованиями п. 4.1.3 НП-001-15 [7] установлено, что для обеспечения соблюдения установленных в проекте АС физико-химических показателей при эксплуатации систем и элементов АС в технологическом регламенте эксплуатации энергоблока АС должны быть представлены проектные пределы и условия, относящиеся к ведению химического режима рабочих сред в системах и элементах АС. Принимая во внимание действующие требования к ВХР, установленные в НП-001-15 [7] и НП-006-16 [31], целесообразно привести в нормативных документах подходы к установлению эксплуатационных пределов и условий, а также пределов и условий безопасной эксплуатации в части ВХР АС.

В соответствии с требованиями п. 260 НП-089-15 [27] показатели ВХР атомной энергетической установки должны находиться в пределах норм, установленных документами по стандартизации (например, стандарты организации, разработанные эксплуатирующей организацией, относящиеся к ВХР).

В связи с указанным можно сделать вывод о том, что действующие требования безопасности в части ВХР, а также рекомендации предрасполагают к возникновению следующих аспектов:

- формальный подход к формированию проектных материалов, материалов ООБ и технологических регламентов эксплуатации энергоблоков с точки зрения полноты и достаточности материалов;

- использование при установлении требований к показателям ВХР АС документов по стандартизации, не утвержденных эксплуатирующими организациями, не согласованных с проектировщиками АС и РУ, не имеющих достаточного уровня технического обоснования установленных в них требований.

Действующие требования безопасности к химическим режимам сред в системах и элементах АС по большей части ограничиваются только ВХР АС, в то время как на АС обращаются не только водные технологические среды (например, могут применяться газовые среды, углеводороды, а также жидкометаллические теплоносители и расплавы солей). Вместе с тем уже проводится ряд исследований по определению скорости коррозии сплавов на основе никеля и стали в расплавах фторидных солей, планируемых к применению в жидкосолевых реакторах [33, 34].

### **Международные подходы к регулированию безопасности атомных станций в части химических (водно-химических) режимов**

Общие подходы к регулированию вопросов ВХР для энергоблоков АС изложены в руководстве по безопасности МАГАТЭ SSG-13 «Программа по водно-химическому режиму для атомных станций с водоохлаждаемыми реакторами» [35]. Указанное руководство по безопасности содержит описание различных аспектов регулирования водно-химических режимов, в том числе вопросы содержания обоснования применяемых ВХР, химического контроля технологических сред, оптимизации облучения персонала посредством ВХР, анализа и управления данными по ВХР, контроля качества используемых химических реагентов и материалов. В настоящее время SSG-13 [35] действует в редакции 1, вышедшей в 2024 г. Изменения в SSG-13 [35], внесенные в рамках пересмотра, не учтены как в ФНП, так и в РБ-002-16 [10].

Кроме того, существует ряд рекомендаций по химическому составу воды, разработанных различными организациями, такими как Институт исследований электроэнергетики (EPRI) в США (Fruzzetti, 2004 г.), Ассоциация крупных электростанций (VGB) в Германии (Neder et al., 2006 г.) и Électricité de France (EDF) во Франции (Odar, Nordmann, 2010 г.). В Японии также разрабатываются рекомендации по химическому составу воды для реакторов с водой под давлением PWR [36, 37].

В настоящее время в рамках Международной организации по стандартизации (ИСО) ведется

разработка нового международного стандарта ISO/NP 26047 «Показатель эффективности контроля химического режима для реактора с водой под давлением на атомной станции» (“Chemistry Control Performance Indicator for Pressurized Water Reactor Nuclear Power Plants”). Указанный стандарт разрабатывается в целях установления требований к обеспечению контроля химических режимов сред на АС с реакторами с водой под давлением типа PWR, в том числе параметров и методик расчета показателя эффективности контроля химического режима (CCPI), который позволяет оценить соответствие и эффективность контроля параметров химического режима на АС, а также выявлять дефекты и недостатки оборудования. Предполагается, что на основании стандарта ISO/NP 26047 будут разрабатываться соответствующие инструкции по эксплуатации оборудования АС, а также регламенты технического обслуживания оборудования, используемого при обеспечении химического режима сред реакторов типа PWR.

### **Заключение**

Результаты анализа действующих требований по безопасности в области использования атомной энергии и рекомендаций в части ВХР АС свидетельствуют о наличии ряда проблем в сфере регулирования и обоснования безопасности. Вместе с тем для выработки обоснованных предложений по возможным подходам к нормативному регулированию химических режимов энергоблоков АС с неводными теплоносителями (жидкометаллические натриевые и свинцовые теплоносители, расплавы солей) могут потребоваться дополнительные исследования в части оценки влияния химического состава таких теплоносителей на коррозионное состояние конструкционных материалов РУ, количество отложений и объемы образующихся РАО.

Для решения таких проблем может потребоваться совершенствование нормативной правовой базы в целях учета международных подходов к регулированию безопасности АС в части химических (водно-химических) режимов АС, а также современных тенденций развития технологий атомной энергетики.

### **Литература**

1. Зеленая книга ядерной энергетики / Под ред. Е. О. Адамова. – М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2024. – 232 с.

2. Девятый национальный доклад Российской Федерации о выполнении обязательств, вытекающих из конвенции о ядерной безопасности: подготовлен Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) и Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» (Госкорпорация «Росатом»). – Москва, 2022. – 211 с.
3. Троянов В. М., Лавренюк П. И., Молчанов В. Л. Ядерное топливо. Современное состояние и перспективы // Ежемесячный журнал атомной энергетики России. 2008. № 5. С. 22–27.
4. Сусакин С. Н., Брыков С. И., Задонский Н. В., Быстрова О. С. Водно-химический режим первого контура для АЭС с ВВЭР-ТОИ // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Обеспечение безопасности АЭС. 2012. № 32. С. 76–82.
5. Строганов А. А., Курындин А. В., Шаповалов А. С. О радиационном воздействии выбросов брызгальных бассейнов атомных станций // Ядерная и радиационная безопасность. 2014. № 4. С. 11–17.
6. Екидин А. А., Васильев А. В., Васянович М. Е., Ковязин В. Л., Маркелов Д. А., Курындин А. В. и др. Анализ возможности поступления трития в атмосферу из баков запаса дистиллята (на примере Балаковской АЭС) // Вопросы радиационной безопасности. 2019. № 1. С. 16–24.
7. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (НП-001-15): утв. приказом Ростехнадзора от 17.12.2015 № 522.
8. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к управлению ресурсом оборудования и трубопроводов атомных станций. Основные положения (НП-096-15): утв. приказом Ростехнадзора от 15.10.2015 № 410.
9. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций (НП-082-07): утв. постановлением Ростехнадзора от 10.12.2007 № 4.
10. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Водно-химический режим атомных станций (РБ-002-16): утв. приказом Ростехнадзора от 23.08.2016 № 350.
11. Воронов В. Н. Водно-химические режимы ТЭС и АЭС: учеб. пос. / В. Н. Воронов, Т. И. Петрова; под ред. А. П. Пильщикова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 240 с.
12. Немытов Д. С., Тяпков В. Ф. Особенности коррозионных повреждений теплообменных труб парогенераторов АЭС с ВВЭР-1000 // Теплоэнергетика. 2009. № 7. С. 70–74.
13. Магомедбеков Э. П., Растунова И. Л. Тритиевые проблемы при эксплуатации ядерных энергетических установок // Сборник докладов 13-ой Международной школы молодых ученых и специалистов им. А. А. Курдюмова IHISM'19 Junior / Под ред. д-ра техн. наук А. А. Юхимчука. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2020. – С. 224–249.
14. Методика разработки нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ в водные объекты для водопользователей: утв. приказом Ростехнадзора от 22.12.2016 № 551.
15. Nietanen O. (2005). Guillotine breaks of FW lines at Loviisa 440. Proceedings Series, vol. 15, 39 p.
16. Авдеев Е. Ф. и др. Аварии и инциденты на атомных электростанциях: учеб. пос. / под общ. ред. д-ра физ.-мат. наук, профессора С. П. Соловьева. – Обнинск: ИАТЭ, 1992.
17. Стекольников В. В., Титов В. Ф. Причины повреждения коллекторов теплоносителя и меры повышения надежности парогенераторов ПГВ-1000 // Атомная энергия. 1991. Т. 71. № 4. С. 312–320.
18. Поваров В. П. Анализ поврежденных сварных швов № 111 ПГВ-1000 и предложения по их устранению // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2015. № 1. С. 28–38.
19. Тяпков В. Ф., Шарафутдинов Р. Б. Состояние, основные проблемы и направления совершенствования водно-химического режима АЭС // Теплоэнергетика. 2007. № 5. С. 20–26.
20. Ташлыков О. Л. Ремонт оборудования атомных станций: учебник / О. Л. Ташлыков. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018. – 352 с.
21. Phénomène de corrosion sous contrainte affectant des réacteurs du parc nucléaire français / Rapport de L'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France. – ASN, 2022. – URL: [https://www.asn.fr/annual\\_report/2022fr/](https://www.asn.fr/annual_report/2022fr/) (дата обращения: 16.12.2025).
22. Ядерный ренессанс Франции / Информационно-аналитическое издание «Новый атомный эксперт». – URL: <https://atomicexpertnew.ru> (дата обращения: 16.12.2025).
23. New crack detected at France's Penly NPP / News / Nuclear Engineering International. – URL: <https://www.neimagazine.com/> (дата обращения: 16.12.2025).

24. Титов С. А. и др. Анализ аварий, сопровождающихся пожарами на атомных электростанциях за период с 2004 по 2019 гг. // Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов II Всероссийского круглого стола. – Иваново, 2022. – 40 с.

25. Final Reports on Mihama-3 Accident: Critical Facts Remain Unclear. Nuke Info Tokyo, 2005, No. 106, pp. 8–9.

26. Информация о нарушениях в работе объектов использования атомной энергии. Информация о нарушениях в работе АЭС во 2–3 кварталах 2003 г. // Вестник Госатомнадзора России. 2003. № 4.

27. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (НП-089-15): утв. приказом Ростехнадзора от 17.12.2015 № 521.

28. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Основные требования к продлению срока эксплуатации блока атомной станции (НП-017-18): утв. приказом Ростехнадзора от 05.04.2018 № 162.

29. Шарафутдинов Р. Б. Харитонов Н. Л. Проблема оптимизации водно-химического режима I контура АЭС с ВВЭР в условиях увеличения длительности кампаний топливного цикла и повышения единичной мощности энергоблоков // Теплоэнергетика. 2011. № 5. С. 21–27.

30. Об использовании атомной энергии: Федер. закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ.

31. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности блока атомной станции с реактором типа ВВЭР (НП-006-16): утв. приказом Ростехнадзора от 13.02.2017 № 53.

32. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности атомных станций с реакторами на быстрых нейтронах (НП-018-05): утв. постановлением Ростехнадзора от 02.12.2005 № 9.

33. Селиверстов К. Е., Карфидов Э. А., Никитина Е. В., Дедюхин А. Е., Зайков Ю. П. Защитные коррозионностойкие покрытия на стали 12X18H10T в расплаве  $73\text{LiF}\cdot 27\text{BeF}_2$  / Сборник тезисов докладов 4-ой Всероссийской конференции «Электрохимия в распределенной и атомной энергетике». – 2025. – 309 с.

34. Гибадуллина А. Ф., Хотинин В. А., Алимгулов Р. Р., Гирев А. И., Иванов К. О., Половов И. Б. Влияние длительного старения на коррозионные и механические свойства сплава ХН62М-ВИ / Сборник тезисов докладов 4-ой Всероссийской конференции «Электрохимия в распределенной и атомной энергетике». – 2025. – 309 с.

35. Специальное руководство по безопасности № SSG-13 (Rev. 1) «Программа по водно-химическому режиму для атомных электростанций с водоохлаждаемыми реакторами». – МАГАТЭ, Вена, 2024.

36. Kawamura H. et al. (2019). PWR secondary water chemistry guidelines in Japan-Purpose and technical background. Progress in Nuclear Energy, vol. 114, pp. 121–137.

37. Kawamura H. et al. (2016). BWR water chemistry guidelines and PWR primary water chemistry guidelines in Japan-Purpose and technical background. Nuclear Engineering and Design, vol. 309, pp. 161–174.

## References

1. Zelenaya kniga yadernoj energetiki [The Green Book of Nuclear Energy]. E. O. Adamov (Ed.) (2024). Moscow: Publishing House of JSC NIKIET, 232 p. [in Russian].

2. Devyatyj nacionalnyj doklad Rossijskoj Federacii o vypolnenii obyazatelstv, vytekayushhix iz konvencii o yadernoj bezopasnosti [The Ninth National Report of the Russian Federation on the fulfillment of obligations arising from the Convention on Nuclear Safety]. 2022.

3. Troyanov V. M., Lavrenyuk P. I., Molchanov V. L. (2008). Yadernoe toplivo. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy [Nuclear Fuel. Current Status and Perspectives]. Ezhemesyachnyi zhurnal atomnoi ehnergetiki Rossii – Monthly periodical Nuclear Power in Russia, No. 5, pp. 22–27. [in Russian].

4. Susakin S. N., Brykov S. I., Zadonsky N. V., Bystrova O. S. (2012). Vodno-khimicheskii rezhim pervogo kontura dlya AEHS s VVEHR-TOI [Water chemistry of the primary side for NPP with VVER-TOI]. Voprosy atomnoi nauki i tekhniki. Seriya: Obespechenie bezopasnosti AEHS – Problems of Atomic Science and Technology. Series: Safety Assurance of NPP, No. 32, pp. 76–82. [in Russian].

5. Stroganov A. A., Kuryndin A. V., Shapovalov A. S. (2014). O radiatsionnom vozdeistvii vybrosov bryzgal'nykh basseinov atomnykh stantsii [The radiation exposure due to discharges of nuclear power plants spray

ponds]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost' – Nuclear and radiation safety Journal*, No. 4 (74), pp. 11–17. [in Russian].

6. Ekidin A. A., Vasiliev A. V., Vasyanovich M. E., Kovyazin V. L., Markelov D. A., Kuryndin A. V., et al. (2019). *Analiz vozmozhnosti postupleniya tritiya v atmosferu iz bakov zapasa distillyata (na primere Balakovskoi AEHS) [Analysis of possible emission of tritium into the atmosphere from the distillate storage tanks (using the Balakovo NPP as an example)]. Voprosy radiatsionnoi bezopasnosti – Journal of Radiation Safety Issues*, No. 1, pp. 16–24. [in Russian].

7. *Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii “Obshchie polozheniya obespecheniya bezopasnosti atomnykh stantsii” (NP-001-15) [Federal rules and regulations in the field of atomic energy use “General Provisions for Nuclear Power Plant Safety Assurance” (NP-001-15)]. 2015.*

8. *Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii “Trebovaniya k upravleniyu resursom oborudovaniya i truboprovodov atomnykh stantsii. Osnovnye polozheniya” (NP-096-15) [Federal rules and regulations in the field of atomic energy use “Requirements for management of service life of equipment and pipelines of nuclear power plants. General provisions” (NP-096-15)]. 2015.*

9. *Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii “Pravila yadernoi bezopasnosti reaktornykh ustanovok atomnykh stantsii” (NP-082-07) [Federal rules and regulations in the field of atomic energy use “Nuclear Safety Rules for Reactor Facilities of Nuclear Power Plants” (NP-082-07)]. 2007.*

10. *Rukovodstvo po bezopasnosti pri ispol'zovanii atomnoi ehnergii “Vodno-khimicheskii rezhim atomnykh stantsii” (RB-002-16) [Safety guide in the field of atomic energy use “Water-chemical regime of nuclear power plants” (RB-002-16)]. 2016.*

11. Voronov V. N., Petrova T. I. (2009). *Vodno-himicheskie rezhimy TES i AES [Water-chemical regimes of thermal power plants and nuclear power plants]. A. P. Pilshchikov (Ed.). A textbook. Moscow: MPEI Publishing House, 240 p. [in Russian].*

12. Nemytov D. S., Tyapkov V. F. (2009). *Osobennosti korrozionnykh povrezhdenii teploobmennykh trub parogeneratorov AEHS s VVEHR-1000 [Specific features of corrosion damage to heat-transfer tubes of steam generators used at nuclear power stations equipped with VVER-1000 reactors]. Teploehnergetika – Thermal Engineering*, vol. 56, No 7, pp. 612–616. [in Russian].

13. Magomedbekov E. P., Rastunova I. L. (2020). *Tritievye problemy pri ekspluatacii yadernykh energeticheskikh ustanovok: 13-aya Mezhdunarodnaya shkola molodyh uchenykh i specialistov im. A. A. Kurdyumova IHISM'19 Junior [Tritium problems in the operation of nuclear power plants: The 13th A. A. Kurdyumov International School of Young Scientists and Specialists IHISM'19 Junior]. A. A. Yukhimchuk (Ed.). Collection of reports. Sarov: RFNC-VNIIEF, pp. 224–249. [in Russian].*

14. *Metodika razrabotki normativov dopustimyykh sbrosov radioaktivnykh veshhestv v vodnye obekty dlya vodopolzovatelej [Methodology for developing standards for permissible discharges of radioactive substances into water bodies for water users]. 2016.*

15. Hietanen O. (2005). Guillotine breaks of FW lines at Loviisa 440. *Proceedings Series*, vol. 15, 39 p.

16. Avdeev E. F. et al. (1992). *Avarii i incidenty na atomnykh elektrostanciyah [Accidents and incidents at nuclear power plants]. S. P. Solovyov (Ed.). A textbook. Obninsk: OINPE MEFhI. [in Russian].*

17. Stekolnikov V. V., Titov V. F. (1991). *Prichiny povrezhdeniya kollektorov teplonositelya i mery povysheniya nadezhnosti parogeneratorov PGV-1000 [Causes of damage to coolant collectors and measures to improve the reliability of PGV-1000 steam generators]. Atomnaya energiya – Atomic Energy*, vol. 71, No. 4, pp. 312–320. [in Russian].

18. Povarov V. P. (2015). *Analiz povrezhdennykh svarnykh shvov No. 111 PGV-1000 i predlozheniya po ikh ustraneniyu [Analysis of the defectiveness of the welds No. 111 PGV-1000 and proposal on their elimination]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Yadernaya ehnergetika – Nuclear Energy and Technology*. No. 1, pp. 28–38. [in Russian].

19. Tyapkov V. F., Sharafutdinov R. B. (2007). *Sostoyanie, osnovnye problemy i napravleniya sovershenstvovaniya vodno-khimicheskogo rezhima AEHS [The current state, main problems and directions in improving water chemistry at NPPs]. Teploehnergetika – Thermal Engineering*, vol. 54, No. 5, pp. 20–26. [in Russian].

20. Tashlykov O. L. (2018). *Remont oborudovaniya atomnykh stantsii [Repair of nuclear power plant equipment]. A textbook. Ekaterinburg: Publishing house of the Ural Federal University, 352 p. [in Russian].*

21. Phénomène de corrosion sous contrainte affectant des réacteurs du parc nucléaire français / Rapport de L'ASN sur l'état de la Sûreté nucléaire et de la radioprotection en France [Stress corrosion phenomenon affecting reactors French nuclear power plant / ASN report on the state of safety nuclear and radiation protection in France]. ASN, 2022. URL: [https://www.asn.fr/annual\\_report/2022fr/](https://www.asn.fr/annual_report/2022fr/) (reference date: 16.12.2025).

22. Yadernyj renessans Francii / Informacionno-analiticheskoe izdanie "Novyj atomnyj ekspert" [Nuclear Renaissance of France / Information and analytical publication "New Atomic Expert"]. URL: <https://atomicexpertnew.ru> (reference date: 16.12.2025).

23. New crack detected at France's Penly NPP / News / Nuclear Engineering International. URL: <https://www.neimagazine.com/> (reference date: 16.12.2025).

24. Titov S. A. et al. (2022). Analiz avarii, soprovozhdayushchikhsya pozharami na atomnykh ehlektrostantsiyakh za period s 2004 po 2019 gg. Aktualnye voprosy pozharotusheniya: II Vserossiyskiy kruglyi stol [Analysis of accidents accompanied by fires at nuclear power plants for the period from 2004 to 2019. Topical issues of firefighting: The II All-Russian Round Table]. Collection of materials. Ivanovo, 40 p. [in Russian].

25. Final Reports on Mihama-3 Accident: Critical Facts Remain Unclear // Nuke Info Tokyo, 2005, No. 106, pp. 8–9.

26. Informaciya o narusheniyah v rabote ob'ektov ispol'zovaniya atomnoj energii. Informaciya o narusheniyah v rabote AES vo 2–3 kvartalax 2003 g. [Information about violations in the operation of nuclear energy facilities. Information about violations in the operation of nuclear power plants in the 2nd – 3rd quarters of 2003]. Vestnik Gosatomnadzora Rossii – Gazette of Gosatomnadzor of Russia, No. 4, 2003. [in Russian].

27. Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii "Pravila ustroystva i bezopasnoi ehkspluatatsii oborudovaniya i truboprovodov atomnykh ehnergeticheskikh ustanovok" (NP-089-15) [Federal rules and regulations in the field of atomic energy use "Rules for design and safe operation of equipment and pipelines of nuclear power facilities" (NP-089-15)]. 2015.

28. Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii. Osnovnye trebovaniya k prodleniyu sroka ehkspluatatsii bloka atomnoi stantsii (NP-017-18) [Federal rules and regulations in the field of atomic energy use "Basic Requirements for NPP Unit Lifetime Extension" (NP-017-18)]. 2018.

29. Sharafutdinov R. B., Kharitonova N. L. (2011). Problema optimizatsii vodno-khimicheskogo rezhima i kontura AEHS s VVEHR v usloviyakh uvelicheniya dlitel'nosti kampanii toplivnogo tsikla i povysheniya edinichnoi moshchnosti ehnergoblokov [The problem of optimizing the water chemistry used in the primary coolant circuit of a nuclear power station equipped with VVER reactors under the conditions of longer fuel cycle campaigns and increased capacity of power units]. Teploehnergetika – Thermal Engineering, vol. 58, No. 5, pp. 383–389. [in Russian].

30. Federalniy zakon ot 21.11.1995 No. 170-FZ "Ob ispol'zovanii atomnoi ehnergii" [Federal Law of 21.11.1995 No. 170-FZ "On the Use of Atomic Energy"]. 1995.

31. Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii "Trebovaniya k sodержaniyu otcheta po obosnovaniyu bezopasnosti bloka atomnoi stantsii s reaktorom tipa VVEHR" (NP-006-16) [Federal rules and regulations in the field of atomic energy use "Requirements for the content of safety analysis reports for nuclear power plant units with VVER reactors" (NP-006-16)]. 2017.

32. Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii "Trebovaniya k sodержaniyu otcheta po obosnovaniyu bezopasnosti atomnykh stantsii s reaktorami na bystrykh neitronakh" (NP-018-05) [Federal rules and regulations in the field of atomic energy use "Requirements for the content of the safety analysis report for nuclear power plants with fast reactors" (NP-018-05)]. 2005.

33. Seliverstov K. E., Karfidov E. A., Nikitina E. V., Dedyuhin A. E., Zajkov Yu. P. (2025). Zashhitnye korrozionnostojkie pokry'tiya na stali 12X18N10T v rasplave  $73\text{LiF}-27\text{BeF}_2$ : 4-aya Vserossiyskaya konferenciya "Elektrohimiya v raspredelennoj i atomnoj energetike" [Protective corrosion-resistant coatings on 12X18N10T steel in melt  $73\text{LiF}-27\text{BeF}_2$ : The 4th All-Russian Conference "Electrochemistry in distributed and nuclear power engineering"]. Collection of abstracts. 309 p. [in Russian].

34. Gibadullina A. F., Hotinov V. A., Alimgulov R. R., Girev A. I., Ivanov K. O., Polovov I. B. (2025). Vliyanie dlitel'nogo stareniya na korrozionnye i mehanicheskie svojstva splava XN62M-VI: 4-aya Vserossiyskaya konferenciya "Elektrohimiya v raspredelennoj i atomnoj energetike" [The effect of prolonged aging on the corrosion and mechanical properties of the KHN62M-VI alloy: The 4th All-Russian Conference "Electrochemistry in distributed and nuclear power engineering"]. Collection of abstracts. 309 p. [in Russian].

35. International Atomic Energy Agency, Chemistry Programme for Water Cooled Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-13 (Rev. 1), IAEA, Vienna, 2024.
36. Kawamura H. et al. (2019). PWR secondary water chemistry guidelines in Japan-Purpose and technical background. Progress in Nuclear Energy, vol. 114, pp. 121–137.
37. Kawamura H. et al. (2016). BWR water chemistry guidelines and PWR primary water chemistry guidelines in Japan-Purpose and technical background. Nuclear Engineering and Design, vol. 309, pp. 161–174.

### Сведения об авторах

*Киркин Андрей Михайлович*, начальник отдела безопасности атомных станций и инновационных ядерных установок, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Красносельский, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

*Синегрибов Сергей Владимирович*, начальник лаборатории отдела безопасности атомных станций и инновационных ядерных установок, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Красносельский, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

*Крючков Максим Викторович*, ведущий научный сотрудник отдела безопасности атомных станций и инновационных ядерных установок федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Красносельский, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

*Крутских Денис Андреевич*, старший научный сотрудник отдела безопасности атомных станций и инновационных ядерных установок, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Красносельский, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

*Рябоконе Анна Владимировна*, научный сотрудник отдела безопасности атомных станций и инновационных ядерных установок, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Красносельский, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

### Authors credentials

*Kirkin Andrei Mikhailovich*, Head of the Nuclear Power Plants and Innovative Nuclear Installations Safety Division, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8 bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., vn. ter. g. municipalnyi okrug Krasnoselskii, Moscow, 107140), e-mail: kirkin@secnrs.ru.

*Sinegribov Sergei Vladimirovich*, Head of Laboratory of the Nuclear Power Plants and Innovative Nuclear Installations Safety Division, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8 bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., vn. ter. g. municipalnyi okrug Krasnoselskii, Moscow, 107140), e-mail: sinegribov@secnrs.ru.

*Kryuchkov Maksim Viktorovich*, Leading Researcher of the Nuclear Power Plants and Innovative Nuclear Installations Safety Division, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8 bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., vn. ter. g. municipalnyi okrug Krasnoselskii, Moscow, 107140), e-mail: kryuchkov@secnrs.ru.

*Krutskich Denis Andreevich*, Senior Researcher of the Nuclear Power Plants and Innovative Nuclear Installations Safety Division, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8 bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., vn. ter. g. municipalnyi okrug Krasnoselskii, Moscow, 107140), e-mail: krutskich@secnrs.ru.

*Ryabokon Anna Vladimirovna*, Scientific Researcher of the Nuclear Power Plants and Innovative Nuclear Installations Safety Division, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8 bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., vn. ter. g. municipalnyi okrug Krasnoselskii, Moscow, 107140), e-mail: ryabokon@secnrs.ru.

### Для цитирования

Киркин А. М., Синегрибов С. В., Крючков М. В., Крутских Д. А., Рябоконт А. В. Вопросы нормативного регулирования объектов использования атомной энергии в области химических (водно-химических) режимов атомных станций // Ядерная и радиационная безопасность. 2025. № 4 (118). С. 31–43. DOI: 10.26277/SECNRS.2025.118.4.003.

### For citation

*Kirkin A. M., Sinegribov S. V., Kryuchkov M. V., Krutskikh D. A., Ryabokon A. V. (2025). Voprosy normativnogo regulirovaniya ob'ektov ispol'zovaniya atomnoi ehnergii v oblasti khimicheskikh (vodno-khimicheskikh) rezhimov atomnykh stantsii [Regulation issues of nuclear facilities in the field of nuclear plants chemical (water-chemical) regimes]. Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost' – Nuclear and Radiation Safety Journal, No. 4 (118), pp. 31–43. [in Russian]. DOI: 10.26277/SECNRS.2025.118.4.003.*

