

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору

Утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 16 февраля 2021 г. № 61.

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии

Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты. РБ-005-21

Введено в действие с 16 февраля 2021 г.

© Москва, 2021

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты»

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты» (далее — Руководство по безопасности) разработано в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» в целях содействия соблюдению требований федеральных норм и правил в области использования атомной энергии: «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2015 г. № 522 (зарегистрирован Минюстом России 2 февраля 2016 г., регистрационный № 40939), «Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла (ОПБ ОЯТЦ)» (НП-016-05), утвержденных постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 2 декабря 2005 г. № 11 (зарегистрировано Минюстом России 1 февраля 2006 г., регистрационный № 7433), «Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов. Требования безопасности» (НП-019-15), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 июня 2015 г. № 242 (зарегистрирован Минюстом России 27 июля 2015 г., регистрационный № 38209), «Общие положения обеспечения безопасности исследовательских ядерных установок» (НП-033-11), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 июля 2011 г. № 348 (зарегистрирован Минюстом России 29 августа 2011 г., регистрационный № 21700), «Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения» (НП-058-14), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 5 августа 2014 г. № 347 (зарегистрирован Минюстом России 14 ноября 2014 г., регистрационный № 34701), «Основные правила учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в организации» (НП-067-16), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28 ноября 2016 г. № 503 (зарегистрирован Минюстом России 21 декабря 2016 г., регистрационный № 44843).

Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты.

Руководство по безопасности распространяется на объекты использования атомной энергии, на которых осуществляется эксплуатация стационарных источников сбросов радиоактивных веществ, для которых в соответствии с Методикой разработки нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ для водопользователей, утвержденной приказом Ростехнадзора от 22 декабря 2016 г. № 551 (зарегистрирован Минюстом России 15 февраля 2017 г., регистрационный № 45652), должны устанавливаться нормативы допустимых сбросов радиоактивных веществ.

Настоящее Руководство по безопасности предназначено для применения эксплуатирующими организациями, осуществляющими контроль за сбросами радиоактивных веществ в водные объекты, проектными организациями, разрабатывающими методики и средства выполнения такого контроля, а также специалистами Ростехнадзора, ответственными за регулирование безопасности при осуществлении указанного контроля.

Выпускается впервые.

Руководство по безопасности разработано коллективом авторов в составе: М.Н. Морев (Ростехнадзор), А. В. Курындин, А. С. Шаповалов, Р. М. Поляков, А. Л. Верник (ФБУ «НТЦ ЯРБ»).

Оглавление

I. Общие положения	5
II. Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты	6
III. Рекомендации по методам и средствам контроля при инвентаризации сбросов радиоактивных веществ в водные объекты для целей разработки нормативов допустимых сбросов.....	15
Приложение № 1.....	16
Список сокращений	16
Приложение № 2.....	17
Термины и определения	17
Приложение № 3.....	18
Рекомендуемый метод расчета параметров линейной регрессии для определения зависимости логарифма удельной активности целевого радионуклида от логарифма удельной активности реперного радионуклида в сточных водах с использованием стандартного метода наименьших квадратов	18
Приложение № 4.....	19
Рекомендуемый метод расчета параметров линейной регрессии для определения зависимости логарифма удельной активности целевого радионуклида от логарифма удельной активности реперного радионуклида в сточных водах с использованием метода Ньютона-Рафсона	19
Приложение № 5.....	21
Рекомендации по применению расчетного метода определения активностей сбросов радионуклидов.....	21
Приложение № 6.....	24
Рекомендации по установлению контрольных уровней сбросов радиоактивных веществ в водные объекты	24
Приложение № 7.....	26
Рекомендации по учету неопределенностей и нижних порогов регистрации при проверке соблюдения нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ	26

I. Общие положения

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты» (РБ-005-21) (далее — Руководство по безопасности) разработано в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» в целях содействия соблюдению требований федеральных норм и правил в области использования атомной энергии: «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2015 г. № 522 (зарегистрирован Минюстом России 2 февраля 2016 г., регистрационный № 40939), «Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла (ОПБ ОЯТЦ)» (НП-016-05), утвержденных постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 2 декабря 2005 г. № 11 (зарегистрировано Минюстом России 1 февраля 2006 г., регистрационный № 7433), «Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов. Требования безопасности» (НП-019-15), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 июня 2015 г. № 242 (зарегистрирован Минюстом России 27 июля 2015 г., регистрационный № 38209), «Общие положения обеспечения безопасности исследовательских ядерных установок» (НП-033-11), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 июля 2011 г. № 348 (зарегистрирован Минюстом России 29 августа 2011 г., регистрационный № 21700), «Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения» (НП-058-14), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 5 августа 2014 г. № 347 (зарегистрирован Минюстом России 14 ноября 2014 г., регистрационный № 34701), «Основные правила учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в организации» (НП-067-16), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28 ноября 2016 г. № 503 (зарегистрирован Минюстом России 21 декабря 2016 г., регистрационный № 44843).

Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты.

Настоящее Руководство по безопасности распространяется на объекты использования атомной энергии, на которых осуществляется эксплуатация стационарных источников сбросов радиоактивных веществ (далее — нормируемые источники), для которых в соответствии с Методикой разработки нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ для водопользователей, утвержденной приказом Ростехнадзора от 22 декабря 2016 г. № 551 (зарегистрирован Минюстом России 15 февраля 2017 г., регистрационный № 45652) (далее — Методика), должны устанавливаться нормативы допустимых сбросов радиоактивных веществ.

Настоящее Руководство по безопасности предназначено для применения эксплуатирующими организациями, осуществляющими контроль за сбросами радиоактивных веществ в водные объекты, проектными организациями, разрабатывающими методики и средства выполнения такого контроля, а также специалистами Ростехнадзора, ответственными за регулирование безопасности при осуществлении указанного контроля.

Список сокращений приведен в Приложении № 1 к настоящему Руководству по безопасности.

II. Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты

Контроль сбросов из организованных нормируемых источников сброса с целью предотвращения сбросов в водные объекты в количествах, превышающих нормативы ДС, рекомендуется осуществлять следующими методами определения активностей радионуклидов, поступивших в водные объекты, и (или) их комбинацией:

- отбор части потока сточных вод с последующим ее измерением в измерительной камере, оснащенной устройством детектирования (далее — проточный метод контроля);
- отбор части потока сточных вод с последующим приготовлением из нее счетных образцов и их измерением с использованием устройства детектирования, являющегося частью средства измерений, или их измерением в лабораторных условиях (в том числе с использованием спектрометрических и радиохимических методов) (далее — метод контроля с использованием счетных образцов);
- измерение объемной (удельной) активности сточных вод с использованием устройства детектирования, размещенного в потоке жидкой среды в источнике сброса (например, в трубопроводе или сбросном канале) или на нем (например, на трубе), показания которого пропорциональны активности радионуклидов (например, скорость счета или мощность дозы) (далее — погружной метод контроля);
- отбор проб из контрольных (промежуточных) емкостей, в которых жидкая радиоактивная среда накапливается либо перед направлением в источник сброса, либо перед сбросом непосредственно в поверхностный водный объект, с последующим приготовлением счетных образцов и измерением их в лабораторных условиях, и с расчетом сброшенной активности радионуклида на основе лабораторных измерений (в том числе с использованием спектрометрических методов) и объема сброшенной среды (далее — метод контроля промежуточных емкостей).

* Руководство по безопасности разработано коллективом авторов в составе: М. Н. Морев (Ростехнадзор), А. В. Курындин, А. С. Шаповалов, Р. М. Поляков, А. Л. Верник (ФБУ «НТЦ ЯРБ»).

Регистрацию величин контролируемых параметров сбросов, в том числе расход жидкости, качественный и количественный радионуклидный состав (активности и удельные активности нормируемых радионуклидов), суммарную активность радионуклидов в сбросе, усредненные за сутки, за месяц и за год, рекомендуется выполнять для каждого нормируемого источника.

* Примерами расходомеров являются акустические, тепловые расходомеры, расходомеры на основе трубок Пито, ротаметры.

При осуществлении контроля сбросов с применением проточного метода контроля рекомендуется осуществлять непрерывный пробоотбор сточных вод из нормируемых источников, а при применении для этих целей метода контроля с использованием счетных образцов рекомендуется осуществлять непрерывный забор среды на пробоподготовку и периодическую подготовку счетных образцов.

Периодический забор среды на пробоподготовку рекомендуется осуществлять только в отношении организованных источников сбросов, работающих в периодическом режиме, то есть осуществляющих сбросы в отдельные периоды времени в течение года, вне которых сброс (в

том числе за счет поверхностного стока) отсутствует. Жидкие среды после их измерения или приготовления счетных образцов (в том числе отработавший жидкий сцинтиллятор) рекомендуется возвращать в источник сброса, из которого они были отобраны, если их удельная активность не превышает критериев отнесения к жидким радиоактивным отходам, которые установлены в Критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 г. № 1069.

При осуществлении контроля погружным методом рекомендуется обеспечить непрерывное нахождение устройства детектирования в потоке жидкой среды в источнике сброса или на нем и нахождение средства измерений в рабочем состоянии. При этом регистрацию результатов измерений (активностей сброса радионуклидов) в рамках погружного метода контроля рекомендуется осуществлять с использованием автоматизированных технических средств ведения баз данных измерений и передачи их на верхний уровень автоматизированной системы радиационного контроля (при наличии). При невозможности такого способа регистрации рекомендуется осуществлять регистрацию либо непосредственно по показаниям средства измерений (если в нем предусмотрена возможность непосредственного измерения), либо путем пересчета из показаний средства измерений (например, скорость счета или мощность дозы) в активности сброса радионуклидов.

Погружной метод контроля сбросов рекомендуется применять, если влияние активности радионуклидов, накопленных на внутренних поверхностях источника сброса, на результаты измерения активности радионуклидов, находящихся в потоке сточных вод, полученные в условиях отсутствия радионуклидов, накопленных на внутренних поверхностях источника сброса, приводит к соблюдению установленной для средства измерений допускаемой основной относительной погрешности с доверительной вероятностью не менее 0,95.

Рекомендуется не использовать погружной метод контроля в отношении тех источников сброса, где установка устройства детектирования затруднена, невозможна или не соответствует геометрии измерения (геометрии обтекания детектора потоком жидкости), для использования в которой детектор предназначен. Рекомендуется не использовать детекторы и методики выполнения измерений, для которых такая геометрия неизвестна.

Если в эксплуатирующей организации применяется практика накопления перед сбросом в окружающую среду жидкой радиоактивной среды в контрольных (промежуточных) емкостях, из которых среда направляется в нормируемый источник сброса, в который поступление иных сред, содержащих радиоактивные вещества исключено, то для контроля сбросов из таких источников рекомендуется применять метод контроля промежуточных емкостей с использованием спектрометрического оборудования, в том числе жидкостцинтилляционных спектрометров для контроля трития и других нормируемых, но трудно измеряемых спектрометрическими методами радионуклидов.

* В эту активность входят активности радионуклидов, измеренные непосредственно в источнике сброса до поступления в него среды из емкости без учета фоновой (не связанной с деятельностью предприятия) радиоактивного загрязнения, и активности сбросов, оцененные как произведения удельных (объемных) активностей радионуклидов в емкости на объем поступления жидкой среды из емкости в источник сброса.

Если применяемая в эксплуатирующей организации практика направления в нормируемые источники сброса радиоактивных сред, накапливаемых в контрольных (промежуточных) емкостях, предусматривает направление в этот же источник сброса сред, не накапливаемых в контрольных (промежуточных) емкостях, то для контроля сбросов из таких источников

рекомендуется применять методы, указанные в пункте 6 настоящего Руководства по безопасности, дополнительно к методу контроля промежуточных емкостей.

При выполнении рекомендаций пунктов 13 и 14 настоящего Руководства по безопасности в целях регистрации активностей нормируемых радионуклидов, которые невозможно зарегистрировать путем их контроля в источнике сброса, дополнительно рекомендуется определять активности нормируемых радионуклидов в контрольных (промежуточных) емкостях. Для этого рекомендуется выполнять измерение активности нормируемых радионуклидов или определять их расчетными методами, основанными на соотношениях данных активностей с активностями нормируемых радионуклидов, которые могут быть измерены в средах, находящихся в контрольных (промежуточных) емкостях, с учетом времени доставки среды из емкости в источник сброса.

* Здесь и далее нормируемыми радионуклидами называются те радионуклиды, для которых в соответствии с Методикой должны устанавливаться нормативы ДС радиоактивных веществ.

При выполнении рекомендаций пунктов 13 и 14 настоящего Руководства по безопасности рекомендуется обеспечивать отсутствие протечек из источника сбросов, приводящих к недостижению сточными водами водного объекта, в который осуществляется сброс, а также гомогенизацию сред контрольных (промежуточных) емкостей непосредственно перед измерением удельных активностей радионуклидов в этих средах.

Выбирая между вариантом проверки соблюдения нормативов ДС, при котором с нормативами ДС сопоставляются значения активностей сбросов радионуклидов, измеренных непосредственно в источнике сброса, и вариантом, при котором с нормативами ДС сопоставляется расчетная активность среды, поступившей из емкости в источник сброса, рекомендуется выбрать тот, который обеспечивает большую чувствительность (меньшую нижнюю границу диапазона измерений). При этом при сопоставлении с нормативами ДС рекомендуется к значению активности сброса прибавлять неопределенность результата, соответствующую доверительной вероятности 0,95.

* В эту активность входят активности радионуклидов, измеренных непосредственно в источнике сброса до поступления в него среды из емкости, и активности сбросов, оцененные как произведения измеренных удельных (объемных) активностей радионуклидов в емкости на объем поступления жидкой среды из емкости в источник сброса.

При применении проточного метода контроля и метода контроля с использованием счетных образцов рекомендуется минимизировать влияние процессов осаждения радионуклидов в нормируемом источнике сброса и в элементах системы пробоотбора, а также минимизировать влияние данных процессов и процессов коррозии и износа на пробоотборные трубопроводы путем подбора и (или) учета при проектировании пробоотборного оборудования оптимального сочетания следующих параметров:

- внутренний диаметр пробоотборных трубопроводов, их длина, количество изгибов пробоотборных трубопроводов и радиусы кривизны данных изгибов;
- физико-химические свойства покрытия внутренних стенок трубопроводов и конструкционных материалов трубопроводов;
- количество и тип соединений пробоотборных трубопроводов.

Если при применении проточного метода контроля или метода контроля с использованием счетных образцов на входе в пробоотборник используется фильтрующий элемент, предназначенный для очистки отбираемой среды от взвешенных частиц, рекомендуется:

использовать держатель и материал фильтрующего элемента, обладающие механической прочностью, достаточной для сохранения целостности материала элемента, при величине скорости потока, характерной для отбираемой среды;

- минимизировать пути утечки, которые приводят к обходу потоком фильтрующего элемента;
- минимизировать влияние процесса накопления активности на фильтрующем элементе (в том числе путем подбора его местоположения) на расчетные рабочие характеристики устройства детектирования, в том числе влияния, обусловленного попаданием в устройство детектирования излучения радионуклидов, накопленных на фильтрующем элементе.

При применении проточного метода контроля рекомендуется:

- обеспечить постоянство объема жидкой среды в измерительной камере, а также однородность распределения радионуклидов по этому объему (в том числе за счет обеспечения достаточной для этого скорости потока) с целью исключения возмущений выходного сигнала детектора;
- использовать измерительную камеру, изготовленную из материала, имеющего минимально возможный уровень собственного радиационного фона;
- обеспечить доступ ко всем поверхностям измерительной камеры для проведения дезактивации;
- обеспечить отделение детектора от контролируемой жидкой среды защитным окном или экраном необходимой прочности, используя при этом окна (экраны), замена которых при прочих равных условиях не влияет на результаты контроля;
- использовать измерительную камеру, спроектированную таким образом, чтобы накопление в ней радиоактивного загрязнения было минимальным, а ее конструкция позволяла бы проводить эффективную чистку и дезактивацию во время эксплуатации;
- обеспечить возможность извлечения детектора для замены или технического обслуживания с его последующей установкой в прежнее положение.

При применении метода контроля с использованием счетных образцов, подготавливаемых с использованием процессов сорбции твердым материалом радионуклидов из контролируемой жидкой среды, рекомендуется:

- использовать для накопления радионуклидов материал с характеристиками, достаточными для недопущения разрыва материала из-за давления и (или) влагосодержания;
- использовать сорбирующий материал, сохраняющий, насколько это возможно, свои первоначальные геометрические характеристики по мере накопления в нем радионуклидов;
- минимизировать, насколько это возможно, возмущения концентрации радионуклидов в потоке отбираемой жидкой среды, обусловленные изменением перепада давления на материале, в котором накапливаются радионуклиды.

Рекомендуется использовать средства измерений объемных активностей сбросов из организованных источников, а также средства измерений объемных активностей сред контрольных (промежуточных) емкостей, для которых известны диапазоны измерения объемных

активностей нормируемых радионуклидов и которые (за исключением измерений в лабораторных условиях) оснащены индикацией о выходе результата измерения за пределы диапазона измерения.

Рекомендуется использовать установки (средства) пробоотбора и устройства детектирования, агрегаты (составные части, имеющие законченное функциональное исполнение) которых имеют наработку на отказ более 20 000 часов.

Для контроля сбросов организованных источников рекомендуется применять средства измерений, прошедшие следующие приемосдаточные испытания (не относится к средствам спектротрических и радиохимических измерений, применяемых в лабораторных условиях):

- составное циклическое испытание на воздействие температуры/влажности (применяется в случае размещения средства измерений или его частей вне регулярно отапливаемых помещений);
- на устойчивость к излучаемому радиочастотному электромагнитному полю;
- на устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями;
- на устойчивость к электростатическим разрядам;
- на устойчивость к выбросу напряжения;
- на устойчивость к электрическим быстрым переходным процессам (пачкам);
- на устойчивость к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения электропитания;
- на устойчивость к звенящей волне.

* Перечень испытаний приведен в соответствии со стандартом МЭК 60861 «Аппаратура для непрерывного контроля радионуклидов в жидких сбросах и поверхностных водах».

Результаты испытаний рекомендуется отражать в протоколе испытаний с последующим оформлением акта испытаний.

Рекомендуется использовать средства непрерывного отбора проб сбросной воды, выдающие информацию о следующих неисправностях:

- останов насоса;
- короткое замыкание в цепях питания насоса и других потребителей или обрыв этих цепей;
- отклонение значения объемного расхода воды (либо давления воды) за установленные пределы.

Рекомендуется измерять активность сбросов всех нормируемых радионуклидов. Основанием для отсутствия измерения нормируемого радионуклида в сбросах рекомендуется считать применимость расчетного метода контроля этого радионуклида в сбросах, основанного на результатах измерений активности радионуклида (нормируемого или ненормируемого), присутствующего в сбросе и (или) его активности в контрольной (промежуточной) емкости (далее — реперный радионуклид).

В качестве критерия применимости расчетного метода контроля нормируемого радионуклида в сбросах рекомендуется использовать доказанную статистическую корреляцию активности

радионуклида, в отношении которого рассматривается возможность его контроля расчетными методами (далее – целевой радионуклид), с измеренной активностью реперного радионуклида.

Наличие статистической корреляции рекомендуется считать доказанным, если по результатам выполнения рекомендаций пунктов 29 – 34 настоящего Руководства по безопасности коэффициенты корреляции между активностями целевых и реперных радионуклидов равны или превышают значение целевого ориентира коэффициента корреляции, указанное в пункте 30 настоящего Руководства по безопасности.

Рекомендуется рассчитать коэффициент корреляции между удельными активностями пары целевой радионуклид - реперный радионуклид по формуле:

$$R_A = \frac{\sum_{k=1}^n A_{r,k} \cdot A_{i,k} - \frac{(\sum_{k=1}^n A_{r,k}) \cdot (\sum_{k=1}^n A_{i,k})}{n}}{\sqrt{\left(\sum_{k=1}^n A_{r,k}^2 - \frac{(\sum_{k=1}^n A_{r,k})^2}{n} \right) \cdot \left(\sum_{k=1}^n A_{i,k}^2 - \frac{(\sum_{k=1}^n A_{i,k})^2}{n} \right)}}, \quad (1)$$

где:

$A_{i,k}$ — удельная активность i -го целевого радионуклида в k -ой пробе;

$A_{r,k}$ — удельная активность реперного радионуклида в k -ой пробе;

n — число проб.

Рекомендуется выполнить сопоставление коэффициента корреляции R_A с критериальным значением, свидетельствующем о наличии корреляции. В качестве целевого ориентира рекомендуется использовать значение коэффициента корреляции 0,7 и более.

В случае если R_A не ниже значения целевого ориентира коэффициента корреляции, рекомендуется определить масштабирующие коэффициенты с использованием метода, применяемого при линейном соотношении между удельными активностями целевых и реперных радионуклидов, в соответствии с пунктом 37 настоящего Руководства по безопасности.

В случае если R_A ниже значения целевого ориентира коэффициента корреляции, рекомендуется рассчитать коэффициент корреляции $R_{\ln A}$ между логарифмами удельных активностей целевого и реперного радионуклидов по формуле:

$$R_{\ln A} = \frac{\sum_{k=1}^n \ln(A_{r,k}) \cdot \ln(A_{i,k}) - \frac{(\sum_{k=1}^n \ln(A_{r,k})) \cdot (\sum_{k=1}^n \ln(A_{i,k}))}{n}}{\sqrt{\left(\sum_{k=1}^n \ln(A_{r,k})^2 - \frac{(\sum_{k=1}^n \ln(A_{r,k}))^2}{n} \right) \cdot \left(\sum_{k=1}^n \ln(A_{i,k})^2 - \frac{(\sum_{k=1}^n \ln(A_{i,k}))^2}{n} \right)}}}. \quad (2)$$

В случае если по результатам расчетов, выполненных в соответствии с рекомендациями пункта 32 настоящего Руководства по безопасности, $R_{\ln A}$ не ниже значения целевого ориентира коэффициента корреляции, рекомендуется определить параметры линейной регрессии с использованием метода, применяемого при линейном соотношении между логарифмами удельных активностей целевого радионуклида и реперных радионуклидов, в соответствии с пунктами 38–39 настоящего Руководства по безопасности.

В случае наличия как линейных, так и логарифмических зависимостей между активностями целевых и потенциальных реперных радионуклидов, реперным рекомендуется считать радионуклид, активность которого коррелирует линейным образом с активностью целевого радионуклида. В случае наличия только линейных или только логарифмических корреляций между активностями целевого радионуклида и каждым из потенциальных реперных радионуклидов, реперным радионуклидом рекомендуется считать тот, использование которого дает наименьшую неопределенность расчета активности целевого радионуклида.

Линейную зависимость между активностями целевых и потенциальных реперных радионуклидов рекомендуется искать в виде:

$$A_i = \overline{K}_i \cdot A_r, \quad (3)$$

где:

A_i — удельная активность i -го целевого радионуклида в сточных водах;

A_r — удельная активность реперного радионуклида в сточных водах;

\overline{K}_i — масштабирующий коэффициент.

Логарифмическую зависимость между активностями целевых и потенциальных реперных радионуклидов рекомендуется определять в виде, рекомендованном в пункте 38 настоящего Руководства по безопасности.

Получение значений R_A и R_{InA} меньших, чем значение целевого ориентира коэффициента корреляции, рекомендуется рассматривать как свидетельство неприменимости расчетного метода контроля активности нормируемого радионуклида в сбросах по конкретному реперному радионуклиду. В данном случае рекомендуется определить применимость расчетного метода контроля с использованием удельной активности альтернативного реперного радионуклида (при наличии) или с использованием в качестве таковой суммарной удельной активности альфа-излучающих или бета-излучающих радионуклидов.

При линейном соотношении между удельными активностями целевого радионуклида и реперных радионуклидов, выявленном на основе корреляционного анализа, рекомендуется определить масштабирующий коэффициент по формуле:

$$\overline{K}_i = \exp\left(\frac{1}{\sum_{k=1}^n \left(\frac{1}{u_{K_{i,k}}}\right)^2} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{\ln(K_{i,k})}{(u_{K_{i,k}})^2}\right), \quad (4)$$

где:

$K_{i,k}$ — соотношения для i -го целевого и реперного радионуклида в k -ой пробе, определяемые по формуле $A_{i,k}/A_{r,k}$;

n — количество проб;

$u_{K_{i,k}}$ — относительная неопределенность результата расчета соотношения для i -го радионуклида в k -ой пробе, определяемая по формуле:

$$u_{K_{i,k}} = \sqrt{(u_{A_{i,k}})^2 + (u_{A_{r,k}})^2};$$

$u_{A_{i,k}}$ и $u_{A_{r,k}}$ — относительные неопределенности измерения удельных активностей целевого и реперного радионуклидов в k -ой пробе сточных вод, соответственно.

При линейном соотношении между логарифмами удельных активностей целевого и реперного радионуклидов в сточных водах, выявленном на основе корреляционного анализа, рекомендуется определить параметры α и β линейной регрессии между логарифмами указанных удельных активностей в предположении, что зависимость логарифма удельной активности целевого радионуклида от логарифма удельной активности реперного радионуклида имеет вид:

$$\ln(A_i) = \alpha + \beta \cdot \ln(A_r), (5)$$

где:

α — константа;

β — коэффициент регрессии.

В случае если неопределенность измерения активности реперных радионуклидов существенно меньше неопределенности измерения целевых радионуклидов, то для целей определения зависимости логарифма удельной активности целевого радионуклида от логарифма удельной активности реперного радионуклида расчет параметров линейной регрессии рекомендуется выполнять с использованием метода наименьших квадратов в соответствии с рекомендациями, приведенными в приложении № 3 к настоящему Руководству по безопасности. В остальных случаях расчет параметров линейной регрессии для определения зависимости логарифма удельной активности целевого радионуклида от логарифма удельной активности реперного радионуклида рекомендуется выполнять с использованием метода Ньютона-Рафсона в соответствии с рекомендациями, приведенными в приложении № 4 к настоящему Руководству по безопасности.

При выполнении рекомендаций пунктов 29, 32, 37–39 настоящего Руководства по безопасности рекомендуется использовать активности целевых радионуклидов, полученные не только по результатам штатного контроля сбросов, но также по результатам выполнения инвентаризаций источников сбросов, выполненных в соответствии с рекомендациями раздела III настоящего Руководства по безопасности.

Значения масштабирующих коэффициентов и параметров линейной регрессии, полученных по результатам применения рекомендаций приложений № 3 и 4 к настоящему Руководству по безопасности, рекомендуется использовать для расчета активностей сброса нормируемых целевых радионуклидов. Рекомендации по применению расчетного метода определения активностей сбросов радионуклидов приведены в приложении № 5 к настоящему Руководству по безопасности.

Для целей контроля за сбросами контрольные уровни рекомендуется устанавливать для каждого нормируемого источника и каждого нормируемого радионуклида.

Установление контрольных уровней рекомендуется осуществлять в соответствии с рекомендациями по установлению контрольных уровней сбросов радиоактивных веществ в водные объекты, приведенными в приложении № 6 к настоящему Руководству по безопасности.

Для контроля сбросов из организованных источников рекомендуется использовать методики и средства контроля, обеспечивающие регистрацию нормируемых радионуклидов в сбросах на уровне не более 10 % от контрольного уровня годового сброса по каждому нормируемому радионуклиду.

Контроль сбросов нормируемых радионуклидов из неорганизованных источников рекомендуется выполнять расчетными методами (в том числе реализующими геофильтрационную и геомиграционную модели миграции радионуклидов в ненасыщенной зоне и водоносном

горизонте), в которых в качестве исходных данных используются сведения об объемах сбросов жидких сред (за сутки, месяц и год) на территорию площадки ОИАЭ (например – на поля фильтрации) и сведения об объемной активности нормируемых радионуклидов, содержащихся в указанной жидкой среде, полученные по результатам контроля, осуществляемого в эксплуатирующей организации.

В случае отсутствия достоверной информации о том, в какой водный объект разгружается сброс из неорганизованного источника, рекомендуется консервативно принимать, что в каждый из возможных водных объектов сброс разгружается в полном объеме, а геомиграционную модель использовать для учета эффектов задержки радионуклидов, подверженных сорбции, в породах подземной среды.

При сбросе радиоактивных веществ не в водные объекты и не на территорию площадки ОИАЭ рекомендуется осуществлять контроль сточных вод на предмет превышения в них допустимых уровней безопасного содержания радионуклидов в окружающей среде (в воде), установленных уполномоченными органами.

Рекомендации по учету неопределенностей и нижних порогов регистрации при проверке соблюдения нормативов ДС радиоактивных веществ приведены в приложении № 7 к настоящему Руководству по безопасности.

III. Рекомендации по методам и средствам контроля при инвентаризации сбросов радиоактивных веществ в водные объекты для целей разработки нормативов допустимых сбросов

При инвентаризации рекомендуется не рассматривать радионуклиды из Перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 июля 2015 г. № 1316-р (далее — Перечень), если они отсутствуют в ядерных материалах, радиоактивных веществах, радиоактивных отходах, с которыми осуществляется обращение на ОИАЭ.

Для радионуклидов, входящих в Перечень (в части возможного загрязнения водных объектов), в качестве результата инвентаризации рекомендуется указывать либо результаты измерений, соответствующие нормируемым метрологическим характеристикам (диапазон измерений и предельно допустимая погрешность) средств измерений, применяемых при инвентаризации, либо активности радионуклидов в сбросах, полученные исходя из расхода сточных вод и нижней границы диапазона измерений объемной (удельной) активности радионуклида в сточных водах.

Для инвентаризации рекомендуется использовать средства измерений и методики выполнения измерений, обеспечивающие наименьшие достижимые нижние границы диапазонов измерений по отдельным радионуклидам.

В результаты инвентаризации рекомендуется включать сведения о неорганизованных источниках сбросов (в случае их наличия), а именно – расход разгрузки подземных вод в поверхностные водные объекты и объемные активности радионуклидов, содержащихся в этих подземных водах.

Рекомендуется длительность инвентаризации подбирать таким образом, чтобы учесть изменение характеристик сбросов во всех режимах эксплуатации ОИАЭ.

Приложение № 1

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «16» февраля 2021 г. № 61.

Список сокращений

КУ — контрольный уровень;

ОИАЭ — объект использования атомной энергии;

ДС — допустимый сброс.

Приложение № 2

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «16» февраля 2021 г. № 61.

Термины и определения

Масштабирующий коэффициент — коэффициент прямой пропорциональности между удельной активностью целевого радионуклида и удельной активностью реперного радионуклида в сточных водах.

Неорганизованный источник сброса — источник сброса, из которого жидкая радиоактивная среда поступает в поверхностный водный объект за счет разгрузки с подземными водами.

Организованный источник сброса — источник сброса, представляющий собой устройство, установку, сооружение, эксплуатируемое и (или) специально созданное для сброса жидких сред в водные объекты.

Реперный радионуклид — радионуклид, активность которого в жидких сбросах может быть достоверно измерена спектрометрическими методами.

Приложение № 3

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «16» февраля 2021 г. № 61.

Рекомендуемый метод расчета параметров линейной регрессии для определения зависимости логарифма удельной активности целевого радионуклида от логарифма удельной активности реперного радионуклида в сточных водах с использованием стандартного метода наименьших квадратов

1. Значение коэффициента регрессии β вычисляют методом наименьших квадратов по формуле:

$$\beta = \frac{C - A \cdot B}{D}. \quad (1)$$

2. Параметры A , B , C , D необходимые для расчета β , определяются по формулам:

$$A = \frac{\sum_{k=1}^n \ln(A_{r,k})}{n}; \quad (2)$$

$$B = \frac{\sum_{k=1}^n \ln(A_{i,k})}{n}; \quad (3)$$

$$C = \frac{\sum_{k=1}^n \ln(A_{i,k}) \cdot \ln(A_{r,k})}{n}; \quad (4)$$

$$D = \frac{\sum_{k=1}^n \ln(A_{r,k})^2}{n} - \frac{[\sum_{k=1}^n \ln(A_{r,k})]^2}{n^2}, \quad (5)$$

где:

$A_{r,k}$ — активность реперного радионуклида в k -ой пробе;

$A_{i,k}$ — активность целевого радионуклида в k -ой пробе;

n — общее количество проб;

k — номер пробы.

3. Константа α рассчитывается по формуле:

$$\alpha = B - \beta \cdot A. \quad (6)$$

Приложение № 4

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «16» февраля 2021 г. № 61.

Рекомендуемый метод расчета параметров линейной регрессии для определения зависимости логарифма удельной активности целевого радионуклида от логарифма удельной активности реперного радионуклида в сточных водах с использованием метода Ньютона-Рафсона

Значение коэффициента регрессии β вычисляют методом итерационных приближений с использованием формулы (1) настоящего приложения к Руководству по безопасности до прекращения значимого прироста значений β . При этом фиксируются номер итерации M , на которой данное условие достигнуто, и достигнутое значение β_M .

$$\beta_{m+1} = \beta_m + \frac{F(\beta_m)}{C(\beta_m)}, \quad (1)$$

где:

$F(\beta_m)$ определяется по формуле (2) настоящего приложения к Руководству по безопасности;

$C(\beta_m)$ — производная по β от $F(\beta)$;

m — номер итерации.

Зависимость $F(\beta)$ определяется по формуле:

$$F(\beta) = \sum_{k=1}^n w_k^2 \cdot \left[\beta \cdot \left(\frac{q_k^2}{u_k} - \frac{p_k^2}{v_k} \right) + \left(\frac{1}{v_k} - \frac{\beta^2}{u_k} \right) \cdot q_k \cdot p_k \right], \quad (2)$$

где:

w_k — рассчитывается по формуле $1/s_k^2$;

s_k^2 — рассчитывается по формуле $s_{\ln(A_i),k}^2 + (\beta \cdot s_{\ln(A_r),k})^2$;

p_k и q_k — рассчитываются по формулам $\ln(A_{r,k}) - \overline{\ln(A_r)}$ и $\ln(A_{i,k}) - \overline{\ln(A_i)}$, соответственно;

u_k и v_k — рассчитываются по формулам $1/s_{\ln(A_r),k}^2$ и $1/s_{\ln(A_i),k}^2$,

где:

$A_{i,k}$ — удельная активность i -го целевого радионуклида в k -ой пробе сточных вод;

$A_{r,k}$ — удельная активность реперного радионуклида в k -ой пробе сточных вод;

n — число проб сточных вод.

Значения $\overline{\ln(A_r)}$ и $\overline{\ln(A_l)}$ рассчитываются с использованием формул:

$$\overline{\ln(A_r)} = \frac{1}{w} \cdot \sum_{k=1}^n w_k \cdot \ln(A_{r,k}), \quad (3)$$

$$\overline{\ln(A_l)} = \frac{1}{w} \cdot \sum_{k=1}^n w_k \cdot \ln(A_{l,k}), \quad (4)$$

где w рассчитывается по формуле $\sum_{k=1}^n w_k$.

Значения $s_{\ln(A_r),k}^2$ и $s_{\ln(A_l),k}^2$ определяются по формулам:

$$s_{\ln(A_r),k}^2 = \frac{s_{A_r,k}^2}{A_{r,k}^2}, \quad (5)$$

$$s_{\ln(A_l),k}^2 = \frac{s_{A_l,k}^2}{A_{l,k}^2}, \quad (6)$$

где $s_{A_r,k}^2$ и $s_{A_l,k}^2$ — абсолютные неопределенности измерения удельных активностей целевого и реперного радионуклидов в k -ой пробе сточных вод, соответственно, определенные с использованием аттестованных методик выполнения измерений.

Значение $\ln(\alpha)$ рассчитывается с использованием формулы:

$$\ln(\alpha) = \overline{\ln(A_l)} - \beta_M \cdot \overline{\ln(A_r)}. \quad (7)$$

Приложение № 5

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «16» февраля 2021 г. № 61.

Рекомендации по применению расчетного метода определения активностей сбросов радионуклидов

При выявленном на основе корреляционного анализа линейном соотношении между удельными активностями целевого и реперного радионуклидов в сточных водах рекомендуется определять сброшенную со сточными водами активность целевого радионуклида по формуле:

$$Q_i = \bar{K}_i \cdot A_r \cdot V, (1)$$

где:

\bar{K}_i — масштабирующий коэффициент для i -го целевого радионуклида в сточных водах, рассчитанный по формуле (4) настоящего Руководства по безопасности;

A_r — удельная активность реперного радионуклида в сточных водах, определенная в рамках регулярных (штатных) процедур регистрации активностей сбросов;

V — объем сброшенных сточных вод.

Абсолютную неопределенность расчета сброшенной со сточными водами активности целевого радионуклида по формуле (1) настоящего приложения к Руководству по безопасности рекомендуется рассчитывать с использованием формулы:

$$u_{Q_i} = \sqrt{(A_r \cdot V \cdot u_{\bar{K}_i})^2 + (\bar{K}_i \cdot V \cdot u_{A_r})^2 + (\bar{K}_i \cdot A_r \cdot u_V)^2}, (2)$$

где:

$u_{\bar{K}_i}$ — абсолютная неопределенность масштабирующего коэффициента \bar{K}_i , рассчитанная по формулам (3)–(9) настоящего приложения к Руководству по безопасности;

u_{A_r} — абсолютная суммарная стандартная неопределенность определения удельной активности реперного радионуклида в сточных водах, определенная в рамках регулярных (штатных) процедур регистрации активностей сбросов;

u_V — абсолютная суммарная стандартная неопределенность определения объема сброшенных сточных вод, определенная в рамках регулярных (штатных) процедур регистрации активностей сбросов.

Абсолютную неопределенность масштабирующего коэффициента $u_{\bar{K}_i}$ рекомендуется рассчитывать по формулам:

$$u_{\bar{K}_i} = \sqrt{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6}, (3)$$

$$I_1 = \sum_{k=2}^{n-1} \left[\left[\prod_{p=1}^{k-1} \left(\frac{A_{i,p}}{A_{r,p}} \right)^{g_p} \cdot \prod_{p=k+1}^n \left(\frac{A_{i,p}}{A_{r,p}} \right)^{g_p} \right] \cdot \frac{g_k}{(A_{r,k})^{g_k}} \cdot (A_{i,k})^{g_{k-1}} \right]^2 \cdot (u_{A_{i,k}})^2, \quad (4)$$

$$I_2 = \sum_{k=2}^{n-1} \left[\left[\prod_{p=1}^{k-1} \left(\frac{A_{i,p}}{A_{r,p}} \right)^{g_p} \cdot \prod_{p=k+1}^n \left(\frac{A_{i,p}}{A_{r,p}} \right)^{g_p} \right] \cdot g_k \cdot (A_{i,k})^{g_k} \cdot (A_{r,k})^{-(g_{k+1})} \right]^2 \cdot (u_{A_{r,k}})^2, \quad (5)$$

$$I_3 = \left[\left[\prod_{p=2}^n \left(\frac{A_{i,p}}{A_{r,p}} \right)^{g_p} \right] \cdot \frac{g_1}{(A_{r,1})^{g_1}} \cdot (A_{i,1})^{g_1-1} \right]^2 \cdot (u_{A_{i,1}})^2, \quad (6)$$

$$I_4 = \left[\left[\prod_{p=1}^{n-1} \left(\frac{A_{i,p}}{A_{r,p}} \right)^{g_p} \right] \cdot \frac{g_n}{(A_{r,n})^{g_n}} \cdot (A_{i,n})^{g_n-1} \right]^2 \cdot (u_{A_{i,n}})^2, \quad (7)$$

$$I_5 = \left[\left[\prod_{p=2}^n \left(\frac{A_{i,p}}{A_{r,p}} \right)^{g_p} \right] \cdot g_1 \cdot (A_{i,1})^{g_1} \cdot (A_{r,1})^{-(g_1+1)} \right]^2 \cdot (u_{A_{r,1}})^2, \quad (8)$$

$$I_6 = \left[\left[\prod_{p=1}^{n-1} \left(\frac{A_{i,p}}{A_{r,p}} \right)^{g_p} \right] \cdot g_n \cdot (A_{i,n})^{g_1} \cdot (A_{r,n})^{-(g_n+1)} \right]^2 \cdot (u_{A_{r,n}})^2, \quad (9)$$

где:

$A_{i,t}$ — удельная активность целевого радионуклида в пробе t , полученная в рамках выполнения прецизионных измерений вне регулярных (штатных) процедур регистрации активностей сбросов, где индекс t принимает значения 1 (один), k , n или p ;

$A_{r,t}$ — удельная активность реперного радионуклида в пробе t , полученная в рамках регулярных (штатных) процедур регистрации активностей сбросов и (или) с использованием аттестованных методик выполнения прецизионных измерений вне регулярных (штатных) процедур регистрации активностей сбросов, где индекс t принимает значения 1 (один), k , n или p ;

g_1, g_k, g_n, g_p — параметры, рассчитываемые по формуле вида $(u_{K_{i,t}})^{-2}$, где

$$u_{K_{i,t}} = \sqrt{(u_{A_{i,t}})^2 + (u_{A_{r,t}})^2},$$

а индекс t принимает значения 1 (один), k , n или p .

При выявленном на основе корреляционного анализа линейном соотношении между логарифмами удельных активностей целевого и реперного радионуклидов в сточных водах рекомендуется определять сброшенную со сточными водами активность целевого радионуклида по формулам:

$$Q_i = A_i \cdot V, \quad (10)$$

$$A_i = e^\alpha \cdot (A_r)^\beta, \quad (11)$$

где:

A_i — расчетное значение удельной активности целевого радионуклида в сточных водах;

α и β — константа и коэффициент регрессии, определенные с использованием стандартного метода наименьших квадратов или метода Ньютона-Рафсона в соответствии с рекомендациями пункта 40 настоящего Руководства по безопасности;

e — число Эйлера, приближенно равное 2,718.

Абсолютную неопределенность сброшенной со сточными водами активности целевого радионуклида по формуле (10) настоящего приложения к Руководству по безопасности рекомендуется рассчитывать с использованием формулы:

$$u_{Q_i} = \sqrt{(V \cdot u_{A_i})^2 + (A_i \cdot u_V)^2}, \quad (12)$$

где u_{A_i} — абсолютная неопределенность удельной активности целевого радионуклида в сточных водах.

Для расчета абсолютной неопределенности удельной активности целевого радионуклида в сточных водах по формуле (11) настоящего Руководства по безопасности рекомендуется учитывать, что константа α и коэффициент регрессии β являются функциями переменных, количество которых равно $2 \cdot n$, и определяется количеством отобранных проб сточных вод (n), а сами переменные представляют собой удельные активности i -го целевого радионуклида в k -ой пробе сточных вод ($A_{i,k}$) и удельные активности реперного радионуклида в k -ой пробе сточных вод ($A_{r,k}$). Учитывая, таким образом, что $\alpha = \alpha(A_{i,1}, \dots, A_{i,n}, A_{r,1}, \dots, A_{r,n})$, $\beta = \beta(A_{i,1}, \dots, A_{i,n}, A_{r,1}, \dots, A_{r,n})$, а также, что $A_i = A_i(A_{i,1}, \dots, A_{i,n}, A_{r,1}, \dots, A_{r,n}, A_r)$, абсолютную неопределенность удельной активности целевого радионуклида в сточных водах рекомендуется рассчитывать по формуле*:

$$u_{A_i} = \sqrt{\sum_{m=1}^n (u_{A_{i,m}})^2 \cdot \left(\frac{\partial A_i}{\partial A_{i,m}}\right)^2 + \sum_{m=1}^n (u_{A_{r,m}})^2 \cdot \left(\frac{\partial A_i}{\partial A_{r,m}}\right)^2 + (u_{A_r})^2 \cdot \beta^2 \cdot e^{2\alpha} \cdot (A_r)^{2(\beta-1)}, \quad (13)$$

где:

n — количество проб сточных вод;

m — переменная суммирования;

$\frac{\partial A_i}{\partial A_{i,m}}, \frac{\partial A_i}{\partial A_{r,m}}$ — частные производные от функции $A_i(A_{i,1}, \dots, A_{i,n}, A_{r,1}, \dots, A_{r,n}, A_r)$, задаваемой формулой (11) настоящего Руководства по безопасности, по переменным $A_{i,m}$ и $A_{r,m}$, соответственно;

$u_{A_{i,m}}$ — абсолютная неопределенность измерения удельной активности i -го целевого радионуклида в m -ой пробе сточных вод, полученная с использованием аттестованных методик выполнения прецизионных измерений вне регулярных (штатных) процедур регистрации активностей сбросов;

$u_{A_{r,m}}$ — абсолютная неопределенность измерения удельной активности реперного радионуклида в m -ой пробе сточных вод, полученная в рамках регулярных (штатных) процедур регистрации активностей сбросов и (или) с использованием аттестованных методик выполнения прецизионных измерений вне регулярных (штатных) процедур регистрации активностей сбросов.

* Формула получена на основе подхода к расчету неопределенности измерения, установленного в ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.»

Приложение № 6

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «16» февраля 2021 г. № 61.

Рекомендации по установлению контрольных уровней сбросов радиоактивных веществ в водные объекты

Контрольный уровень $KУ_{год}^{r,i}$ и эксплуатационный предел $ЭП_{год}^{r,i}$ годового сброса r -го нормируемого радионуклида из i -го нормируемого источника в поверхностные водные объекты (Бк/год) рекомендуется определять по следующему соотношению:

$$KУ_{год}^{r,i} = ЭП_{год}^{r,i} = \frac{ДС^{r,i}}{X} \quad (1)$$

где:

$ДС^{r,i}$ — допустимый сброс r -го радионуклида в окружающую среду из i -го источника сброса (Бк/год);

$ЭП_{год}^{r,i}$ — эксплуатационный предел по параметру, характеризующему сброс r -го радионуклида в окружающую среду из i -го источника сброса за год (Бк/год).

X — значение, принимаемое равным 5 для атомных станций и от 2 до 5 для других ОИАЭ.

Если в соответствии с пунктом 9 настоящего Руководства по безопасности отсутствуют основания для применения периодического пробоотбора, то рекомендуется определять контрольные уровни сбросов за месяц (Бк/мес) и сутки (Бк/сут) r -го нормируемого радионуклида из i -го нормируемого источника в поверхностные водные объекты по следующим соотношениям:

$$KУ_{мес}^{r,i} = \frac{KУ_{год}^{r,i}}{12}; \quad (2)$$

$$KУ_{сут}^{r,i} = \frac{KУ_{год}^{r,i}}{365}, \quad (3)$$

где:

$KУ_{мес}^{r,i}$ — месячный контрольный уровень сброса r -го радионуклида (Бк/мес);

$KУ_{сут}^{r,i}$ — суточный контрольный уровень сброса r -го радионуклида (Бк/сут).

В отдельные месяцы допускается сброс радионуклидов, превышающий $KУ_{мес}^{r,i}$ до 3 раз, при условии, что не будет превышен $KУ_{год}^{r,i}$.

В отдельные дни или несколько дней допускается сброс радионуклидов, превышающий $KУ_{сут}^{r,i}$, при условии, что не будет превышен $KУ_{мес}^{r,i}$.

Если в соответствии с пунктом 9 настоящего Руководства по безопасности имеются основания для применения периодического пробоотбора, то рекомендуется не устанавливать суточные контрольные уровни, если периодические сбросы осуществляются реже чем один раз в сутки.

Рекомендуется не устанавливать месячные контрольные уровни, если периодические сбросы осуществляются реже чем один раз в месяц.

Приложение № 7

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по методам и средствам контроля сбросов радиоактивных веществ в водные объекты», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «16» февраля 2021 г. № 61.

Рекомендации по учету неопределенностей и нижних порогов регистрации при проверке соблюдения нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ

1. Для целей учета неопределенностей и нижних порогов регистрации при проверке соблюдения нормативов ДС рекомендуется определить значение $Q_{r,i}^{год}$ (Бк/год) активности годового сброса нормируемого радионуклида r из нормируемого источника i по формуле:

$$Q_{r,i}^{год} = \sum_{m=1}^{12} q_{r,i}^{мес,m}, \quad (1)$$

где:

$q_{r,i}^{мес}$ — активность месячного сброса нормируемого радионуклида r из нормируемого источника i (Бк/мес);

m — порядковый номер месяца.

После этого рекомендуется оценить абсолютную расширенную неопределенность ($P = 0,95$) контроля годового $Q_{r,i}^{год}$ сброса радионуклида r — $\Delta_{r,i}^{год}$ по формуле:

$$\Delta_{r,i}^{год} = 2 \cdot u_{r,i}^{год} \cdot Q_{r,i}^{год}, \quad (2)$$

где $u_{r,i}^{год}$ — относительная суммарная стандартная неопределенность контроля активности годового сброса нормируемого радионуклида r из нормируемого источника i , рассчитываемая по формуле:

$$u_{r,i}^{год} = \sqrt{\sum_{m=1}^{12} (u_{r,i}^{мес,m} \cdot q_{r,i}^{мес,m})^2}, \quad (3)$$

где:

$q_{r,i}^{мес,m}$ — значение активности месячного сброса нормируемого радионуклида r из нормируемого источника i , рассчитываемое по формуле (4) (Бк/мес);

$u_{r,i}^{мес,m}$ — относительная суммарная стандартная неопределенность контроля активности месячного сброса нормируемого радионуклида r из нормируемого источника i за m -й месяц, рассчитываемая по формуле (5).

2. Значение $q_{r,i}^{мес,m}$ (Бк/мес) активности месячного сброса нормируемого радионуклида r из нормируемого источника i рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$q_{r,i}^{мес,m} = \sum_{d=1}^D q_{r,i}^{сут,d}, \quad (4)$$

где:

$q_{r,i}^{сут,d}$ — зарегистрированное значение активности суточного сброса нормируемого радионуклида r из нормируемого источника i за сутки d (Бк/сут);

d и D — день (переменная суммирования) и полное число дней в месяце, соответственно.

Относительная суммарная стандартная неопределенность контроля активности месячного сброса нормируемого радионуклида r из нормируемого источника i , $u_{r,i}^{мес,m}$ рассчитывается по формуле:

$$u_{r,i}^{мес,m} = \sqrt{\sum_{d=1}^D (u_{r,i}^{сут,d} \cdot q_{r,i}^{сут,d})^2}, \quad (5)$$

где:

$q_{r,i}^{сут,d}$ — значение активности суточного сброса нормируемого радионуклида r из нормируемого источника i за сутки d (Бк/сут);

$u_{r,i}^{сут,d}$ — относительная суммарная стандартная неопределенность контроля активности суточного сброса нормируемого радионуклида r из нормируемого источника i за сутки d , рассчитываемая по формуле:

$$u_{r,i}^{сут,d} = \sqrt{\sum_{d=1}^D (u_{r,i}^{сут,d} \cdot q_{r,i}^{сут,d})^2} \quad (6)$$

где:

$u_{r,i}^{a,d}$ — относительная суммарная стандартная неопределенность контроля объемной активности нормируемого радионуклида r , сбрасываемого из нормируемого источника i , которая, в случае если результат измерения удельной активности отсутствует (ниже нижней границы диапазона измерений), принимается равной $1/\sqrt{3}$;

$U_i^{V,d}$ — относительная суммарная стандартная неопределенность контроля суточного объема сброшенной воды из нормируемого источника i .

3. Относительную суммарную стандартную неопределенность контроля суточного объема сброшенной воды из нормируемого источника рекомендуется определять по результатам предварительных испытаний средства измерений объема сброшенной воды, при каждом из которых используется один и тот же объем воды, по следующей формуле:

$$U_i^{V,d} = \frac{1}{\bar{V}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_k (V_k - \bar{V})^2}{k-1}}, \quad (7)$$

где:

\bar{V} — среднее арифметическое значение результата контроля суточного сброса воды;

V_k — очередное измеренное значение результата контроля суточного сброса воды;

k — число измерений в испытании.

4. Абсолютную расширенную неопределенность ($P = 0,95$) активности $q_{r,i}^{\text{сут},d}$ сброса радионуклида r рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$\Delta_{r,i}^{\text{сут},d} = 2 \cdot u_{r,i}^{\text{сут},d} \cdot q_{r,i}^{\text{сут},d} \quad (8)$$

5. В случае невозможности зарегистрировать нормируемый радионуклид в сбросах из-за недостаточной чувствительности применяемых средств и методов контроля, значение его фактического суточного сброса $q_{r,i}^{\text{сут},d}$ рекомендуется определять по формуле:

$$q_{r,i}^{\text{сут},d} = \eta_r \cdot \text{НПР}_{r,i} \cdot V_{i,d}^{\text{сут}}, \quad (9)$$

где:

η_r — коэффициент, характеризующий степень консервативности определения активности радионуклида r в сбросе в соответствии с применяемыми методикой и средством контроля;

$\text{НПР}_{r,i}$ — нижний порог регистрации активности нормируемого радионуклида r в сбросе, характеризующий штатные методики (в том числе расчетные) и средства, используемые для регистрации указанной объемной активности в сбросе из i -го нормируемого источника или характеризующий методики и средства, используемые для периодических прецизионных (например, лабораторных) измерений указанной объемной активности в сбросе из i -го нормируемого источника* (Бк/м³);

$V_{r,i}^{\text{сут}}$ — объем сброса воды из источника i за сутки d (м³/сут).

* Применительно к средствам измерения и методикам выполнения измерений данная характеристика представляет собой нижнюю границу диапазона измерений.

При отсутствии информации о распределении контролируемой величины значение η_r рекомендуется принимать равным 0,5. Если соответствующим исследованием доказано присутствие в сбросе нормируемого радионуклида на более низком уровне, чем это позволяет регламентный (штатный) контроль, то коэффициент η_r рекомендуется установить на основании результатов указанного исследования, исходя из радиологической опасности данного радионуклида.

Результат $\bar{Q}_{r,i,w}^{\text{год}}$ контроля годового сброса радионуклида рекомендуется представлять в виде $Q_{r,i,w}^{\text{год}} + \Delta_{r,i,w}^{\text{год}}$, а проверку соблюдения организацией нормативов ДС рекомендуется выполнять по формуле:

$$\sum_{r,i} \frac{\bar{Q}_{r,i,w}^{\text{год}}}{\text{ДС}_{r,i,w}} \leq 1, \quad (10)$$

где:

$\bar{Q}_{r,i}^{\text{год}}$ — величина равная $Q_{r,i}^{\text{год}} + \Delta_{r,i}^{\text{год}}$ (Бк/год);

$\text{ДС}_{r,i,w}$ — установленный для организации норматив ДС сброса радионуклида r из источника i в водный объект w .