

Разработка автоматизированной системы анализа радиационных рисков: цели, задачи и перспективы развития

Л.В. Репин, Р.Р. Ахматдинов, А.М. Библин, В.С. Репин

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

В настоящей статье описаны предпосылки создания и процесс разработки автоматизированной информационно-аналитической системы анализа радиационных рисков. Определены 3 основных цели разработки автоматизированной системы анализа радиационных рисков: создание инструмента для разработки и научного обоснования гигиенических нормативов и иных защитных величин в области использования ионизирующих излучений; практическая реализация принципов обоснования и оптимизации радиационной защиты на основе монетарной оценки радиационных рисков для здоровья; сравнительный анализ рисков различной природы на основе сопоставимых показателей популяционного здоровья. В качестве среды разработки автоматизированной информационно-аналитической системы анализа радиационных рисков была выбрана отечественная программная платформа «ИС: Предприятие». Выбор данной платформы был связан с упрощением интеграции с другими автоматизированными системами, разрабатываемыми в Научно-исследовательском институте радиационной гигиены имени П.В. Рамзаева, такими, как Автоматизированная информационно-аналитическая система контроля радиационного воздействия Роспотребнадзора. Перед началом практической реализации системы были определены основные параметры с точки зрения ее взаимодействия с пользователем — взаимное расположение элементов пользовательского интерфейса, основные входные параметры, первичные вычисляемые показатели и выводимые результаты расчета и т.п. В системе был реализован расчет значений годового прироста вероятности возникновения радиационно-индуцированных злокачественных новообразований в зависимости от органной дозы облучения, пола и возраста облученного лица и других параметров по моделям Научного комитета ООН по действию атомной радиации, Агентства по защите окружающей среды США и Публикаций 103 и 152 Международной комиссии по радиологической защите. Возможности системы включают расчет значений ряда современных показателей пожизненного радиационного риска, применяемых для характеристики риска в различных научных публикациях в течение последних 35 лет, в том числе расчет популяционных рисков на основе национальных медико-демографических данных нескольких десятков государств, опубликованных за последние 50 лет.

Ключевые слова: радиационный риск, радиационный ущерб, автоматизированная система, оценка риска для здоровья, анализ рисков.

Введение

Управление рисками является одним из 3 основных этапов в классической схеме анализа рисков, наряду с оценкой рисков и риск-коммуникацией (информированием о рисках) [1]. В области обеспечения радиационной безопасности (РБ) населения в настоящее время все 3 этапа сводятся к сильно упрощенным и потому весьма эффективным на практике процедурам. На регулярной основе оценка радиационных рисков на популяционном уровне осуществляется лишь в рамках системы радиационно-гигиенической паспортизации территорий по достаточно простой схеме. Управление риском сводится к контролю соблюдения основных пределов доз и в небольшой степени к решению задач оптимизации

радиационной защиты (РЗ) в рамках некоторых видов деятельности. А риск-коммуникация вообще зачастую осуществляется лишь номинально, с целью получения подписи на документе (добровольном информированном согласии) о том, что человек проинформирован о возможном риске для здоровья в тех ситуациях, когда информирование о риске необходимо в рамках соблюдения действующего законодательства.

Главная причина оправданности использования упрощенных схем оценки риска при решении рутинных задач заключается в достаточно высоких стандартах безопасности в области использования ионизирующих излучений, по сравнению с некоторыми другими вредными факторами среды обитания. Допустимые уровни облучения

Репин Леонид Викторович

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева
Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: l.repin@niirg.ru

населения в большинстве повседневных ситуаций настолько низки, что не требуют высокой точности оценки и следования сложным математическим процедурам для расчета риска.

Подобное положение дел, однако, отрицательно сказывается на уровне компетенции специалистов по РБ [2] и зачастую приводит к «слепому» копированию в российские нормативные документы базовых рекомендаций авторитетных международных организаций без детального изучения более широких возможностей применения таких рекомендаций. Одной из значимых причин такой ситуации является также достаточно узкий круг отечественных специалистов в области оценки радиационного риска. Еще одна причина заключается в отсутствии простых и доступных широкому кругу специалистов инструментов анализа радиационных рисков, в которых у широкого круга специалистов просто нет надобности при решении повседневных задач.

Существующие информационные системы по оценке рисков либо нацелены на решение достаточно узкого круга задач, например, на оценку профессиональных рисков [3], либо направлены на построение моделей риска на основе результатов эпидемиологических исследований [4].

Цель исследования – описание опыта разработки прикладной информационной системы на примере автоматизированной информационно-аналитической системы (АИАС) анализа радиационных рисков¹, предназначенной для решения широкого круга прикладных научно-практических задач в области анализа радиационных рисков в различных ситуациях и при различных сценариях облучения населения и персонала с использованием современных моделей межпопуляционного переноса радиационных рисков. В статье рассмотрены предпосылки создания, основной функционал Системы и возможные пути ее дальнейшего развития.

Предпосылки создания АИАС анализа радиационных рисков

Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) разработала величину эффективной дозы в качестве меры риска возникновения отдаленных последствий облучения человека для решения задач по управлению радиационными рисками в области малых доз ионизирующего излучения. При этом в качестве показателя радиационного риска в области радиационной защиты МКРЗ рекомендует использовать величину, называемую радиационным ущербом. Данная величина рассчитана МКРЗ для так называемой «номинальной популяции» — т.е. популяции, искусственно «созданной» для данного расчета путем приписывания ей значений медико-демографических показателей, усредненных по нескольким реально существовавшим на момент расчета популяциям. В ситуации управления повседневными техногенными радиационными рисками в условиях нормальной эксплуатации источников ионизирующих излучений (ИИИ) такой подход вполне оправдан для применения в национальных системах РЗ, т.к. речь идет о годовых дозах облучения порядка 1–5 мЗв эффективной дозы и погрешности подхода не оказывают влияния на решения,

принимаемые с использованием такого метода оценки риска.

Тем не менее, практика использования ИИИ не ограничивается диапазоном очень малых доз облучения, получаемых более или менее равномерно в течение года. В ситуациях воздействия природных источников, профессионального облучения персонала радиационных объектов и при медицинском облучении пациентов приходится сталкиваться с более высокими дозами и/или с ситуациями острого облучения. В таких ситуациях целесообразно использовать специализированные методы оценки для решения задач по управлению рисками.

Авторами отечественных научных публикаций периодически предпринимаются попытки оценить эффект расчета радиационных рисков с использованием отечественных медико-демографических данных (МДД) в моделях НКДАР ООН, МКРЗ и др. [5–7]. Подобные публикации представляют несомненный научный интерес, однако имеют скорее теоретическое, нежели прикладное значение. Однако круг актуальных прикладных задач в области оценки рисков для здоровья постоянно расширяется и в настоящее время включает в себя:

- сравнительный анализ рисков различной природы;
- анализ зависимости рисков от пола и возраста;
- выбор наиболее адекватных решаемым задачам моделей риска;
- выбор показателей риска, позволяющих дать наиболее полную характеристику рисков и т.д.

Последняя задача стала еще более актуальной в связи с активным развитием системы показателей популяционного здоровья [8]. Выход Публикации 152 МКРЗ [9] подчеркнул, какое внимание уделяется методологии оценки радиационного риска, и предвещал дальнейшее развитие данной методологии.

В связи с вышесказанным важность создания современной системы анализа радиационных рисков, доступной отечественным специалистам в области радиационной защиты и радиационной гигиены, не вызывает сомнений. На основе анализа наиболее актуальных направлений развития методологии оценки рисков для здоровья [9] были определены 3 главные цели создания автоматизированной системы анализа радиационных рисков как инструмента для решения следующих задач:

- разработка и научное обоснование гигиенических нормативов и иных защитных величин в области использования ионизирующих излучений;
- практическая реализация принципов обоснования и оптимизации РЗ на основе монетарной оценки радиационных рисков для здоровья;
- сравнительный анализ рисков различной природы на основе сопоставимых показателей популяционного здоровья.

Однако при создании такой системы хотелось избежать ограничений, накладываемых классическим методом разработки программ, при котором все функции, системы обработки и хранения данных, отчетные формы и механизмы взаимодействия с пользователем жестко определены заранее и не могут быть изменены в процессе разработки.

¹ В рамках статьи обозначения «АИАС анализа радиационных рисков» и «Система» используются как синонимы.

Разработка АИАС анализа радиационных рисков

Создание современной автоматизированной информационно-аналитической системы предполагает гибкий подход к разработке, поэтому АИАС анализа радиационных рисков изначально задумывалась как «живая», расширяемая, постоянно развивающаяся система. При этом одна из задач, которую поставили перед собой разработчики Системы, заключалась в максимально быстром обеспечении возможности выполнения реальных расчетов и в постепенной реализации вычислительных алгоритмов по принципу от простого к сложному. Подобный подход позволяет выявлять ошибки и неудобства использования программы параллельно с процессом разработки и вносить предложения по внесению изменений в перечень текущих работ еще до ввода Системы в эксплуатацию.

В качестве среды разработки АИАС анализа радиационных рисков была выбрана отечественная программная платформа «1С: Предприятие». Выбор данной платформы был обоснован необходимостью обеспечения интеграции с другими автоматизированными системами, разрабатываемыми во ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева,

такими как Автоматизированная информационно-аналитическая система контроля радиационного воздействия (АСКРВ Роспотребнадзора) [10].

Процесс создания Системы начался с определения функционального назначения, структурной схемы будущей Системы (рис. 1) и требований к интерфейсу пользователя. К настоящему времени завершено создание 3 из 4 подсистем. Разработка подсистемы формирования отчетов запланирована на 2024 г.

Уже на начальном этапе проектирования Системы представлялось очевидным, что не следует ограничивать ее функционал слишком жесткими заранее определенными рамками, как это принято в классических моделях разработки программного обеспечения [11]. Вместо этого предпочтение было отдано более гибкому подходу. При этом в процессе реализации конкретных функциональных возможностей использовался подход, позволивший вносить улучшения в Систему буквально на лету, что более свойственно гибким методологиям разработки [11], не выходя при этом за рамки основного функционала и требований к интерфейсу пользователя. Функционал

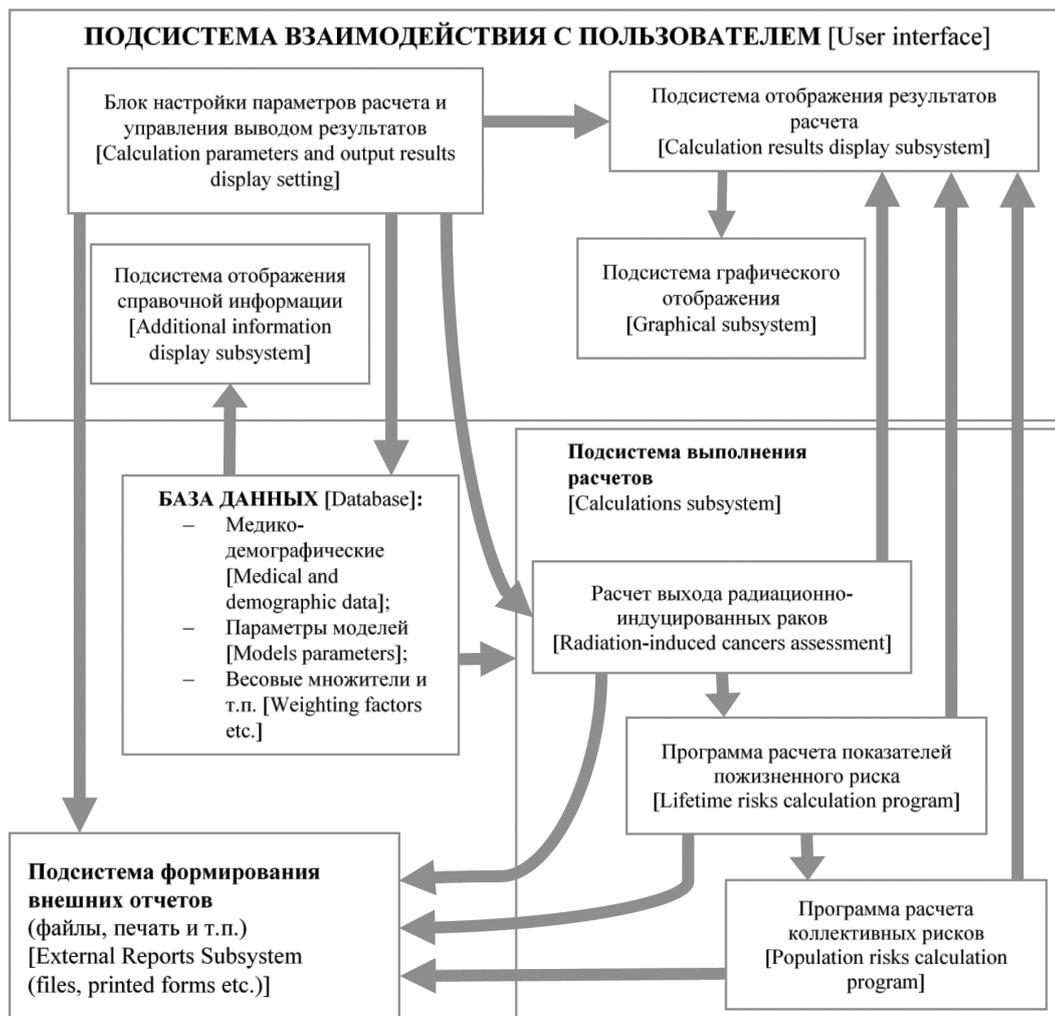


Рис. 1. Структурная схема АИАС анализа радиационных рисков
[Fig. 1. Structural scheme of the Automated System for Radiation Risk Analysis]

Системы наращивался постепенно, и разработчики смогли решать (и в настоящее время продолжают решать) параллельно несколько задач:

– по мере реализации функционала системы практически сразу стало возможным производить первые вычисления, т.е. использование Системы для выполнения первых расчетов стало возможным буквально за 2–3 месяца;

– это, в свою очередь, позволило отлаживать вычислительные алгоритмы и производить сверку расчетов, не прерывая ход разработки;

– в процессе пробной эксплуатации и испытания частичного функционала оценивалось удобство доступа к элементам интерфейса и наглядность представления результатов расчета.

Таким образом, к моменту государственной регистрации² веб-приложения АИАС анализа радиационных рисков уже был накоплен определенный опыт выполнения расчетов и эксплуатации, учтены и исправлены некоторые выявленные недочеты. Оправданность выбранного подхода подтвердилась, когда в связи с выходом Публикации 152 МКРЗ [9] в программе была максимально быстро реализована именно модель риска, описанная в данной публикации, вместо предполагавшейся (и реализованной) изначально модели из Публикации 103 МКРЗ [12]. В ином случае к моменту ввода в эксплуатацию в Системе была бы реализована содержащая ошибки и уже устаревшая модель межпопуляционного переноса радиационного риска. Отметим, что предусмотреть выход указанной публикации в момент планирования НИР было принципиально невозможно, т.к. работа была запланирована более чем 3 годами ранее.

На первом этапе практической реализации Системы были определены основные параметры системы с точки зрения ее взаимодействия с пользователем: взаимное расположение элементов пользовательского интерфейса, основные входные параметры, первичные вычисляемые показатели и выводимые результаты расчета и т.п. Прежде всего, был реализован расчет значений годового прироста вероятности возникновения радиационно-индуцированных злокачественных новообразований (рис. 2) в зависимости от органной дозы облучения, пола и возраста облученного лица и других параметров по моделям НКДАР ООН [13], ЕРА [14] и МКРЗ [12], замененной на МКРЗ [9] в связи с уточнением параметров расчета и выявленными ошибками в описании модели.

Отдельно отметим, что перечень конкретных органов, тканей и систем организма несколько отличается в названных выше моделях, поэтому для обеспечения сравнимости результатов был решен ряд методических задач. Наиболее существенная разница в расчетах наблюдается в группе «Другие солидные злокачественные новообразования», т.к. перечень органов, попадающих в категорию «Другие» в указанных моделях, несколько различается. Помимо этого, в приведенных публикациях используются несколько отличающиеся параметры: значения мини-

мального латентного периода, значения коэффициента эффективности дозы и мощности дозы (DDREF) и др. Поэтому для повышения информативности анализа было решено добавить возможность ручной настройки некоторых параметров расчета.

На этом же этапе был реализован расчет значений ряда показателей пожизненного риска, применяемых для характеристики риска в различных публикациях в последние 35 лет (см. рис. 2). К их числу относятся:

- LAR (Lifetime Attributable Risk – пожизненный атрибутивный риск);
- ECI (Excessive Cancer Incidence – избыточная онкологическая заболеваемость);
- ECD (Excessive Cancer Deaths – избыточная онкологическая смертность);
- REID (Risk of Exposure-Induced Death – риск смерти вследствие облучения);
- REIC (Risk of Exposure-Induced Cancer incidence – риск возникновения ЗНО вследствие облучения);
- YLL (Years of Life Lost – число потерянных вследствие облучения лет жизни);
- YLL RIC (Years of Life Lost per Radiation Induced Cancer – число потерянных вследствие облучения лет жизни на одно вызванное облучением онкологическое заболевание);
- YLD (Years Lived with Disability – число лет, прожитых в состоянии неполного здоровья вследствие облучения, взвешенное по степени тяжести состояния неполного здоровья);
- DALY (Disability-Adjusted Life Years – число лет здоровой жизни, потерянных вследствие облучения) и др.

Одной из особенностей описания моделей радиационного риска в публикациях зарубежных и международных научных организаций является возможность различного подхода к реализации предлагаемых в них формул, что в некоторых случаях может существенным образом повлиять на результаты вычислений. Так, например, медико-демографические показатели представлены в формулах как значения непрерывных функций, зависящих от конкретного возраста, тогда как на практике указанные показатели могут быть доступны для возрастных групп от 0 до 4 лет, от 5 до 9 лет и т.д. Еще большее значение может иметь представление медико-демографических показателей в самой старшей возрастной группе, т.к. показатели онкологической заболеваемости и смертности существенно возрастают для лиц пожилого возраста, а демографические модели не позволяют достаточно хорошо аппроксимировать указанные показатели при помощи непрерывных функций.

Поэтому одной из важных задач в ходе практической реализации моделей риска является проверка результатов расчетов, получаемых при использовании разработываемых программных средств с использованием тех же исходных данных, результаты расчета с помощью которых опубликованы разработчиками модели. Однако и в этом

² Программа для ЭВМ «Автоматизированная информационно-аналитическая система анализа радиационных рисков». Свидетельство о государственной регистрации № 2023680449. Дата регистрации: 29.09.2023 г. [Computer program “Automated information and analytical system for radiation risk analysis”. Certificate of State Registration No. 2023680449. Registration date: 29.09.2023. (In Russ.)]

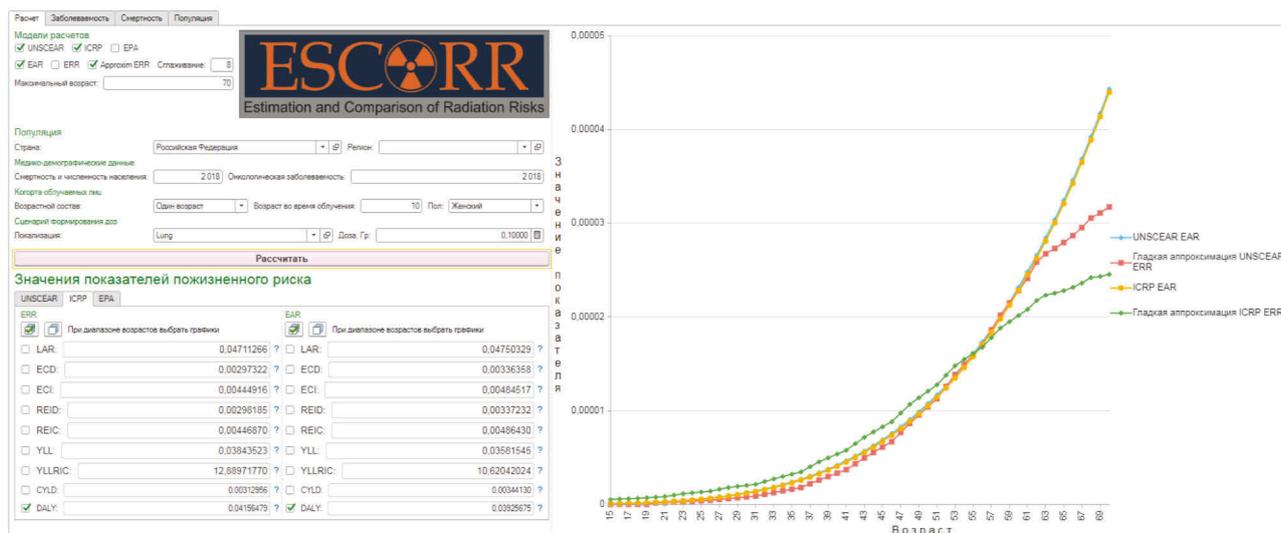


Рис. 2. Расчет вероятности выявления радиационно-индуцированных ЗНО легких по моделям МКРЗ и НКДАР ООН в различных возрастах дожития
[Fig. 2. Calculation of the probability of identifying radiation-induced lung cancer according to the ICRP and UNSCEAR models at different ages of survivorship]

случае зачастую не удается получить точно такие же результаты, как у авторов модели. Причина кроется в том, что результаты расчетов и некоторых параметров приводятся разработчиками моделей в округленном виде.

Таким образом, единственной реальной возможностью проверки программной реализации является тестирование программируемых моделей на степень согласованности получаемых результатов с результатами, опубликованными авторами моделей.

Для решения этой задачи использовался следующий подход. Первоначально модель реализовывалась в математическом пакете с использованием языка Wolfram. Преимущество использования данного пакета по сравнению со средой разработки «1С: Предприятие» заключается в возможности задания функций в аналитическом виде, т.е. в виде математических формул, с помощью которых описаны модели (рис. 3), что существенно снижает риск ошибки в записи формулы по сравнению с реализацией расчета в виде пошагового компьютерного алгоритма.

При описанном подходе поиск возможных ошибок реализации не потребовал внесения существенных правок в программный код и не отнял большого количества времени. После того как получаемые результаты достигли приемлемого уровня согласованности с опубликованными авторами модели результатами, алгоритм расчета был реализован в среде «1С: Предприятие», где сверка результатов осуществлялась уже с результатами, полученными при использовании языка Wolfram и среды разработки Mathematica. При этом использовались одни и те же данные для расчетов, и результаты вычислений были проверены на полное совпадение (рис. 4).

Следует отметить, что поскольку опубликованные авторами моделей результаты оценки риска используют МДД различных популяций, в Системе было предусмотрено агрегирование доступных сведений о половозрастной структуре, онкологической заболеваемости, онкологической и общей смертности для большого числа

различных популяций за период до 50 лет, включая и российские МДД за период до 30 лет.

После реализации расчета показателей пожизненного риска был реализован расчет значений популяционного риска, т.е. рассчитываемые показатели взвешивались с учетом доли лиц определенного пола и возраста в структуре заданной возрастной группы выбранной популяции.

Описанные выше этапы реализации алгоритмов расчета основных показателей риска были реализованы в виде веб-приложения, доступ к которому осуществляется с помощью стандартной программы обозревателя сети Интернет. Именно в таком формате в ежедневном режиме сотрудниками информационно-аналитического центра НИИ радиационной гигиены осуществляется тестирование АИАС анализа радиационных рисков и формируется перечень задач и предложений по дальнейшему усовершенствованию Системы.

Первой практической задачей, решенной с помощью АИАС анализа радиационных рисков, стал расчет половозрастных значений показателя DALY при различных видах компьютерно-томографических исследований [15].

Дальнейшее развитие АИАС анализа радиационных рисков

Дальнейшее развитие функциональных возможностей АИАС анализа радиационных рисков осуществляется по 2 основным направлениям:

- решение задач в соответствии с планом НИР;
- решение задач по запросам научного сообщества и по инициативе разработчиков системы.

Для обоих направлений существует обязательное требование: расширение функционала Системы не должно приводить к существенному изменению схемы взаимодействия с ней пользователей.

Основные задачи, предусмотренные планом НИР, – это развитие системы формирования отчетов и создание мобильной версии приложения. Планы же разработчиков

B4. The measure of years of life lost (YLL) per unit dose is given by:

$$YLL_c(s, a, D_t) = \frac{\int_a^{y_r} S(s, t | a) dt - \int_a^{y_r} S_c(s, t | a, D_t) dt}{D_t}$$

As above, when a relative risk model, $\mu_c(s, t | a, D_t) = \mu_c(s, t) \cdot [1 + ERR_c(s, a, y, D_t)]$, is assumed, this reduces to:

$$YLL_c(s, a, D_t) = \frac{\int_a^{y_r} \exp\left[-\int_a^t \mu(s, w) dw\right] dt - \int_a^{y_r} \exp\left[-\int_a^t \mu(s, w) + \mu_c(s, w) \cdot RR_c(s, a, w - a, D_t) dw\right] dt}{D_t}$$

This measure has been used by many scientific committees [C35, I11, U2, U4] and others [L15, L16, L17]. A related measure, years of life lost per radiation-induced cancer (YLLRIC), which is given by:

$$YLLRIC_c(s, a, D_t) = \frac{YLL_c(s, a, D_t)}{REID_c(s, a, D_t)}$$

```

REID[m_, ar_, c_, d_, sex_, e_Integer] :=  $\frac{\sum_{a=0}^{maxage} (\mu[m, ar, c, d, sex, e, a] - mortRate[a, c, sex, m]) \times Sc[m, ar, c, d, sex, e, a]}{d}$ ;
REIC[m_, ar_, c_, d_, sex_, e_Integer]; !m == "I" := REIC[m, ar, c, d, sex, e] =  $\frac{\sum_{a=0}^{maxage} (\mu[m, ar, c, d, sex, e, a] - incidence[a, c, sex, m]) \times Sic[m, ar, c, d, sex, e, a]}{d}$ ;
REIC[m_, ar_, c_, d_, sex_, e_Integer]; m == "I" := REIC[m, ar, c, d, sex, e] =  $\frac{\sum_{a=0}^{maxage} (\mu[m, ar, c, d, sex, e, a] - incidence[a, c, sex, m]) \times Sic[m, ar, c, d, sex, e, a]}{d}$ ;
|
YLL[m_, ar_, c_, d_, sex_, e_Integer] :=  $\frac{\sum_{a=0}^{maxage} (S(sex, e, a) - Sc[m, ar, c, d, sex, e, a])}{d}$ ;
YLLRIC[m_, ar_, c_, d_, sex_, e_Integer]; !REID[m, ar, c, d, sex, e] == 0 := YLLRIC[m, ar, c, d, sex, e] =  $\frac{YLL[m, ar, c, d, sex, e]}{REID[m, ar, c, d, sex, e]}$ ;
YLLRIC[m_, ar_, c_, d_, sex_, e_Integer]; REID[m, ar, c, d, sex, e] == 0 := YLLRIC[m, ar, c, d, sex, e] = 0;
    
```

Рис. 3. Фрагмент описания расчета показателей пожизненного риска в модели НКДАР ООН (сверху) [13] и его программная реализация на языке Wolfram (снизу)

[Fig. 3. Fragment of the description of calculation of lifetime risk indicators with the UNSCEAR model (top) [13] and its program implementation in Wolfram language (bottom)]

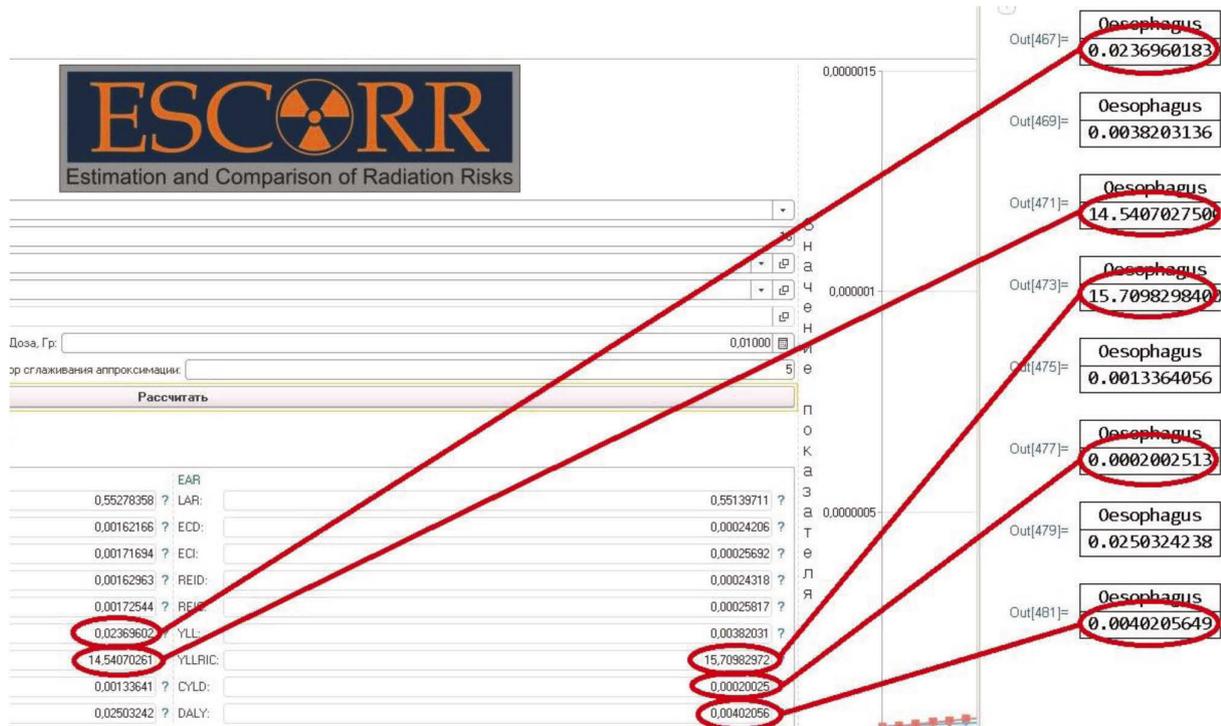


Рис. 4. Сверка результатов расчета показателей пожизненного риска, вычисляемых в АИАС анализа радиационных рисков (слева) и при помощи программы на языке Wolfram (справа)

[Fig. 4. A comparison of the calculation results of lifetime risk indicators calculated in the AIAS for radiation risk analysis (left) and using the Wolfram program (right)]

несколько шире и включают в себя следующие направления развития Системы:

- реализация различных методик оценки риска;
- увеличение числа сценариев облучения (однократного, пролонгированного, фракционированного и т.п.), геометрий облучения и моделей формирования органических доз облучения в динамике;
- расширение перечня показателей радиационного риска и популяционного здоровья, используемых для характеристики рисков;
- регулярное пополнение базы МДД, используемых для расчета, путем включения данных различных популяций за различные годы;
- использование более сложных математических моделей для описания демографических процессов, возможность использования как продольных, так и поперечных МДД при расчетах;
- расширение вариантов ввода данных для расчета, загрузка сведений из файлов, ручной ввод данных для расчета, развитие механизмов сверки расчетов и контроля ввода данных и т.п.;
- развитие инструментария сравнительного анализа рисков различной природы.

Заключение

Разработанная и развиваемая в рамках отраслевой НИР АИАС анализа радиационных рисков нацелена, в первую очередь, на решение прикладных научно-практических задач в области обеспечения радиационной безопасности населения. Создаваемая Система может использоваться и в качестве удобного и доступного в будущем для специалистов инструмента при проведении научных исследований в области анализа рисков для здоровья.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Репин Л.В. разработал план публикации, определил цели и задачи, написал черновик рукописи.

Ахматдинов Р.Р. подготовил иллюстративный материал, редактировал промежуточный вариант рукописи.

Библин А.М. провел поиск и анализ литературных данных, редактировал промежуточный вариант рукописи, подготовил окончательный вариант рукописи.

Репин В.С. осуществлял общее руководство подготовкой статьи, редактировал промежуточный вариант рукописи.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Работа выполнена в рамках отраслевой программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России» по теме: «Разработка и научное обоснование прикладных методов оценки радиационных рисков для

здоровья населения при различных ситуациях и сценариях облучения на основе современных подходов к оценке радиационного ущерба».

Литература

1. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Май И.В. и др. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография / под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. М.; Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. 738 с.
2. Davydov A., Biblin A., Repin L. et al. Features of the perception of radiation risks by Russian radiation safety specialists. Proceedings of the 14th International conference on medical physics. Kaunas, Lithuania. 2019. P. 27-30.
3. Иванов В.К., Корело А.М., Туманов К.А. и др. Мониторинг профессиональных радиационных рисков работников атомной промышленности (система АРМИР) // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). 2016. Т. 25, № 1. С. 16-24.
4. Preston D., Lubin J., Pierce D., McConney M. Epicure Users Guide. Hirosoft, Seattle, WA. 1993.
5. Репин Л.В. Оценка радиационного ущерба для здоровья: о возможности использования эффективной дозы для расчета числа потерянных лет здоровой жизни // Радиационная гигиена. 2023. Т. 16, № 1. С. 52-65. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2023-16-1-52-6>.
6. Горский А.И., Чекин С.Ю., Максютов М.А. и др. Эффект переноса моделей радиационного риска МКРЗ на популяцию РФ // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). 2019. Т. 28, № 4. С. 5-15.
7. Губин А.Т., Редько В.И., Сакович В.А. Адаптация моделей радиационного риска, используемых МКРЗ, к российскому населению // Радиационная гигиена. 2014. Т. 7, № 4. С. 38-47.
8. Репин Л.В., Ахматдинов Р.Р., Библин А.М., Репин В.С. О гармонизации показателей радиационного риска для здоровья и риска от воздействия иных вредных факторов на основе оценки числа потерянных лет здоровой жизни // Анализ риска здоровью. 2022. № 1. С. 170-183. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.18>.
9. Radiation detriment calculation methodology. ICRP Publication 152 // Annals of the ICRP. 2022. Vol. 51, No 3. 103 p.
10. Репин Л.В., Библин А.М., Ковалев П.Г. и др. Автоматизированная система контроля радиационного воздействия Роспотребнадзора: история создания, назначение и развитие // Радиационная гигиена. 2014. Т. 7, № 3. С. 44-53.
11. Шахина И.В., Муллин А.А., Алышев Ю.В. Agile vs Waterfall: разница между методологиями // StudNet. 2020. Т. 3, № 6. С. 9-15.
12. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103 // Annals of the ICRP. 2007. Vol. 37, No 2-4. 332 p.
13. UNSCEAR 2006 Report. Effects of ionizing radiation. New York. United Nations; 2009. 334 p.
14. NAS (National Academy of Sciences). Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (BEIR VII – Phase 2). Washington D.C.: National Academy Press; 2006.
15. Репин Л.В., Ахматдинов Р.Р., Библин А.М. и др. Характеристика радиационного риска, связанного с проведением компьютерной томографии, для российских пациентов, путем оценки числа потерянных лет здоровой жизни // Радиационная гигиена. 2023. Т. 16, № 3. С. 37-45. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2023-16-3-37-45>.

Поступила: 24.10.2023 г.

Репин Леонид Викторович – младший научный сотрудник информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: l.repin@niirg.ru
ORCID: 0000-0002-4857-6792

Ахматдинов Рустам Расимович – ведущий инженер-исследователь Информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия
ORCID: 0000-0002-4151-5380

Библин Артем Михайлович – старший научный сотрудник, руководитель Информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия
ORCID: 0000-0002-3139-2479

Репин Виктор Степанович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия
ORCID: 0000-0002-5234-2489

Для цитирования: Репин Л.В., Ахматдинов Р.Р., Библин А.М., Репин В.С. Разработка автоматизированной системы анализа радиационных рисков: цели, задачи и перспективы развития // Радиационная гигиена. 2023. Т. 16, № 4. С. 22-31. DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-4-22-31

Development of the Automated System for Radiation Risk Analysis: goals, tasks and the vision for progress

Leonid V. Repin, Rustam R. Akhmatdinov, Artem M. Biblin, Viktor S. Repin

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

This paper describes the preconditions of creation and the process of development of the Automated System for Radiation Risk Analysis. Three main objectives for the development of an automated system for radiation risk analysis were identified: creation of a tool for the development and scientific justification of hygienic standards and other protective quantities in the field of ionizing radiation application; practical implementation of the principles of justification and optimization in radiation protection on the basis of monetary assessment of radiation health risks; and comparative analysis of risks of different nature on the basis of comparable indicators of population health. The Russian software platform IC: Enterprise was chosen as the development platform for the Automated System for Radiation Risk Analysis. The choice of this platform was related to simplification of integration with other computer systems being developed at the Research Institute of Radiation Hygiene after Prof. P.V. Ramzaev, such as the Automated System for Radiation Exposure Control of Rosпотребнадзор. Before the practical development of the system in accordance with the terms of reference, the main parameters in view of its interaction with the user were determined: arrangement of the user interface elements, main input parameters, primary calculated indicators and output calculation results, etc. The estimation of annual increase in the probability of radiation-induced malignant neoplasms depending on the organ dose, sex and age of the exposed person and other parameters according to the models of the UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, the U.S. Environmental Protection Agency and Publications 103 and 152 of the International Commission on Radiological Protection was implemented in the system. The capabilities of the system include calculation of a number of modern lifetime radiation risk indicators used for risk characterization in various scientific publications over the last 35 years, including

Leonid V. Repin

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: l.repin@niirg.ru

calculation of population risks based on national medical and demographic data of several dozen states published over the last 50 years.

Key words: radiation risk, radiation detriment, automated system, health risk assessment, risk analysis.

Personal contribution of authors

Repin L.V. developed design of the study, determined aims and objectives, prepared draft of the manuscript.

Akhmatdinov R.R. prepared illustrations, edited the draft of the manuscript

Biblin A.M. searched and analyzed literature data, edited the draft versions of the manuscript, presented the final version of manuscript for submission.

Repin V.S. provided supervision of the study, edited the draft of the manuscript.

Conflict of interests

Authors declare the absence of conflict of interest.

Sources of funding

The study was performed within framework of research project "Development and scientific justification of applied methods for assessment of radiation risks to public health under different situations and exposure scenarios based on modern approaches to radiation detriment assessment".

References

1. Onischenko GG, Zaytseva NV, May IV, Shur PZ, Popova AY, Alekseev VB, et al. Health risk analysis in the strategy of state social and economic development: monograph. Perm: Publishing house of Perm National Research Polytechnic University; 2014. 783 p. (In Russian).
2. Davydov A, Biblin A, Repin L, Vishnyakova N, Vodovatov A. Features of the perception of radiation risks by Russian radiation safety specialists. Proceedings of the 14th International conference on medical physics. 7 – 9 November 2019, Kaunas, Lithuania; 2019. P. 27-30.
3. Ivanov VK, Korelo AM, Tumanov KA, Chekin SYu, Adamchik SA, Mikheenko SG, et al. Monitoring of occupational radiation risks of nuclear industry workers (ARMIR system). *Radiatsiya i risk = Radiation and Risk*. 2016;25(1): 16-24. (In Russian).
4. Preston DL, Lubin JH, Pierce DA, McConney ME. *Epicure Users Guide*. Seattle, Washington: Hirosoft International Corporation; 1993.
5. Repin LV. Radiation detriment estimation: on the possibility of effective dose usage to assess the number of years of the healthy life lost. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2023;16(1): 52-65. (In Russian). <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2023-16-1-52-65>.
6. Vlasov OK, Chekin SYu, Maksyutov MA, Menyaylo AN, Korelo AM, Tumanov KA, et al. Transfer of ICRP models of radiation risk to the population of the Russian Federation. *Radiatsiya i risk = Radiation and Risk*. 2016;28(4): 5-15. (In Russian). <https://doi.org/10.21870/0131-3878-2019-28-4-5-15>.
7. Gubin AT, Redko VI, Sakovich VA. Adaptation to the Russian population types of radiation risk used by ICRP. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(4): 38-47. (In Russian).
8. Repin LV, Akhmatdinov RR, Biblin AM, Repin VS. On harmonization of health risk indicators caused by ionizing radiation exposure and other harmful factors based on DALY estimates. *Analiz riska zdorovyu = Health Risk Analysis*. 2022;1: 162-175. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.18.eng>.
9. Radiation detriment calculation methodology. ICRP. ICRP Publication 152. 2022. *Annals of the ICRP*. 2022;51(3): 103.
10. Repin LV, Biblin AM, Kovalev PG, Nikolaevich MS, Repin VS. The Automated System of Radiation Exposure Control (ASCRES) for Rospotrebnadzor: creation history, applicability and development. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(3): 44-53. (In Russian).
11. Shakhina IV, Mullin AA, Alyshev UV. Agile VS Waterfall: difference between methodologies. *StudNet*. 2020;3(6): 9-15. (In Russian).
12. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Annals of the ICRP*. 2007;37(2-4): 332.
13. UNSCEAR 2006 Report. Effects of ionizing radiation. New York. United Nations; 2009. 334 p.
14. NAS (National Academy of Sciences). Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (BEIR VII – Phase 2). Washington D.C.: National Academy Press; 2006.
15. Repin LV, Akhmatdinov RR, Biblin AM, Vodovatov AV, Chipiga LA, Shatskiy IG. Characterization of radiation risk associated with computed tomography for the Russian patients using disability-adjusted life years measure. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2023;16(3): 37-45. (In Russian). <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2023-16-3-37-45>.

Received: October 24, 2023

For correspondence: Leonid V. Repin – Junior Researcher, Information Analytical Center, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: l.repin@niirg.ru)

ORCID: 0000-0002-4857-6792

Rustam R. Akhmatdinov – engineer-researcher, information-analytical center, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0002-4151-5380

Artem M. Biblin – senior research fellow, head of Information-analytical center, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0002-3139-2479

Viktor S. Repin – Doctor of Biological Sciences, Head of Ecology Laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia
ORCID: 0000-0002-5234-2489

For citation: Repin L.V., Akhmatdinov R.R., Biblin A.M., Repin V.S. Development of an Automated System for Radiation Risk Analysis: goals, tasks and the vision for progress. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2023. Vol. 16, No. 4. P. 22-31. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-4-22-31