

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-2-178-184>

УДК 004.42: 539.16: 614.876(574.41)

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА НАСЕЛЕНИЕ В СЛУЧАЕ ПРОЖИВАНИЯ И ВЕДЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

А. В. Топорова*, В. Н. Монаенко, Ю. В. Бакланова, Н. В. Ларионова, А. О. Айдарханов

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

*E-mail для контактов: toporova@nnc.kz

В статье представлен обзор возможностей разработанного программного обеспечения «Оценка дозовых нагрузок на население при проживании и ведении деятельности на территории Семипалатинского испытательного полигона», а также приведен алгоритм расчета индивидуальных годовых эффективных доз облучения населения от основных дозообразующих техногенных радионуклидов полигона (^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^3H). Разработанное ПО учитывает такой поведенческий сценарий, как фермер, ведущий натуральное хозяйство и проживающий с членами своей семьи на исследуемой территории. ПО разработано для операционной системы Windows и реализовано в среде разработки кроссплатформенных приложений Embarcadero Delphi XE7 Professional на объектно-ориентированном языке программирования Object Pascal. Хранилище исходных данных разработано в реляционной системе управления базами данных (СУБД) Microsoft Office Access.

Ключевые слова: программное обеспечение (ПО), техногенные радионуклиды, удельная активность, годовая эффективная доза, СИП.

ВВЕДЕНИЕ

Основной целью радиационной безопасности является охрана окружающей среды и защита населения, включая персонал, от вредного воздействия ионизирующего излучения путем соблюдения основных принципов и норм радиационной безопасности. Поэтому качественная и объективная оценка дозовых нагрузок на население в случае вероятного проживания и ведения хозяйственной деятельности на территории Семипалатинского испытательного полигона (далее – СИП) является гарантом соблюдения Закона Республики Казахстан от 23 апреля 1998 года № 219 «О радиационной безопасности населения» [1]. Согласно данному Закону, все население, проживающее на территории Республики Казахстан (далее – РК), будь то граждане страны, иностранцы и лица без гражданства, проживающие на ее территории, имеет право на радиационную безопасность, что обеспечивается проведением комплекса мероприятий по предотвращению радиационного воздействия на организм человека ионизирующего излучения выше установленных норм [1]. При этом, оценка ожидаемой годовой эффективной дозы для населения, проживающего вблизи либо в пределах территорий, загрязненных в результате техногенной деятельности (в том числе, в результате проведения ядерных испытаний), не рассматривается в Санитарных правилах «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» № КР ДСМ-275/2020 (далее – СП № КР ДСМ-275/2020) [2]. В гигиенических нормативах к обеспечению радиационной безопасности № КР ДСМ-71 (далее – ГН № КР ДСМ-71) приводятся критерии защиты от вредного воздействия ионизирующего излучения [3].

Ранее авторами была проведена сравнительная оценка отечественных и зарубежных рекомендаций, методических указаний и программного обеспечения ближнего и дальнего зарубежья, используемых для оценки дозовых нагрузок на население при проживании на радиоактивно-загрязненных территориях [4, 5]. Анализ литературных данных мировой практики показал, что, несмотря на большое количество информации касательно оценки доз облучения населения при проживании на радиоактивно-загрязненных территориях, существующие методики не адаптированы для расчетов оценки доз на территории РК ввиду отличия входных параметров (потребительской корзины, условий проживания, ведения деятельности и т.д.).

На момент выполнения работ в РК отсутствовало программное обеспечение, позволяющее проводить оценку доз от внешнего и внутреннего облучения населения в случае его вероятного проживания и ведения хозяйственной деятельности на территории СИП. За период проведения комплексного экологического обследования территории полигона (2008–2021 гг.) сотрудниками Национального ядерного центра РК, накоплен большой объем данных о содержании техногенных радионуклидов во всех объектах окружающей среды (почва, воздух, вода, растительный и животный мир) [9]. Техногенными радионуклидами принимаются радионуклиды (^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^3H), которые образовались в результате испытаний ядерного оружия и являются наиболее значимыми с точки зрения внутреннего и внешнего облучения. Результаты комплексного экологического обследования территории СИП легли в основу математической модели по расчету годовых эффективных доз облучения населения.

В статье представлен обзор возможностей разработанного программного обеспечения по расчету годовых эффективных доз облучения населения от техногенных радионуклидов в случае проживания и ведения хозяйственной деятельности на территории Семипалатинского испытательного полигона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для разработки программного обеспечения осуществлен выбор потенциальных путей облучения населения в случае его проживания и ведения хозяйственной деятельности на радиоактивно-загрязненной территории, а также определены основные параметры, необходимые для объективной оценки дозовых нагрузок. Исходными данными для расчетов стали переменные величины, такие как содержание техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды, и постоянные величины, такие как нормы потребления продуктов питания и воды, объем вдыхаемого воздуха, интенсивность дыхания, коэффициенты перехода техногенных радионуклидов по пищевым цепям и среднегодовая запыленность.

На начальном этапе разработки программного обеспечения было найдено, проанализировано и обобщено существующее программное обеспечение по оценке эффективных доз ионизирующих излучений. Далее был собран и подготовлен весь исходный информационный материал, после чего была разработана примерная математическая модель для расчетов эффективных доз ионизирующих излучений.

Затем была сформирована общая концепция программного обеспечения и для определения общего функционала была разработана структура приложения.

Программное обеспечение разработано для операционной системы Windows и реализовано в среде разработки кроссплатформенных приложений Embarcadero Delphi XE7 Professional на объектно-ориентированном языке программирования Object Pascal. Хранилище исходных данных разработано в реляционной СУБД Microsoft Office Access.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В основу разработки программного приложения для оценки доз облучения человека в случае проживания и ведения деятельности на территории СИП в соответствии с принципом консерватизма приняты следующие допущения:

- радиоактивное загрязнение распределено по площади участка равномерно, а распределение техногенных радионуклидов в почвенном горизонте – экспоненциально;
- не рассматриваются пути облучения от естественных радионуклидов;
- не учитываются средства индивидуальной защиты, а также снижение мощности доз внешнего облучения при укрытии почвы снежным покровом (зимний период);

- население употребляет в пищу продукты растительного и животного происхождения, производимые на исследуемой территории;

- не учитывается доза от привозных продуктов.

На территории СИП потенциальными путями воздействия, которые будут вносить основной вклад в формирование ожидаемой годовой эффективной дозы облучения на население являются следующие:

- внешнее облучение от гамма-излучения техногенных радионуклидов, содержащихся в поверхностном слое почвы;
- внутреннее облучение от ингаляционного поступления техногенных радионуклидов;
- внутреннее облучение от перорального поступления техногенных радионуклидов с водой и продуктами питания, произведенными на территории СИП.

Основными дозообразующими техногенными радионуклидами на территории СИП являются радионуклиды ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am и ^3H в воде.

Ожидаемая годовая эффективная доза E_{ef} от техногенных радионуклидов выражена в виде суммы парциальных доз по j -м факторам радиационного воздействия:

$$E_{ef} = E_{\gamma} + E_{inh} + E_{ing}, \quad (1)$$

где: E_{ef} – годовая эффективная доза населения от техногенных радионуклидов, образовавшихся в результате испытания ядерного оружия, Зв/год; E_{γ} – доза внешнего гамма-излучения радионуклидов от подстилающей поверхности, Зв/год; E_{inh} – доза внутреннего облучения при ингаляционном поступлении радионуклидов в организм, Зв/год; E_{ing} – доза внутреннего облучения от перорального поступления радионуклидов в организм, Зв/год.

Доза внешнего гамма-излучения от загрязненной поверхности почвы

Эффективная доза на население от внешнего гамма-излучения радионуклидов определяется как:

$$E_{\gamma} = \sum E_{\gamma i} = E_{\gamma iair} + E_{\gamma ihouse}, \quad (2)$$

$$E_{\gamma iair} = A_{si} \cdot B_{sgi} \cdot T_{air} \cdot K_{tc}, \quad (3)$$

$$E_{\gamma ihouse} = A_{si} \cdot B_{sgi} \cdot T_{house} \cdot K_{tc} \cdot k_{sc}, \quad (4)$$

где: $E_{\gamma iair}$, $E_{\gamma ihouse}$ – доза внешнего гамма-излучения для i -го радионуклида на открытом воздухе и в помещении, мЗв/год; T_{air} , T_{house} – время облучения, проведенного на открытом воздухе и в помещении, ч/год. Время облучения определяется исходя из сценария поведения человека на исследуемой территории; B_{sgi} – дозовый коэффициент при внешнем облучении от подстилающей поверхности гамма-излучением i -го радионуклида, $\text{мГр} \cdot \text{м}^2/\text{ч} \cdot \text{кБк}$ [6]; K_{tc} – коэффициент перехода от дозы в воздухе на высоте 1 м над подстилающей поверхностью к эффективной дозе для представителей j -ой группы населения мЗв/мГр; k_{sc} – коэффициент экранирования излучения стенами зданий, 0,4; A_{si} – площадная активность i -го радионуклида, $\text{кБк}/\text{м}^2$.

Доза внутреннего облучения от ингаляционного поступления радионуклидов

Ожидаемая годовая эффективная доза от поступления техногенных радионуклидов ингаляционным путем (через органы дыхания) определяется по формуле:

$$E_{inh} = \sum E_{inhi} = E_{inhi,air} + E_{inhi,house}, \quad (6)$$

$$E_{inhi} = V \cdot e_{inhi} \cdot A_v \cdot T, \quad (7)$$

где: A_v – среднегодовая объемная активность i -го радионуклида в атмосферном воздухе, Бк/м³. Концентрация радионуклидов в воздухе рассчитывается как:

$$A_{v,i} = K_{phi} \cdot A_{mi,почва} \cdot \rho_{sus}, \quad (8)$$

где: K_{phi} – коэффициент, определяющий отношение удельной активности i -го радионуклида в мелкодисперсной фракции почвы (менее 10 мкм) к удельной активности i -го радионуклида в верхнем слое почвенного покрова; $A_{mi,почва}$ – удельная активность i -го радионуклида в верхнем слое (0–5 см) почвенного покрова, Бк/кг; ρ_{sus} – среднегодовая концентрация взвешенных частиц в атмосферном воздухе обследуемого земельного участка, кг/м³; A_{mi} – удельная активность i -го радионуклида в поверхностном слое почвы, Бк/кг; e_{inhi} – дозовый коэффициент для i -го радионуклида при поступлении его ингаляционным путем для населения, Зв/Бк [7]; V – интенсивность дыхания представителей j -ой группы населения на открытом воздухе/в помещении, м³/ч; T – время облучения, ч/год.

Доза внутреннего облучения от перорального поступления радионуклидов

Эффективная доза от поступления радионуклидов с продуктами питания и водой определяется по формуле:

$$E_{mg} = \sum E_{mgi} = E_{mgi,plant} + E_{mgi,animal} + E_{mwi}, \quad (9)$$

$$E_{mgi,plant} = A_{pgi} \cdot q \cdot e_{dti}, \quad (10)$$

$$E_{mgi,animal} = A_{pian} \cdot q \cdot e_{dti}, \quad (11)$$

$$E_{mwi} = A_{wi} \cdot q \cdot e_{dti}, \quad (12)$$

где: A_{pgi} – содержание радионуклидов в продукции растительного происхождения, Бк/кг; A_{pian} – содержание радионуклидов в продукции животного происхождения, Бк/кг; A_{wi} – содержание радионуклидов в питьевой воде, Бк/л; q – годовое потребление продукта питания/воды, кг/год (л/год); e_{dti} – дозовый коэффициент для j -ой группы населения i -го радионуклида при поступлении его с пищей/водой, Зв/Бк [6, 7].

С учетом особенностей внешнего облучения, поступления и метаболизма исследуемых техногенных радионуклидов в организм лиц разного возраста, в качестве наиболее вероятных критических групп населения в случае проживания и ведения хозяйственной деятельности на территории СИП рассматривались следующие категории лиц из населения:

– дети 1–2 лет, потребляющие молочную продукцию, производимую на радиоактивно-загрязнен-

ной территории (с учетом того, что основной вклад в дозу внутреннего облучения от перорального поступления вносит радионуклид ⁹⁰Sr);

– дети 7–12 лет, которые рассматриваются как среднее звено по параметрам объема вдыхаемого воздуха, нормам потребления продуктов питания и дозовым коэффициентам;

– взрослые (мужчина, женщина), работающие на открытой местности, особенно в случае проведения работ с образованием пыли, а также потребляющие животноводческую продукцию, выращенную и произведенную на радиоактивно-загрязненной территории.

Разработанное программное обеспечение позволяет осуществлять расчетную оценку доз от внешнего и внутреннего облучения от техногенных радионуклидов для 4 групп лиц из населения (взрослые: мужчина и женщина; дети: 7–12 лет и 1–2 лет), а также определять основной дозообразующий радионуклид в основных путях облучения в случае их проживания и ведения хозяйственной деятельности на территории СИП. Разделение категории «взрослые» по половому признаку используется в поведенческом сценарии «фермер и его семья проживающие на загрязненной территории». В данном поведенческом сценарии предполагается, что мужчина и женщина, ведущие фермерскую деятельность, испытывают одинаковую физическую нагрузку, поэтому дозовые коэффициенты принимаются для категории «взрослые». Однако, в силу физиологических особенностей, количество потребляемых ими продуктов питания будет разным, вследствие чего потребление продуктов питания при оценке дозовых нагрузок делится по половому признаку.

Для программной реализации математического расчета эффективных доз ионизирующих излучений была проанализирована и переведена в программный код математическая модель оценки доз облучения человека.

На рисунке 1 представлена общая блок-схема алгоритма работы разработанного программного обеспечения. Как видно из блок-схемы, в данном приложении реализовано хранилище исходных данных, в котором присутствует механизм редактирования данных и возможность импорта исходных параметров из различных источников (например, документы форматов *.xls, *.csv, *.txt).

Ядром разрабатываемого программного обеспечения является математическая модель для расчета и оценки доз ионизирующих излучений на человека по выбранному возможному поведенческому сценарию. Для упрощения интерпретации результатов расчетов доз ионизирующих излучений в приложении реализована возможность построения диаграмм. Также в приложении реализованы следующие возможности:

- редактирование информации по радионуклидам, в частности по добавлению и удалению;
- выбор сценария поведения;

- внесение, удаление и просмотр информации по основным параметрам для проведения оценки доз;
- непосредственное выполнение расчета годовой эффективной дозы, просмотр результатов в виде таблиц и диаграмм.

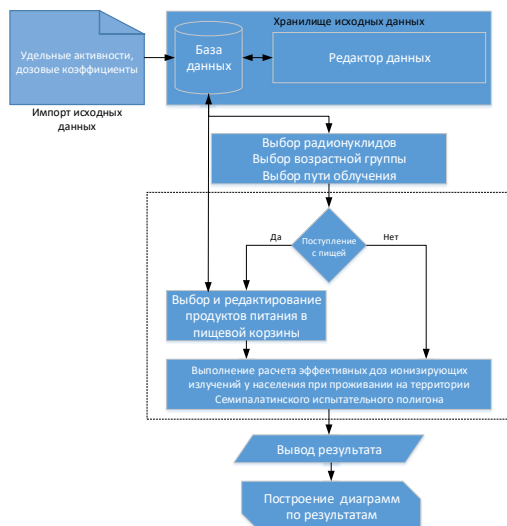


Рисунок 1. Общая блок-схема алгоритма работы программного обеспечения оценки доз

На рисунке 2 представлено начальное окно разработанного программного обеспечения, где отражено его наименование.

Алгоритм формирования возможного поведенческого сценария для оценки воздействия ионизирующего излучения на человека представлен на рисунке 3.

Имеется возможность редактирования всех исходных данных, необходимых для оценки дозовых нагрузок на население, таких как удельная активность радионуклида, дозовые коэффициенты, время облучения, возрастная группа, пути облучения и др.

В случае выбора внутреннего облучения от перорального поступления радионуклидов с пищей, предлагается набор продуктов, которые могут быть выращены и произведены на исследуемой территории. Количество потребляемых продуктов питания для разных возрастных групп (кг/год), по умолчанию выбрано из норм потребления продуктов питания в РК [8].



Рисунок 2. Наименование программного обеспечения

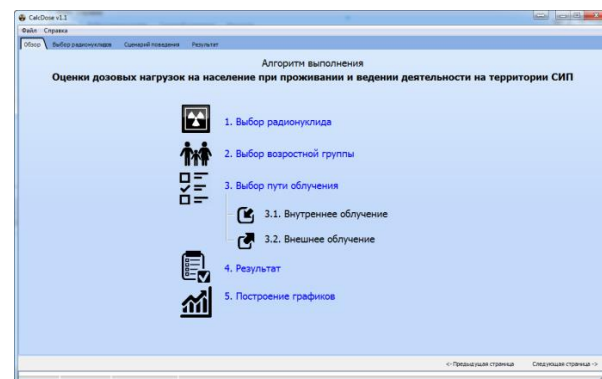


Рисунок 3. Алгоритм работы программного обеспечения

После подготовки всех необходимых данных автоматически выполняется расчет. Результаты выводятся в виде таблицы, с автоматический подсчетом сумм по различным критериям (рисунок 4).

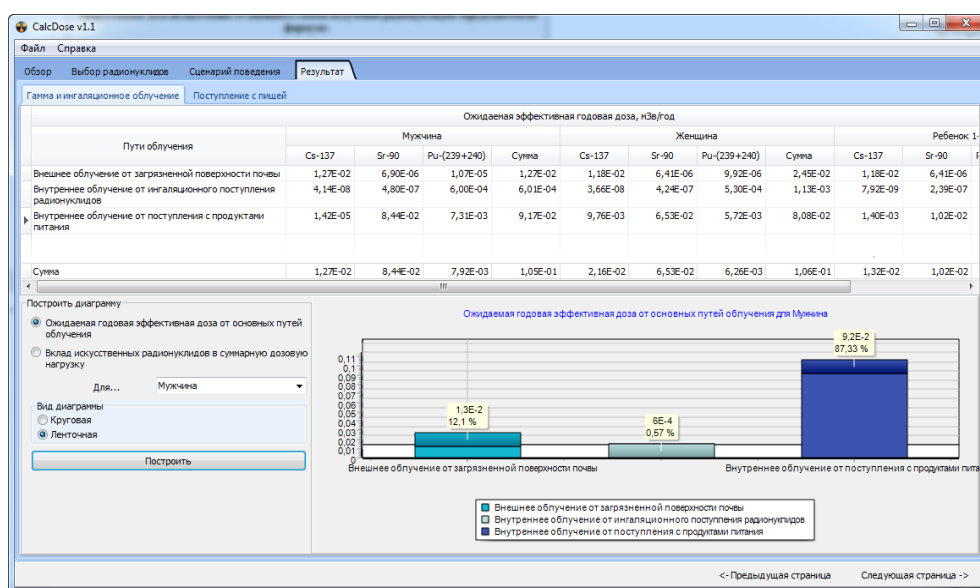
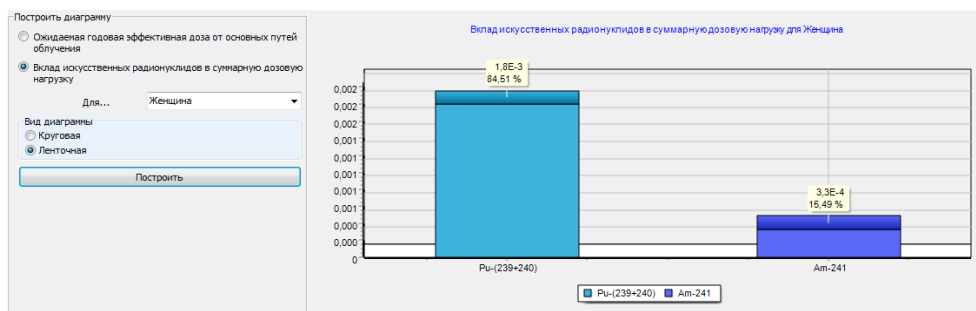


Рисунок 4. Вывод полученных результатов в виде диаграммы



а)



б)

Рисунок 5. Результаты проведенных расчетных оценок в графическом виде

В программном обеспечении помимо вывода результирующей таблицы реализовано формирование диаграмм: «Ожидаемая годовая эффективная доза техногенных радионуклидов от основных путей облучения» и/или «Вклад техногенных радионуклидов в ожидаемую годовую эффективную дозу» по выбранной возрастной группе. Также интерфейс программного обеспечения позволяет выполнить построение 2-х видов диаграмм, «круговая» и «ленточная». Например, для построения диаграммы для «Ожидаемой годовой эффективной дозы от основных путей облучения» больше подходит круговая диаграмма, где хорошо видно вклад основного пути поступления техногенных радионуклидов, а для диаграммы «Вклад техногенных радионуклидов в суммарную дозовую нагрузку» подходит ленточная, так как она более наглядно показывает вклад основных дозообразующих техногенных радионуклидов.

Для защиты программного обеспечения от сбоев при неправильном вводе исходных данных реализован специальный алгоритм, который перед выполнением расчета предупреждает и указывает на возможную ошибку при вводе исходных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработано программное обеспечение для оценки эффективных годовых доз облучения населения в случае проживания и ведения сельскохозяйственной деятельности на территории Семипалатинского испытательного полигона. Данное программное обеспечение учитывает такой поведенческий сценарий, как фермер, ведущий натуральное хозяйство и проживающий с членами своей семьи на исследуемой территории, внешнее облучение от радиоактивно-за-

грязненной поверхности почвы, внутреннее облучение, обусловленное вдыханием и потреблением продуктов питания, выращенных на этой территории. Разработка данного программного обеспечения позволила актуализировать процесс проведения оценки доз облучения на население при проживании и ведении деятельности на территории СИП. Разработанный код можно применять и для других участков, имеющих радиоактивное загрязнение почвенного покрова, так как имеется возможность изменять параметры для каждого пути облучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках научной программы BR21882086 «Разработка устойчивого управления земельными ресурсами и водными объектами на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона».

ЛИТЕРАТУРА

1. Республика Казахстан. Законы. О радиационной безопасности населения: закон № 219: [принят 23 апреля 1998 года: с изменения и дополнениями по состоянию на 25.02.2021 г.]. – РГП на ПХВ «Институт законодательства и правовой информации Республики Казахстан» Министерства юстиции Республики Казахстан, 2012.
2. Министр здравоохранения Республики Казахстан. Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности : приказ от 15 декабря 2020 года № КР ДСМ-275/2020. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021822>
3. Министр здравоохранения Республики Казахстан. Об утверждении гигиенических нормативов к обеспечению радиационной безопасности: приказ от 2 августа 2022 года № КР ДСМ-71. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029012>
4. Топорова, А.В. Обзор методических указаний и рекомендаций по оценке годовой эффективной дозы человека при проживании на радиоактивно загрязненной территории / А.В. Топорова, Ю.В. Бакланова, Ю.Г. Стрильчук, А.Н. Шатров // Вестник НЯЦ РК. – 2021. – Вып. 2. – С. 57–69. <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2021-2-57-69>
5. Мукушева, М. К. Сравнительный анализ программных средств для прогнозирования радиоэкологических последствий штатных и аварийных выбросов АЭС для населения / М.К. Мукушева, С.И. Спиридонов, Р.А. Микаилова, А. В. Топорова // Вестник НЯЦ РК. – 2024. – Вып. 1 (97). – С. 89–95. – Библиогр.: с. 94. <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-1-89-95>
6. Методические указания 2.6.1.2153-06 «Оперативная оценка доз облучения населения при радиоактивном загрязнении территории воздушным путем». – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2007. – 55 с.
7. ICRP, 2012. Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, ICRP Publication No 119 // Ann. ICRP, 2012. – Vol. 41. – 130 p.
8. Министр национальной экономики Республики Казахстан. Об утверждении научно обоснованных физиологических норм потребления продуктов питания: приказ от 9 декабря 2016 года № 503. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014674>
9. Комплексное радиоэкологическое обследование Семипалатинского испытательного полигона: монография / Батырбеков Э.Г., Айдарханов А.О., Витюк В.А. и др.. Курчатова: Институт радиационной безопасности и экологии РГП НЯЦ РК, 2021. 340 с.

REFERENCES

1. Respublika Kazakhstan. Zakony. O radiatsionnoy bezopasnosti naseleniya: zakon № 219: [prinyat 23 aprelya 1998 goda: s izmeneniya i dopolneniyami po sostoyaniyu na 25.02.2021 g.]. – RGP na PKhV «Institut zakonodatel'stva i pravovoy informatsii Respubliki Kazakhstan» Ministerstva yustitsii Respubliki Kazakhstan, 2012.
2. Ministr zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan. Ob utverzhdenii Sanitarnykh pravil «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k obespecheniyu radiatsionnoy bezopasnosti : prikaz ot 15 dekabrya 2020 goda No. KR DSM-275/2020. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021822>
3. Ministr zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan. Ob utverzhdenii gigienicheskikh normativov k obespecheniyu radiatsionnoy bezopasnosti: prikaz ot 2 avgusta 2022 goda No. KR DSM-71. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029012>
4. Toporova, A.V. Obzor metodicheskikh ukazaniy i rekomendatsiy po otsenke godovoy effektivnoy dozy cheloveka pri prozhivanii na radioaktivno zagryaznennoy territorii / A.V. Toporova, Yu.V. Baklanova, Yu.G. Stril'chuk, A.N. Shatrov // Vestnik NYaTs RK. – 2021. – Issue 2. – P. 57–69. <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2021-2-57-69>
5. Mukusheva, M. K. Sravnitel'nyy analiz programmnykh sredstv dlya prognozirovaniya radioekologicheskikh posledstviy shtatnykh i avariynykh vybrosov AES dlya naseleniya / M.K. Mukusheva, S.I. Spiridonov, R.A. Mikailova, A. V. Toporova // Vestnik NYaTs RK. – 2024. – Issue 1 (97). – P. 89–95. – Bibliogr.: p. 94. <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-1-89-95>
6. Metodicheskie ukazaniya 2.6.1.2153-06 «Operativnaya otsenka doz oblucheniya naseleniya pri radioaktivnom zagryaznenii territorii vozdushnym putem». – Moscow: Federal'nyy tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2007. – 55 p.
7. ICRP, 2012. Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, ICRP Publication No. 119 // Ann. ICRP, 2012. – Vol. 41. – 130 p.
8. Ministr natsional'noy ekonomiki Respubliki Kazakhstan. Ob utverzhdenii nauchno obosnovannykh fiziologicheskikh norm potrebleniya produktov pitaniya: prikaz ot 9 dekabrya 2016 goda No. 503. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014674>
9. Kompleksnoe radioekologicheskoe obsledovanie Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona: monografiya / Batyrbekov E.G., Aydarkhanov A.O., Vityuk V.A. i dr.. Kurchatov: Institut radiatsionnoy bezopasnosti i ekologii RGP NYaTs RK, 2021. 340 p.

**СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫНЫҢ АУМАҒЫНДА ТҰРҒАН ЖӘНЕ ҚЫЗМЕТІН
ЖҮРГІЗГЕН ЖАҒДАЙДА ХАЛЫҚҚА ДОЗАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРДІ БАҒАЛАУҒА
АРНАЛҒАН ҚОСЫМШАНЫ ӨЗІРЛЕУ**

А. В. Топорова*, В. Н. Монаенко, Ю. В. Бакланова, Н. В. Ларионова, А. О. Айдарханов

ҚР ҰАО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы, Курчатова, Қазақстан

**Байланыс үшін E-mail: toporova@nnc.kz*

Мақалада «Семей сынақ полигонының аумағында тұру және қызмет жүргізу кезінде халыққа дозалық жүктемелерді бағалау» әзірленген бағдарламалық қамтамасыз ету мүмкіндіктеріне шолу ұсынылған, сондай-ақ полигонның негізгі доза түзуші техногендік радионуклидтерінен (^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^3H) халықтың жеке жылдық тиімді сәулелену дозаларын есептеу алгоритмі келтірілген. Әзірленген бағдарламалық жасақтама қосалқы шаруашылық жүргізетін және зерттелетін аумақта отбасы мүшелерімен бірге тұратын фермер сияқты мінез-құлық сценарийін ескереді. Бағдарламалық жасақтама Windows операциялық жүйесіне арналған және Embarcadero Delphi XE7 Professional платформалық қосымшаларын әзірлеу ортасында объектіге бағытталған бағдарламалау тілінде, Object Pascal-да жүзеге асырылады.

Түйінді сөздер: бағдарламалық қамтамасыз ету, техногендік радионуклидтер, үлестік белсенділік, жылдық тиімді доза, ССП.

**DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR ASSESSING PUBLIC RADIATION EXPOSURE
WHEN LIVING AND CARRYING OUT ANY ACTIVITIES AT THE SEMIPALATINSK TEST SITE**

A. V. Toporova*, V. N. Monayenko, Yu. V. Baklanova, N. V. Larionova, A. O. Aidarkhanov

Branch "Institute of Radiation Safety and Ecology" RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

**E-mail for contacts: toporova@nnc.kz*

The article presents an overview of capabilities of developed software 'Assessment of public radiation exposure when living and carrying out any activities at the Semipalatinsk Test Site' and quoted the algorithm to calculate public individual annual effective exposure doses from the major dose-forming man-made radionuclides at the test site (^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^3H). The software developed takes into account such behavior scenario as a farmer engaged in subsistence farming and living in the study area together with his family members. The software was developed for Windows operating system and implemented in the development framework of cross-platform applications Embarcadero Delphi XE7 Professional in the object-oriented programming language Object Pascal.

Keywords: software, man-made radionuclides, specific activity, annual effective dose, STS.