

Современный статус референтной локации в базовой модели оценки доз внешнего облучения населения, проживающего на радиоактивно загрязненной территории после Чернобыльской аварии

А.Н. Барковский, В.П. Рамзаев

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

В базовой модели, используемой до настоящего времени для оценки эффективной дозы внешнего облучения населения, которое проживает на радиоактивно загрязненной территории, референтной локацией является открытый участок целинной земли. Как показали наши полевые наблюдения, в настоящее время найти референтный истинно целинный участок земли весьма непросто в связи с тем, что на протяжении более чем 30 лет после Чернобыльской аварии многие целинные луга были перепаханы или рекультивированы. Без проведения специальных инструментальных исследований такие луговые площадки легко спутать с участками целинной почвы. Т.е. к настоящему времени, по сравнению с первыми годами после Чернобыльской аварии, ситуация с использованием открытых участков целинной почвы в качестве референтной локации кардинальным образом изменилась, что требует изменения подхода к выбору такой локации для модели и/или некоторому пересмотру структуры самой модели. Во-первых, в качестве референтной локации вместо открытых участков целинной почвы предложено и обосновано использование постоянно культивируемых огородных участков. Вторым путем к разрешению создавшейся трудной ситуации с наличием достаточного количества целинных участков может быть исключение из модели самого понятия «Референтная локация». В этом случае при расчете эффективной дозы внешнего облучения предлагается напрямую использовать значения нормированной на плотность загрязнения мощности дозы гамма-излучения в воздухе, экспериментально определенные в искомый промежуток времени для каждой из учитываемых в модели локаций.

Ключевые слова: внешнее облучение, доза, модель, референтная локация, целина, огород.

Описание проблемы

В базовой модели, используемой до настоящего времени для оценки эффективной дозы внешнего облучения ($E_{эфф}$) населения на радиоактивно загрязненной территории, референтной локацией является открытый целинный участок земли [1, 2]. Мощность дозы гамма-излучения в воздухе на высоте 1 м над поверхностью почвы от техногенного радионуклида ($MД_t$, нГр/ч или нЗв/ч), нормированная на плотность радиоактивного загрязнения почвы этим радионуклидом (A_t , кБк/м²) в референтной локации ($MД_{t-норм}$, (нГр/ч)/(кБк/м²) или (нЗв/ч)/(кБк/м²)), условно принимается за 1. Для количественной характеристики мощности дозы во всех остальных локациях, находящихся внутри населенного пункта (НП) (например, жилой дом, огород, улица) и в его ареале (пахотное поле, лес), используется безразмерная величина «Фактор места» (ФМ), которая равна отношению $MД_{t-норм}$ в выбранной локации к $MД_{t-норм}$ в референтной локации. Вычисление $E_{эфф}$ проводят с учетом ФМ, а также доли времени нахожде-

ния человека в каждой из учитываемых в модели локаций, обозначаемой как «Фактор поведения» (ФП, безразмерная величина) [1, 2].

Значения ФМ не являются постоянными, т.к. под влиянием совокупности природных и антропогенных факторов изменение $MД_t$ со временем в разных локациях происходит с разной скоростью [1]. Так, в период 1998–2012 гг. в Брянской области России среднее значение периода полураспада $MД_t$ на целинных участках почвы, в лесах, на пахотных полях, на огородах, в деревянных жилых домах и покрытых асфальтом улицах составило 16, 16, 21, 22, 17 и 18 лет соответственно [3]. В связи с этим необходимо периодически актуализировать значения ФМ посредством проведения представительных измерений $MД_t$ во всех локациях, учитываемых в модели оценки доз внешнего облучения. Однако с этим на территории Брянской области в последние пару десятилетий возникли проблемы. Как показали наши полевые наблюдения, в настоящее время найти референтный участок истин-

Рамзаев Валерий Павлович

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: V.Ramzaev@mail.ru

но целинной земли весьма непросто в связи с тем, что на протяжении более чем 30 лет после Чернобыльской аварии многие целинные луга были перепаханы или рекультивированы. Без проведения специальных инструментальных исследований такие луговые площадки легко спутать с участками целинной почвы [4]. С аналогичной проблемой столкнулись исследователи [5] при поиске участков целинных земель в Гомельской области Республики Беларусь в 2016–2018 гг.

Т.е. к настоящему времени, по сравнению с первыми годами после Чернобыльской аварии, ситуация с использованием открытых участков целинной почвы в качестве референтной локации кардинальным образом изменилась, что требует изменения подхода к выбору такой локации для модели и/или некоторого пересмотра структуры самой модели.

Предлагаемые пути решения

Одним из возможных решений проблемы может быть использование локации «Огород» в качестве альтернативной референтной локации. Огороды (открытые участки постоянно культивируемой почвы) по ряду своих характеристик вполне соответствуют понятию референтной локации. Такие участки весьма многочисленны не только в сельских НП, но и в городах и поселках городского типа. Как правило, хозяева участков охотно допускают исследователей на свои огороды для проведения измерений; при этом может быть получена информация из первых уст об истории конкретного участка. Огороды расположены в пределах границ НП, и плотность радиоактивного загрязнения почвы на участках имеет строгую географическую привязку к официально установленному среднему значению плотности загрязнения почвы на всей территории НП, чего не скажешь о целинных участках, которые, как правило, находятся на некотором отдалении от НП. Важно и то обстоятельство, что огород находится в пределах жилой зоны НП, где человек проводит основную часть времени.

В дополнение к этим более или менее очевидным качественным характеристикам референтной локации важно иметь представление о статистической неопределенности оценки среднего значения $M_{T-норм}$ в этой локации. Чем меньше вариабельность исходных данных и чем больше объем выборки, тем выше точность оценки среднего. Коэффициент вариации или коэффициент изменчивости выборки (КВ, %), который представляет собой отношение среднеквадратичного отклонения (СКО) к среднему значению, является подходящей мерой для оценки такой неопределенности.

Мы провели сравнение вариабельности (изменчивости) $M_{T-норм}$ для целинных участков почвы и огородов в Брянской области. Источниками информации являлись публикации в реферируемых журналах, посвященные изучению радиационной обстановки в Брянской области после Чернобыльской аварии [1, 6–10]. Определение КВ проводили либо используя уже приведенные в публикациях значения средней величины и СКО, либо на основании вычислений этих параметров по индивидуальным значениям результатов измерений M_T и A_T в выборках. В рассматриваемый период (1996–2021 гг.) в расчет $M_{T-норм}$ принимался ^{137}Cs – единственный радионуклид, который учитывается

в настоящее время при оценке техногенного компонента дозы внешнего облучения населения в Брянской области.

Результаты вычислений КВ $M_{T-норм}$ для обеих локаций представлены в таблице 1, из которой видно, что вариабельность $M_{T-норм}$ на огородах меньше таковой на целинных участках. В определенной мере это объясняется тем, что вертикальное распределение ^{137}Cs на огородах, которое и определяет значение $M_{T-норм}$, носит довольно равномерный вид до глубины 15 см в связи с многократной перекопкой; это распределение достаточно стабильно в зависимости от времени (табл. 2). Измеренные значения M_T на огородах весьма жестко связано с плотностью их поверхностного радиоактивного загрязнения [9], и данный вид радиационного контроля может использоваться для экспрессной оценки плотности радиоактивного загрязнения НП.

В дополнение к меньшей пространственной изменчивости $M_{T-норм}$ огороды, по сравнению с целинными участками, в отдаленном периоде после аварии обладают еще одним преимуществом – меньшей изменчивостью $M_{T-норм}$ в зависимости от времени. По данным [3], в 1998–2012 гг. период полууменьшения M_T на целинных участках, расположенных вне НП и внутри НП, был в среднем равен 16 ± 2 и 15 ± 3 годам соответственно. Для огородов этот показатель был заметно больше – 22 ± 3 года. Это также связано со сложившимся за много лет равномерным вертикальным распределением ^{137}Cs на огородах в пределах верхних 15 см (см. табл. 2). Миграция радионуклида на большую глубину из нижней части вертикального распределения значительно меньше влияет на снижение мощности дозы над поверхностью почвы. Важно также отметить и то, что период полууменьшения M_T для огородов (22 года) близок к таковому для деревянных жилых домов (17 лет), пахотных полей (21 год) и заасфальтированных дворов и улиц (18 лет), что сделает более стабильными факторы места для последних 3 локаций при использовании огородов в качестве референтной локации.

Вторым путем к разрешению создавшейся трудной ситуации с наличием достаточного количества целинных участков может быть исключение из модели эффективной дозы внешнего облучения населения самого понятия «Референтная локация». Ранее в весьма представительном международном исследовании [6] было показано, что для корректной оценки текущей годовой эффективной дозы для населения Брянской области можно напрямую использовать набор значений $M_{T-норм}$ и ФП, экспериментально установленных для необходимого перечня локаций в искомый промежуток времени после Чернобыльской аварии. Отметим, что в Беларуси [11, 12] и Швеции [13] используют модели, в которых при оценке эффективной дозы внешнего облучения населения применительно к Чернобыльской аварии в явном виде также не присутствует понятие «Референтная локация».

Вполне вероятно, что вопросы, которые затронуты в данной дискуссии, станут актуальными в ближайшее время для территории Японии, загрязненной в результате аварии на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. Для оценки доз внешнего облучения населения на этой территории в модели НКДАР ООН [14], которая концептуально основана на «чернобыльской модели» [15], используется референтная локация – участок целинной почвы.

Таблица 1
Коэффициент вариации (КВ) нормированной мощности дозы гамма-излучения в воздухе от ^{137}Cs для локаций «Целина» и «Огород»

[Table 1
Coefficient of variation (CV) of the normalized dose rate of gamma radiation in air from ^{137}Cs for the “virgin land” and “kitchengarden” locations]

Год [Year]	Число участков [Number of plots]	КВ, % [CV, %]	Источник [Reference]
Целина [Virgin land]			
1999	33	26	[1]
1996–2001	38	21	[6]
2010	22	29	[10]
2015–2016	7	22	[7]
Огород [Kitchengarden]			
1996–2001	52	17	[6]
2020	10	7	[8]
2020–2021	92	16	[9]

Таблица 2
Вертикальное распределение относительной удельной активности (ОУА) ^{137}Cs в почве огородов в Брянской области в 1996–2001 гг. [6] и в 2020 г. [8]. ОУА в верхнем 0–5 см слое принята равной 1

[Table 2
Vertical distribution of relative activity concentration (RAC) of ^{137}Cs in soil of kitchengardens in the Bryansk region in 1996–2001 [6] and in 2020 [8]. The RAC in the upper 0–5 cm layer is taken equal to 1]

Глубина [Depth]	ОУА [RAC]	
	1996–2001 гг. (n = 52) [1996–2001 (n = 52)]	2020 г. (n = 10) [2020 (n = 10)]
0–5 см	1,00	1,00
5–10 см	1,00±0,20*	0,97±0,04*
10–15 см	0,98±0,19*	0,96±0,05*
15–20 см	0,73±0,22*	0,85±0,15*

* Средняя±стандартное отклонение [* – mean±standard deviation].

Заключение

Таким образом, в настоящее время существуют незрелые предпосылки для пересмотра статуса референтной локации в модели внешнего облучения населения, которое проживает на территории России, радиоактивно загрязненной в результате Чернобыльской аварии. В качестве референтной локации вместо открытых участков целинной почвы предложено и обосновано использование постоянно культивируемых огородных участков. Эти участки, в отличие от целинных участков местности, находятся в достаточном количестве в черте населенного пункта, однозначно определяются, для них характерна меньшая вариабельность $\text{МД}_{\text{т-норм}}$. В качестве альтернативы при расчете эффективной дозы внешнего облучения предлагается напрямую использовать значения $\text{МД}_{\text{т-норм}}$, экспериментально определенные для каждой из учитываемых в модели локаций.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Барковский А.Н. – концепция, написание рукописи.
Рамзаев В.П. – концепция, анализ литературных данных, редактирование рукописи.

Благодарность

В инициацию данного исследования значительный вклад внес Г.Я. Брук (ныне покойный) – заведующий лабораторией внутреннего облучения ФБУН НИИРГ имени профессора П.В. Рамзаева.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Финансирование работы частично осуществлялось по контракту № 0173100001419000019 с Роспотребнадзором.

Литература

1. Golikov V.Yu., Balonov M.I., Jacob P. External exposure of the population living in areas of Russia contaminated due to the Chernobyl accident // Radiation and Environmental Biophysics. 2002. Vol. 41, No. 10. P. 185–193.
2. Голиков В.Ю. Дозиметрия внешнего облучения населения: сравнение аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-1» // Радиационная гигиена. 2020. Т.13, № 1. С. 27–37.
3. Рамзаев В.П., Барковский А.Н. Динамика уменьшения мощности дозы гамма-излучения в воздухе в сельских

- населенных пунктах Брянской области России в отдаленном периоде после Чернобыльской аварии // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 1. С. 38–46.
4. Рамзаев В.П., Барковский А.Н. Метод идентификации участков целинных почв с помощью портативного гамма-спектрометра-дозиметра // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 2. С. 123–128.
 5. Ramzaev V., Bernhardsson C., Dvornik A. et al. Calculation of the effective external dose rate to a person staying in the resettlement zone of the Vetka district of the Gomel region of Belarus based on *in situ* and *ex situ* assessments in 2016–2018 // Journal of Environmental Radioactivity. 2020. Vol. 214–215. P. 106168.
 6. Ramzaev V., Yonehara H., Hille R. et al. Gamma-dose rates from terrestrial and Chernobyl radionuclides inside and outside settlements in the Bryansk Region, Russia in 1996–2003 // Journal of Environmental Radioactivity. 2006. Vol. 85. P. 205–227.
 7. Рамзаев В.П., Барковский А.Н. Корреляция между расчетными и измеренными значениями мощности дозы гамма-излучения в воздухе в лесах, загрязненных ¹³⁷Cs: отдаленный период после Чернобыльской аварии // Радиационная гигиена. 2019. Т. 12, № 4. С. 37–46.
 8. Рамзаев В.П., Барковский А.Н., Братилова А.А. Валидация метода определения плотности загрязнения почвы ¹³⁷Cs на огородах с использованием портативного спектрометра-дозиметра МКС АТ6101Д *in situ* // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 2. С. 56–65.
 9. Рамзаев В.П., Барковский А.Н., Братилова А.А. Мощность амбиентного эквивалента дозы и плотность загрязнения почвы ¹³⁷Cs на огородах в населенных пунктах Брянской области России в 2020–2021 гг. // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 4. С. 85–95.
 10. Рамзаев В.П., Голиков В.Ю. Сравнение расчетных и измеренных значений мощности кермы в воздухе над почвой, загрязненной ¹³⁷Cs // Радиационная гигиена. 2015. Т. 8, № 4. С. 42–51.
 11. Власова Н.Г. Оценка средней годовой эффективной дозы внешнего облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь для зонирования территории // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. 2018. Т. 20, № 2. С. 25–30.
 12. Эвентова Л.Н., Матарас А.Н., Батян А.Н. и др. Дозы облучения населения Беларуси вследствие аварии на Чернобыльской атомной электростанции на 2021–2025 гг. // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2022. № 4. С. 70–78.
 13. Isaksson M., Tondel M., Wälinder R., Rääf C. Modelling the effective dose to a population from fallout after a nuclear power plant accident—A scenario-based study with mitigating actions // PLoS ONE. 2019. Vol. 14, No. 4. P. e0215081.
 14. UNSCEAR—United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2020/2021 Report. Volume II. Scientific Annex B: Levels and effects of radiation exposure due to the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: implications of information published since the UNSCEAR 2013 Report. United Nations. New York, 2022.
 15. Голиков В.Ю. Верификация модели внешнего облучения населения Японии после аварии на АЭС // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 2. С. 31–40.

Поступила: 06.10.2023 г.

Барковский Анатолий Николаевич – руководитель Федерального радиологического центра, главный научный сотрудник 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

Рамзаев Валерий Павлович – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории внешнего облучения 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: V.Ramzaev@mail.ru

Для цитирования: Барковский А.Н., Рамзаев В.П. Современный статус референтной локации в базовой модели оценки доз внешнего облучения населения, проживающего на радиоактивно загрязненной территории после Чернобыльской аварии // Радиационная гигиена. 2024. Т. 17, № 1. С. 54–59. DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-1-54-59

Current status of reference location in the basic model for assessment of external radiation doses to the population living in radioactively contaminated areas after the Chernobyl accident

Anatoly N. Barkovsky, Valery P. Ramzaev

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

An open plot of virgin land is the reference location in the basic model used to date to estimate the effective dose of external exposure to the population living in a radioactively contaminated area. As our field observations in the Bryansk region of Russia have shown, at present it is very difficult to find truly reference plots of virgin land due to the fact that many virgin meadows were plowed or reclaimed for more than 30 years after the Chernobyl accident. Without special instrumental survey, such disturbed meadow areas can easily be confused with areas of virgin soil. Therefore, the situation with the use of open areas of virgin soil as the reference location has changed dramatically since the first years after the Chernobyl accident. It requires a change in the approach to choosing such a location for the model and/or some revision of the structure of the model itself. Firstly, we propose and justify the use of a permanently cultivated kitchen garden plot as the reference location. The second way to resolve the current difficult situation with the presence of a sufficient number of the virgin soil sites could be excluding the very concept of “reference location” from the model. In this case, when calculating the effective dose of external radiation, it is proposed to directly use the values of the gamma radiation dose rate in the air normalized to the ^{137}Cs contamination density of soil. The values of the normalized dose rate should be experimentally determined in the required time period for each of the locations taken into account in the model.

Key words: external radiation, effective dose, model, reference location, virgin soil, kitchen garden.

Authors' personal contribution

Barkovsky A.N. – conceptualization, writing the manuscript.

Ramzaev V.P. – conceptualization, analysis of literature data, editing the manuscript.

Acknowledgements

A significant contribution to the initiation of this research was made by G.Ya. Bruk (now deceased), Head of the Laboratory of Internal Exposure at Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Sources of funding

The work was partially financed under contract No. 0173100001419000019 with Rospotrebnadzor.

References

- Golikov VYu, Balonov MI, Jacob P. External exposure of the population living in areas of Russia contaminated due to the Chernobyl accident. *Radiation and Environmental Biophysics*. 2002;41(10): 185–193.
- Golikov VYu. Dosimetry of external population exposure: a comparison of the Chernobyl and Fukushima accidents. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020;13(1): 27–37. (In Russian).
- Ramzaev VP, Barkovsky AN. Dynamics of decrease of the gamma dose rate in air in rural settlements of the Bryansk region (Russia) in the remote period after the Chernobyl accident. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020;13(1): 38–46. (In Russian).
- Ramzaev VP, Barkovsky AN. Method for identifying areas of virgin soils using a portable gamma-spectrometer-dosimeter. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020;13(2): 123–128. (In Russian).
- Ramzaev V, Bernhardsson C, Dvornik A, Barkovsky A, Vodovatov A, Jönsson M, et al. Calculation of the effective external dose rate to a person staying in the resettlement zone of the Vetka district of the Gomel region of Belarus based on *in situ* and *ex situ* assessments in 2016–2018. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2020;214–215: 106168.
- Ramzaev V, Yonehara H, Hille R, Barkovsky A, Mishine A, Sahoo SK, et al. Gamma-dose rates from terrestrial and Chernobyl radionuclides inside and outside settlements in the Bryansk Region, Russia in 1996–2003. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2006;85: 205–227.
- Ramzaev VP, Barkovsky AN. Correlation between calculated and measured values of gamma dose rate in air in forests contaminated with ^{137}Cs : the remote period after the Chernobyl accident. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2019;12(4): 37–46. (In Russian).
- Ramzaev VP, Barkovsky AN, Bratilova AA. Validation of a method for *in situ* determination of ^{137}Cs soil contamination density in kitchen gardens using the portable spectrometer-dosimeter MKS AT6101D. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021;14(2): 56–65. (In Russian).

Valery P. Ramzaev

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

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia. E-mail: V.Ramzaev@mail.ru

9. Ramzaev VP, Barkovsky AN, Bratilova AA. Ambient dose equivalent rate and soil contamination density with ¹³⁷Cs in kitchen gardens in settlements of the Bryansk region, Russia in 2020–2021. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021;14(4): 85–95. (In Russian).
10. Ramzaev VP, Golikov VYu. A comparison of measured and calculated values of air kerma rates from ¹³⁷Cs in soil. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2015;8(4): 42–51. (In Russian).
11. Vlasova NG. Assessment of the average annual effective external exposure doses of the settlements of the Republic of Belarus for territory zoning. *Mediko-Biologicheskiye Problemy Zhiznedeyatel'nosti = Medical and Biological Problems of Life Activity*. 2018; 20(2): 25–30. (In Russian).
12. Eventova LN, Mataras AN, Batyan AN, Vlasova NG, Visenberg YuV. Exposure doses to the population of Belarus from the Chernobyl accident in 2021–2025. *Zhurnal Belorusskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Ekologiya = Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2022;(4): 70–78. (In Russian).
13. Isaksson M, Tondel M, Wälinder R, Rääf C. Modelling the effective dose to a population from fallout after a nuclear power plant accident—A scenario-based study with mitigating actions. *PLoS ONE*. 2019;14(4): e0215081.
14. UNSCEAR—United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2020/2021 Report. Volume II. Scientific Annex B: Levels and effects of radiation exposure due to the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: implications of information published since the UNSCEAR 2013 Report. United Nations. New York; 2022.
15. Golikov VYu. Verification of model of external population exposure in Japan after the accident at the “Fukushima-1” NPP. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020;13(2): 31–40. (In Russian).

Received: October 06, 2023

Anatoly N. Barkovsky – Head of the Federal Radiological Centre, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

For correspondence: Valery P. Ramzaev – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of External Exposure, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia. E-mail: V.Ramzaev@mail.ru)

For citation: Barkovsky A.N., Ramzaev V.P. Current status of reference location in the basic model for assessment of external radiation doses to the population living in radioactively contaminated areas after the Chernobyl accident. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2024. Vol. 17, No. 1. P. 54-59. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-1-54-59