

О. А. Стаховская<sup>1</sup>, В. Ч. Можейко<sup>2</sup>, И. Н. Мороз<sup>1</sup>, А. Н. Стожаров<sup>1</sup>

## РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ <sup>131</sup>I В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС

УО «Белорусский государственный медицинский университет»<sup>1</sup>,  
УЗ «Островецкая центральная районная клиническая больница»<sup>2</sup>

---

Целью настоящего исследования являлась оценка планируемых выбросов <sup>131</sup>I при работе Белорусской АЭС и оценка формируемых им индивидуальных и коллективных годовых эффективных доз облучения у населения Островецкого района Гродненской области, постоянно проживающего в пределах зоны наблюдения АЭС. В работе использовалась методология Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН), опубликованная в 2017 г. Показано, что при работе в режиме штатной эксплуатации Белорусской АЭС и не превышении предельного годового выброса для газовой и аэрозольной формы изотопа <sup>131</sup>I, индивидуальные годовые эффективные дозы у постоянно проживающих в населенных пунктах Островецкого района, расположенных в зоне наблюдения Белорусской АЭС, будут формироваться в основном за счет внутреннего облучения при пероральном поступлении изотопа <sup>131</sup>I с молоком и молочными продуктами в пределах 0,23 мкЗв, что значительно меньше минимально значимой дозы облучения, что с учетом особенностей изотопа <sup>131</sup>I не исключает необходимости в ходе нормальной эксплуатации электростанции проведения радиационно-гигиенического мониторинга и оценки состояния здоровья населения, проживающего на рассматриваемой территории.

**Ключевые слова:** радиоактивные выбросы, атомная электростанция, облучение человека, коллективная доза, радиоактивный йод.

*O. A. Stakhovskaya, V. Ch. Mozheiko, I. N. Moroz, A. N. Stozharov*

**RADIATION-HYGIENIC ASSESSMENT OF EMISSIONS <sup>131</sup>I  
IN THE OBSERVATION AREA OF THE BELARUSIAN  
NUCLEAR POWER PLANT**

*The aim of the study is to estimate the planned emissions of <sup>131</sup>I from the Belarusian NPP, individual and collective annual effective radiation doses for the population of the Ostrovets district of the Grodno region living in the Belarusian NPP observation zone. The study was conducted in accordance with the methodology of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR 2017). Has been established that in case of regular operation of Belarusian NPP and compliance with the annual emission limit for the gas and aerosol form of the isotope <sup>131</sup>I, the individual annual effective doses for residents living in the localities of the Ostrovets district in the Belarusian NPP observation zone will not exceed 0.23 mSv. This value of individual annual effective doses for residents will be formed mainly due to internal radiation, when the <sup>131</sup>I isotope is administered orally with milk and dairy products. This value of individual annual effective doses is significantly less than the minimum significant radiation dose. However, taking into account the characteristics of the <sup>131</sup>I isotope, the need for radiation-hygienic monitoring and health assessment in the territory under consideration during the normal operation of the Belarusian NPP is not excluded.*

**Key words:** radioactive releases, nuclear power plant, human exposure, collective dose, radioactive iodine, health assessment.

Одним из главных вопросов, касающихся строительства и эксплуатации Белорусской атомной электростанции (далее – БелаЭС) является проблема ее влияния на состояние окружающей среды и состояние здоровья населения. Известно, что любая, работающая на ядерном топливе, станция, несмотря на используемые конструктивные и технические элементы, является источником выброса в атмосферу и водную среду радиоактивных элементов, таких как инертные газы, радиоизотопы йода, кобальта, цезия, и др. [1]. При нормальной эксплуатации и нарушении нормальной эксплуатации для реакторов ВВЭР годовой аэрозольный выброс для газовой и аэрозольной формы изотопа <sup>131</sup>I должен соответствовать требованиям «Санитарных правил проектирования и эксплуатации атомных станций» СП АС-03 с учетом рекомендаций европейских энергетических компаний к АЭС с легководными реакторами, и не превышать 18 ГБк [2].

Несложные расчеты показывают, что максимально возможное количество радиоизотопов <sup>131</sup>I образуется в реакторе через 50 дней от начала его работы. Газообразный радиоактивный йод, поступающий с выбросами в атмосферу, оседает на растительный покров либо из сухого воздуха, либо с атмосферными осадками. В биосфере наблюдаются процессы концентрации йода: йод из почвы легко усваивается растениями, далее – растительноядными животными, в связи с чем может наблюдаться высокая концентрация изотопов йода в продуктах питания.

Традиционная форма ведения хозяйства Островецкого района предполагает в том числе производство сельскохозяйственной продукции. Аграрный сек-

тор экономики района представлен пятью сельскохозяйственными организациями, на территории района функционирует 5 фермерских хозяйств. Площадь сельскохозяйственных угодий составляет 51,7 тыс. га, из них пашни – 34,2 тыс. га. Сельское хозяйство района специализируется:

- в растениеводстве на производстве зерна, рапса, сахарной свеклы, картофеля, яблок;
- в животноводстве на производстве молока, мяса крупного рогатого скота и мяса свиней.

За январь – сентябрь 2019 года сельскохозяйственными организациями района произведено 45,1 тыс. т молока, продукция выращивания скота составила 4864 т, в том числе крупного рогатого скота – 3988 т, свиней – 867 т [3].

Таким образом, высокая степень миграции в продукты питания, фактор накопления йода в щитовидной железе и важность ее гормонов для нормального функционирования организма, высокое проникновение через гематоплацентарный барьер и высокая степень накопления в ткани щитовидной железы плода обуславливают актуальность и приоритетность определения дозовых нагрузок, обусловленных инкорпорированием <sup>131</sup>I.

**Цель работы.** Целью настоящего исследования являлась оценка планируемых выбросов <sup>131</sup>I при работе Белорусской АЭС и оценка формируемых им индивидуальных и коллективных годовых эффективных доз облучения у населения Островецкого района Гродненской области, постоянно проживающего в пределах зоны наблюдения БелаЭС.

**Материалы и методы.** Для расчета индивидуальных годовых эффективных доз облучения применя-

лась методология Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН), опубликованная в 2017 г. [4].

Было выделено 112 населенных пунктов с общей численностью постоянно проживающего населения 7094 человека, расположенных от источника выброса на расстоянии в пределах 12,9 км (зона наблюдения). Расчет расстояния от источника выброса до населенных пунктов проводился исходя из координат расположения объектов по формуле расчета сферического расстояния большого круга:

$$\Delta\sigma = \arctan \left\{ \frac{\sqrt{[\cos\phi_2 \sin\Delta\lambda]^2 + [\cos\phi_1 \sin\phi_2 - \sin\phi_1 \cos\phi_2 \cos\Delta\lambda]^2}}{\sin\phi_1 \sin\phi_2 - \cos\phi_1 \cos\phi_2 \cos\Delta\lambda} \right\},$$

где  $\phi_1, \lambda_1; \phi_2, \lambda_2$  – широта и долгота двух точек в радианах;  $\Delta\lambda$  – разница координат по долготе.

Расчетное значение выброса радионуклида  $^{131}\text{I}$  с учетом проектной мощности реакторов Белорусской АЭС было принято эквивалентным предельному годовому выбросу (18 ГБк/год) и составило 571 Бк/сек. В расчетах учитывался непрерывный выброс радионуклида в течение года. В работе оценивали ингаляционный путь воздействия от выбросов  $^{131}\text{I}$ , облучение от иммерсированного в воздухе изотопа  $^{131}\text{I}$ , уровень доз внешнего облучения, а также дозы внутреннего облучения, формирующиеся за счет перорального поступления радионуклида. При расчете доз внутреннего облучения учитывали набор продуктов, характерный для условий проживания местного населения (потребление зерна и зернопродуктов – 85 кг/год, овощей – 146 кг/год, молока и молочных продуктов – 289 кг/год, мяса – 75 кг/год).

Для расчета коллективных доз использовались данные о численности постоянно проживающего населения в населенных пунктах, расположенных в зоне наблюдения Белорусской АЭС по состоянию на январь 2020 г.

**Результаты и обсуждение.** Прогнозируемая активность в воздухе  $^{131}\text{I}$  в кБк/м<sup>3</sup> в населенных пунктах,

расположенных в зоне наблюдения БелАЭС представлена на диаграмме (рисунок 1).

Наибольшая активность изотопа  $^{131}\text{I}$  ожидается в непосредственной близости от источника выброса и в рассматриваемых условиях составит  $0,18 \times 10^{-3}$  Бк/м<sup>3</sup>. Снижение активности в воздухе от границ промышленной площадки до границ зоны наблюдения в 3,8 раза; от источника выброса – в 22 раза.

Ожидаемые индивидуальные годовые эффективные дозы внешнего облучения за счет иммерсии  $^{131}\text{I}$  в воздухе в расчетных условиях будут формироваться на уровне от 0,74 нЗв/год у источника до 0,033 нЗв/год на границе зоны наблюдения (снижение в 22,4 раза) (рисунок 2).

Ожидаемые индивидуальные годовые эффективные дозы внутреннего облучения за счет ингаляции  $^{131}\text{I}$ , которые будут формироваться у населения, постоянно проживающего в населенных пунктах, расположенных в зоне наблюдения Бел АЭС, представлены на рисунке 3.

Ожидаемые индивидуальные годовые эффективные дозы внутреннего облучения за счет перорального поступления  $^{131}\text{I}$  и суммарные индивидуальные годовые эффективные дозы (мкЗв/год), которые будут формироваться у населения, постоянно проживающего в населенных пунктах, расположенных в зоне наблюдения Бел АЭС, представлены на рисунках 4 и 5.

В ходе расчетов выявлено, что суммарная индивидуальная годовая эффективная доза будет формироваться у населения главным образом за счет перорального поступления  $^{131}\text{I}$  с продуктами питания.

При анализе доз внутреннего облучения, формирующихся у населения при употреблении различных пищевых продуктов, выявлено, что основное накопление изотопа  $^{131}\text{I}$  будет наблюдаться в молоке и молочных продуктах, за счет употребления которых и формируется основная дозовая нагрузка за счет перорального поступления  $^{131}\text{I}$  с продуктами питания (рисунок 6).

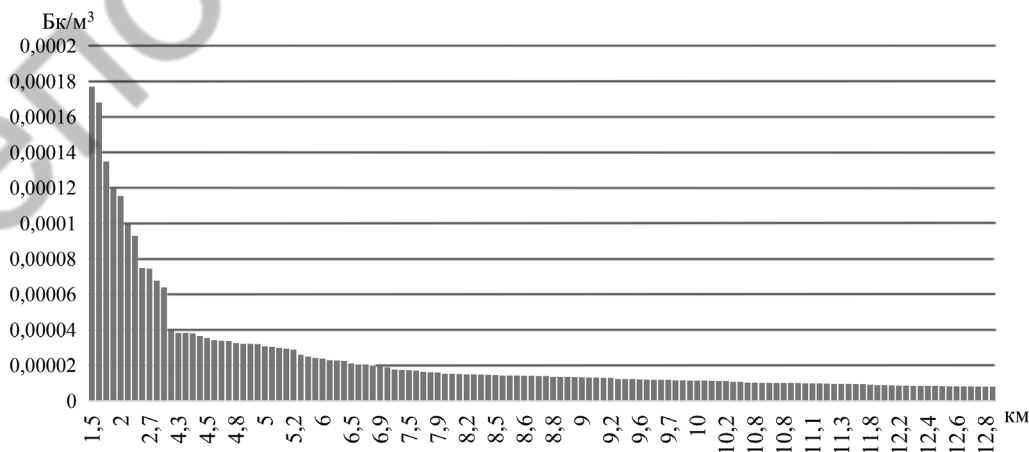


Рисунок 1. Прогнозируемая активность в воздухе  $^{131}\text{I}$  в Бк/м<sup>3</sup> в населенных пунктах, расположенных в зоне наблюдения БелАЭС

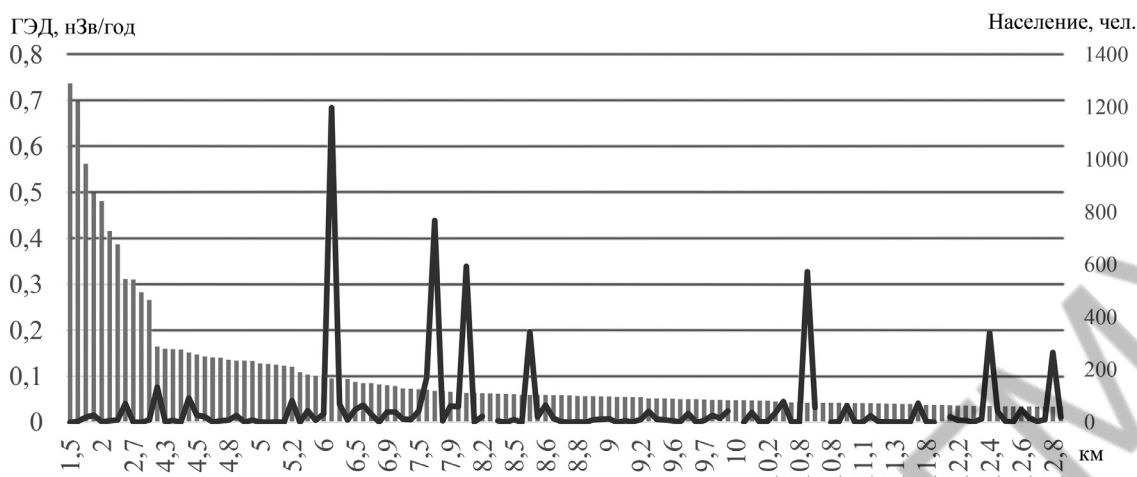


Рисунок 2. Дозы внешнего облучения за счет иммерсии в воздухе  $^{131}\text{I}$  в населенных пунктах, расположенных в зоне наблюдения БелаЭС (нЗв/год) в сопоставлении с численностью постоянно проживающего населения

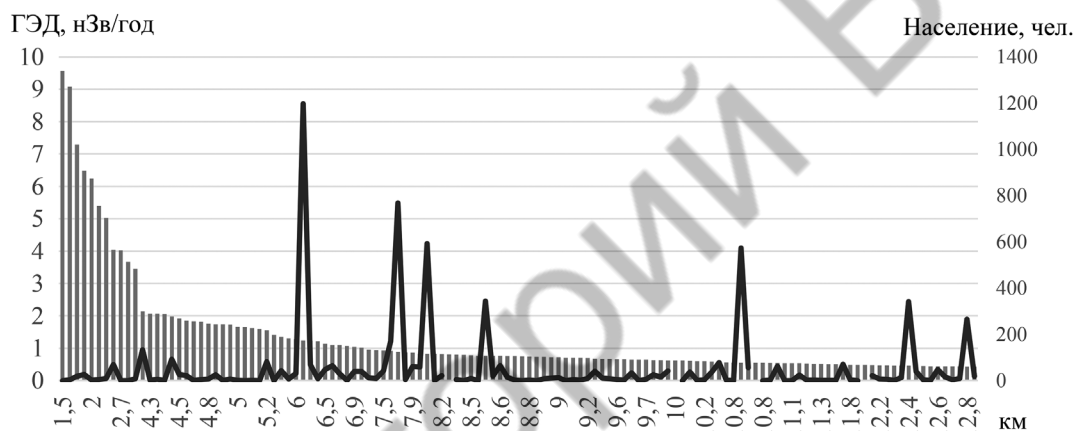


Рисунок 3. Дозы внутреннего облучения за счет ингаляции  $^{131}\text{I}$  в населенных пунктах, расположенных в зоне наблюдения БелаЭС (нЗв/год) в сопоставлении с численностью постоянно проживающего населения

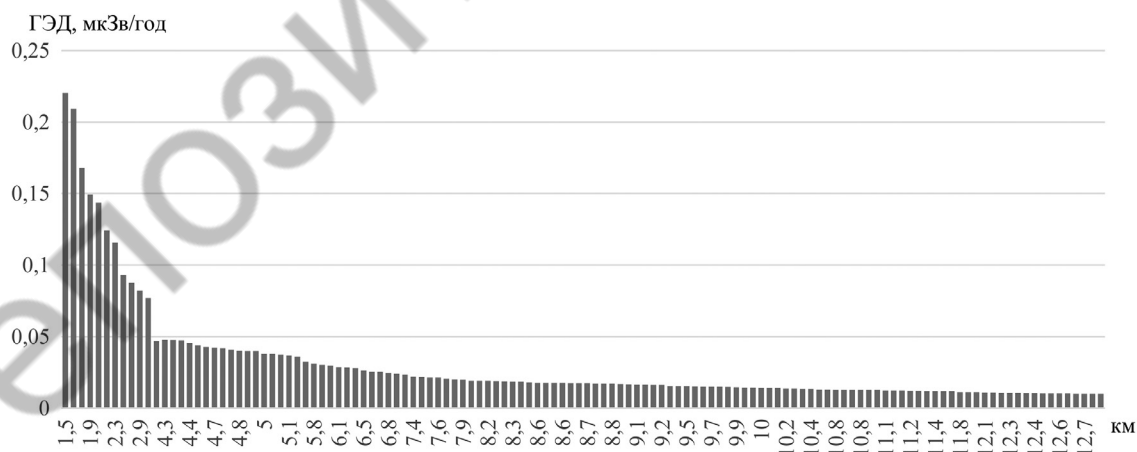


Рисунок 4. Дозы внутреннего облучения за счет перорального поступления  $^{131}\text{I}$  в населенных пунктах, расположенных в зоне наблюдения БелаЭС (мкЗв/год)

Как видно из рисунков, дозовые нагрузки по мере увеличения расстояния от источника выброса прогрессивно снижаются, прослеживается экспоненциальная зависимость снижения активности  $^{131}\text{I}$ , и формирующихся у населения дозовых нагрузок.

Наибольшая индивидуальная годовая эффективная доза (0,23 мкЗв/год) ожидаемо формируется у жителей населенного пункта, наиболее близко расположенного к источнику выброса (хутор Бобровники, деревни Валеюкуны и Шульники), наименьшая

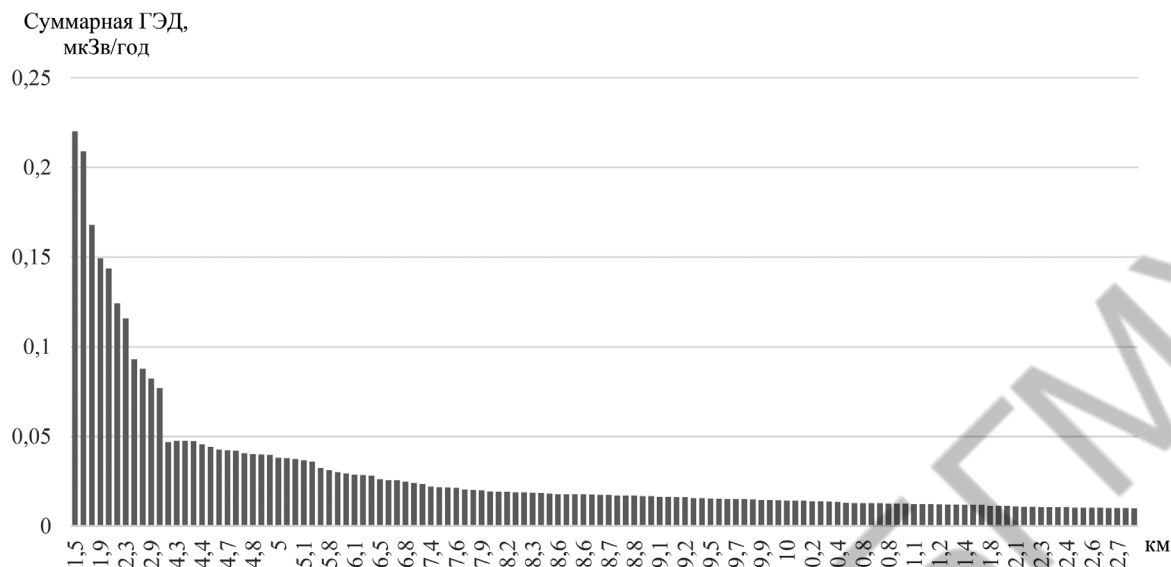


Рисунок 5. Суммарные индивидуальные годовые эффективные дозы (мкЗв/год), которые будут формироваться у населения, постоянно проживающего в населенных пунктах, расположенных в зоне наблюдения Бел АЭС

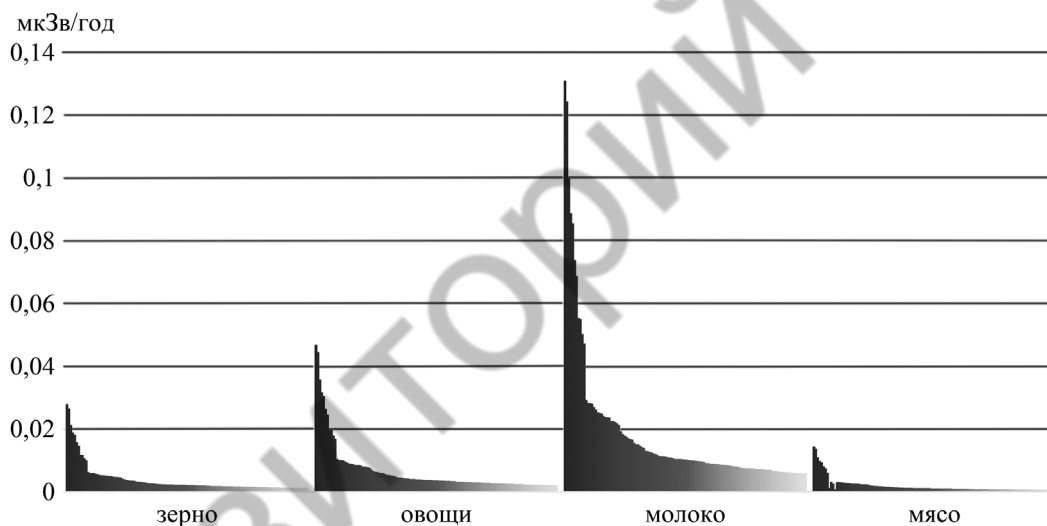


Рисунок 6. Дозы внутреннего облучения за счет перорального поступления  $^{131}\text{I}$  с различными продуктами питания в населенных пунктах, расположенных в зоне наблюдения БелАЭС (мкЗв/год)

доза (0,01 мкЗв/год) – соответственно в населенных пунктах, наиболее удаленных от источника выброса.

Расчет активности различных продуктов питания по  $^{131}\text{I}$  показал, что наибольшая активность  $^{131}\text{I}$  будет накапливаться в молоке и молочных продуктах на территориях, наиболее близко расположенных к источнику выброса и составит 0,21 Бк/кг, и прогрессивно снижаться к границе зоны наблюдения до 0,0094 Бк/кг (в 22 раза).

Максимальная активность зерновых составит 0,04 Бк/кг, овощей – 0,07 Бк/кг, а мяса – 0,023 Бк/кг, что в 5,25, 3 и 9 раз соответственно, ниже активности молока и молочных продуктов (рисунок 7).

Расчет коллективных годовых эффективных доз проводился нами с учетом численности постоянно проживающих в населенных пунктах зоны наблюде-

ния по состоянию на январь 2020 года (рисунок 8). Медиана рассчитанных коллективных годовых эффективных доз составила  $1,23 \times 10^{-6}$  чел-Зв.

Наибольшая коллективная годовая эффективная доза будет формироваться у жителей агрогородка Ворняны Островецкого района, и составит  $35,8 \times 10^{-6}$  чел-Зв, у жителей агрогородка Михаишки ( $16,4 \times 10^{-6}$  чел-Зв) и агрогородка Гервяты ( $11,8 \times 10^{-6}$  чел-Зв).

Таким образом, полученные результаты показали, что при работе Белорусской АЭС в штатном режиме и непревышении предельного годового выброса для газовой и аэрозольной формы изотопа  $^{131}\text{I}$ , установленного требованиями «Санитарных правил проектирования и эксплуатации атомных станций» СП АС-03, индивидуальные годовые эффективные



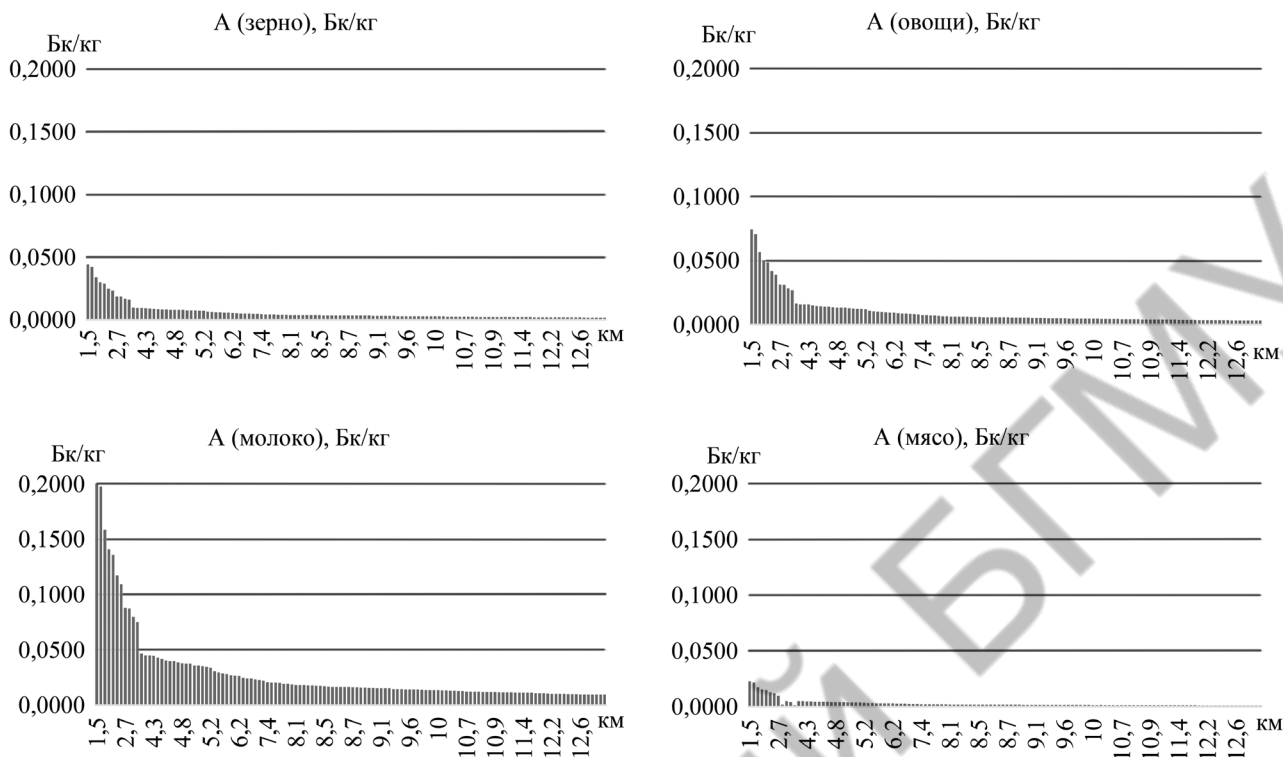


Рисунок 7. Активность <sup>131</sup>I в основных продуктах питания в населенных пунктах, расположенных в зоне наблюдения БелАЭС (Бк/кг)

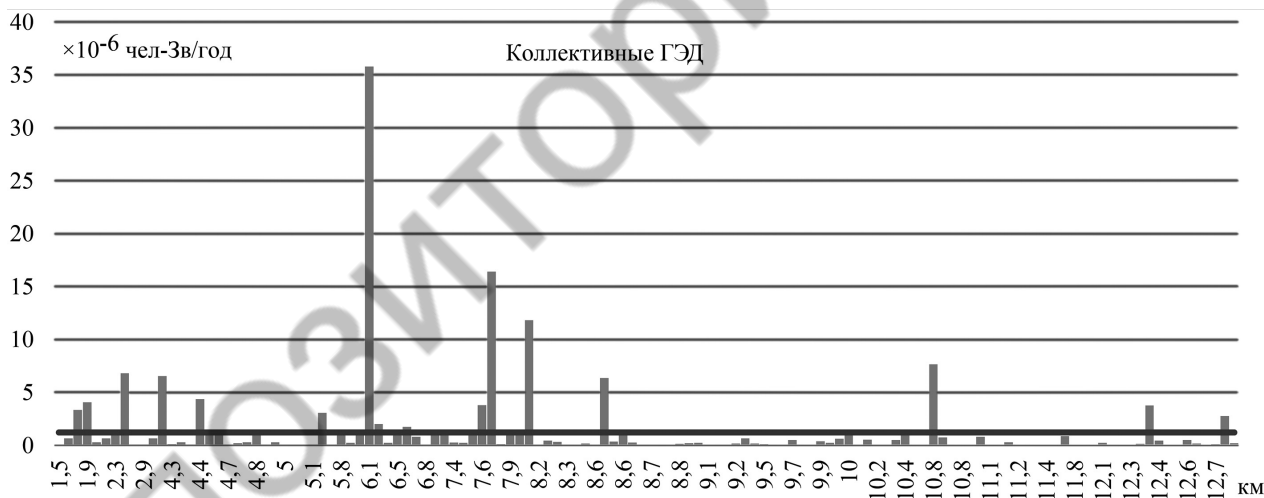


Рисунок 8. Коллективные годовые эффективные дозы ( $\times 10^{-6}$  чел-Зв/год), которые будут формироваться у населения, постоянно проживающего в населенных пунктах, расположенных в зоне наблюдения Бел АЭС

дозы у постоянно проживающих в населенных пунктах Островецкого района, расположенных в зоне наблюдения БелАЭС, будут формироваться в пределах 0,23 мкЗв, что значительно меньше минимально значимой дозы облучения, в основном за счет внутреннего облучения при пероральном поступлении изотопа <sup>131</sup>I с молоком и молочными продуктами.

Наибольшая коллективная годовая эффективная доза будет формироваться у жителей агрогородка Ворняны Островецкого района, и составит  $35,8 \times 10^{-6}$  чел-Зв, у жителей агрогородка Миха-

лишки ( $16,4 \times 10^{-6}$  чел-Зв) и агрогородка Герваты ( $11,8 \times 10^{-6}$  чел-Зв).

При работе Белорусской АЭС в штатном режиме и непревышении предельного годового выброса для газовой и аэрозольной формы изотопа <sup>131</sup>I, установленного требованиями «Санитарных правил проектирования и эксплуатации атомных станций» СП АС-03, расчетное ожидаемое дозовое воздействие проектных выбросов изотопа <sup>131</sup>I на население, постоянно проживающее в зоне наблюдения БелАЭС, не превысит дозовой квоты, что не исключает необ-

ходимости проведения радиационно-гигиенического и социально-гигиенического мониторинга на рассматриваемой территории в ходе нормальной эксплуатации электростанции.

### Литература

1. Стожаров, А. Н. Радиационно-гигиеническая оценка глобальных выбросов Белорусской атомной электростанции / Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Республики Беларусь. Науч.-практ. центр гигиены;

### Оригинальные научные публикации

под общ. ред. Н. П. Жуковой; гл. ред. С. И. Сычик. – Минск: РНМБ, 2018. – Вып. 28. – 200 с., табл.; ил.

2. Оценка воздействия АЭС на окружающую среду: пояснительная записка // Отчет о ОВОС, ч. 8.3. – [Б. м.], 2010. – 532 с.

3. [http://ostrovets.grodno-region.by/ru/selsk\\_xoz-ru/](http://ostrovets.grodno-region.by/ru/selsk_xoz-ru/)

4. *Methodology for estimating human exposures due radioactive discharges: 2016 Report / UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation).* – New York, 2017. – 133 с.

Поступила 10.03.2020 г.