



ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

HUMAN ECOLOGY

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-1-43-56

EDN: BXLGDI

УДК 614.876:004.942

Научная статья / Research article

Опыт изучения последствий аварии на Чернобыльской АЭС в сельском населенном пункте на примере села Новые Бобовичи Новозыбковского района Брянской области

К.В. Гупало-Осадчая^{ID}, С.В. Панченко^{ID}✉

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

✉anch@ibrae.ac.ru

Аннотация. Представлены результаты многолетних исследований радиационной и социально-экономической обстановки в селе Новые Бобовичи, основанные на анализе данных подворных обследований и записей из домовых книг. Миграция ^{137}Cs в населенном пункте, радиоактивно загрязненном после аварии на Чернобыльской АЭС, может быть описана двумя компонентами: в первые 15 лет с периодом полураспада 7,5 года, а в последующие годы с периодом радиоактивного распада – 30 лет. Для селитебных радиоактивно загрязненных территорий на уровне 1 МБк/м² по ^{137}Cs консервативные оценки дозовых нагрузок на различные группы населения показывают, что максимальные дозы внешнего облучения за первые 35 лет после аварии не превышали 100 мЗв.

Ключевые слова: чернобыльские выпадения, подворные обследования, доза внешнего облучения, демография, производство сельхозпродукции

Вклад авторов. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

История статьи: поступила в редакцию 03.09.2024; доработана после рецензирования 10.10.2024; принята к публикации 01.12.2024.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Гупало-Осадчая К.В., Панченко С.В., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Гупало-Осадчая К.В., Панченко С.В. Опыт изучения последствий аварии на Чернобыльской АЭС в сельском населенном пункте на примере села Новые Бобовичи Новозыбковского района Брянской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 1. С. 43–56. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-1-43-56>

Experience in studying the consequences of the Chernobyl accident in a rural settlement: case study of the village of Novye Bobovichi, Novozybkovsky district, the Bryansk region

Ksenia V. Gupalo-Osadchaia^{id}, **Sergey V. Panchenko**^{id}✉

Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
✉anch@ibrae.ac.ru

Abstract. The paper discusses the results of long-term studies of the radiation and socio-economic situation in the village of Novye Bobovichi. The research is based on the analysis of homestead inspections data and records from the house registers. During the first 15 years after emergency contamination the migration of ¹³⁷Cs can be described as an exponent with a half-life (T_{1/2}) of 7,5 years and a life (T) of 30 years during the following period. For residential areas contaminated as a result of the Chernobyl accident at the level of 1 MBq/m² for ¹³⁷Cs, conservative estimates of accumulated doses on various population groups show that maximum external exposure doses for the first 35 years after the accident were no higher than 100 mSv.

Keywords: Chernobyl fallout, homestead inspections, external exposure dose, demography, agricultural production

Authors' contribution. All authors made an equal contribution to the preparation of the publication.

Article history: received 03.09.2024; revised 10.10.2024; accepted 01.12.2024.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Gupalo-Osadchaia KV, Panchenko SV. Experience in studying the consequences of the Chernobyl accident in a rural settlement: case study of the village of Novye Bobovichi, Novozybkovsky district, the Bryansk region. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(1):43–56. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-1-43-56>

Введение

Академик Р.М. Алексахин часто называл аварию на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) в 1986 г. сельскохозяйственной катастрофой, имея в виду то, что основные беды, вызванные последствиями аварии, легли на плечи сельхозпроизводителей и жителей села¹. Трудно не согласиться с мнением авторитетного ученого, наблюдая какие изменения произошли на радиоактивно загрязненных территориях после этой аварии. В первые два года сельчане

¹ Алексахин Р.М., Санжарова Н.И., Фесенко С.В., Спиринов Е.В., Спиридонов С.И., Панов А.В. Чернобыль, сельское хозяйство, окружающая среда // Материалы к 20-й годовщине аварии на Чернобыльской атомной электростанции в 1986 г. Обнинск: ВНИИСПХРАЭ, 2006. 35 с.

мало понимали последствия случившейся катастрофы и поэтому ощущали чувство гнетущего страха. Принимаемые государством меры чаще всего вызвали дополнительную тревожность, а работавшие в отдельных селах командированные специалисты не могли снять ее и успокоить население в должной мере. Эти обстоятельства обусловили первую волну оттока молодежи и специалистов (врачи, учителя, зоотехники и др.), работавших в сельской местности. Примерно через 3 года после аварии, когда вроде бы социальная напряженность начала спадать и жизнь стала входить в привычную колею, по стране мощным валом прокатилась антикоммунистическая кампания, в которой сельские жители невольно оказались основными заложниками. Подготовленное в ходе холодной войны общественное сознание, ориентированное на то, что ядерная угроза самая мощная сила для уничтожения жизни, стало теперь использоваться где-то сознательно, а по большей части и нет, как средство борьбы против коммунистической власти. При этом произошла подмена понятий: пугающая ядерная опасность заменялась радиационной опасностью. Попытки отдельных ученых объяснить разницу между ними были смяты воинствующей группой так называемых демократов, захватившей большую часть средств массовой информации. Вся эта вакханалия вокруг развернувшейся борьбы за власть еще сильнее подорвала экономику страны и больнее всего ударила по селу. В соседней Белоруссии прокатилась вторая волна массовых отселений, задевшая частично и Брянскую область.

Материалы и методы

Несмотря на государственную поддержку территорий, отнесенных к пострадавшим от радиационной аварии, общий упадок производства вкупе с демографическими проблемами подтачивал уклад сложившейся сельской жизни и постепенно разрушал ее. В Новозыбковском районе Брянской области из 120 населенных пунктов (1986 г.) через 15 лет осталось только 60, а численность сельского населения сократилась с 18 424 (1989 г.)² до 10 815 (2022 г.) человек³.

В исследовании рассмотрена ситуация на примере одного населенного пункта Новозыбковского района – село Новые Бобовичи и расположенного в нем коллективного хозяйства – совхоз «Решительный». На рис. 1 представлена динамика численности населения села в период с 01.01.1986 по 01.01.2023 г. по записям в домовых книгах.

² Всесоюзная перепись населения 1989 г. Численность населения СССР, РСФСР и ее территориальных единиц по полу. URL: https://www.demoscope.ru/weekly/ssp/rus89_reg1.php (дата обращения: 25.07.2024).

³ Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2022 года // Федеральная служба государственной статистики (Статистический бюллетень). Москва, 2022. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения: 25.07.2024).

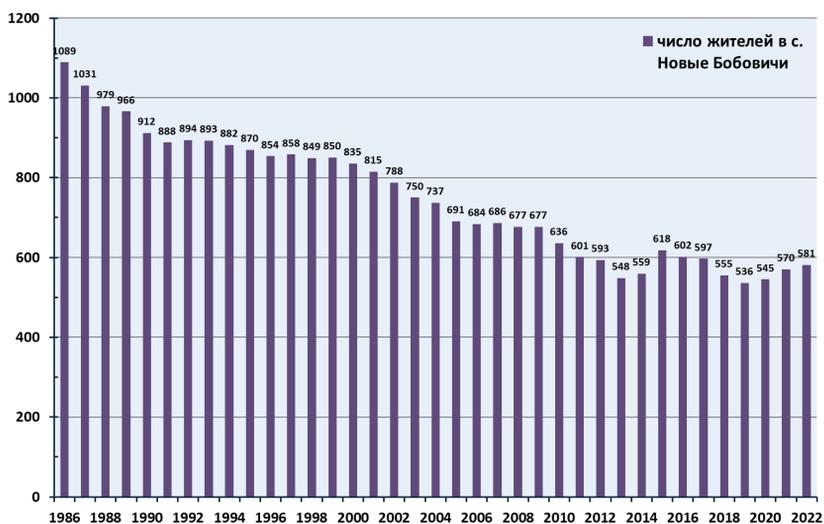


Рис. 1. Число официально зарегистрированных жителей села Новые Бобовичи в 1986–2022 гг.

Источник: составлено К.В. Гупало-Осадчей, С.В. Панченко.

Спад производства и ухудшение жизненных условий населения происходили не только в Новозыбковском районе, но и в целом по стране. Для сельчан отдельных хозяйств, расположенных на радиоактивно загрязненных территориях, на короткий период начала 90-х гг. XX в. отмечалось даже некоторое улучшение ситуации, связанное с государственной поддержкой загрязненных районов. В этот период за счет поступления удобрений и сельскохозяйственной техники выросла урожайность зерновых, увеличились надой и общее производство молока (рис. 2, 3). Однако этот всплеск был недолгим – развал СССР, общий экономический спад, пожалуй, резче всего отразились на сельскохозяйственном производителе. Начался период резкого снижения качества жизни на бедных землях Новозыбковского района, усугубленный демографическими проблемами. Сказался отток молодежи и квалифицированных кадров в период 1986–1988 гг. и в 1990 г., который из-за отсутствия значимых перспектив не завершился и по настоящее время.

Если общий надой молока в хозяйстве составлял в 1991 г. 2 209 т, то в 2000 г. он снизился до 891 т, в 2010 – до 360 т, в 2020 – до 135 т, а в 2021 – до 63 т, т.е. за 30 лет производство молока сократилось в 35 раз.

В 1986 г. в селе в частных хозяйствах было 248 дойных коров, из которых в 1990 г. осталась только одна корова. В 2022 г. только в одном частном хозяйстве было 7 коров, молочные продукты, производимые в этом хозяйстве, шли в основном на нужды отдельных сельчан. Остальные жители пользовались покупными молочными продуктами.

Опыт прошедших лет показал, что наиболее масштабные последствия аварии проявились не в радиологической, а в социально-экономической сфере. Подтверждением этому служат рекомендации, сформулированные в

докладе миссии ООН «Гуманитарные последствия аварии на Чернобыльской АЭС: стратегия реабилитации»⁴, и выводы Чернобыльского форума, представленные на заключительной конференции 6–7 сентября 2006 г. в Вене [1]. Чернобыльский форум подчеркивает необходимость поставить экономическое развитие, направленное на экономическую и социальную жизнеспособность территорий, затронутых аварией, основой стратегии преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС в среднесрочном и долгосрочном плане.

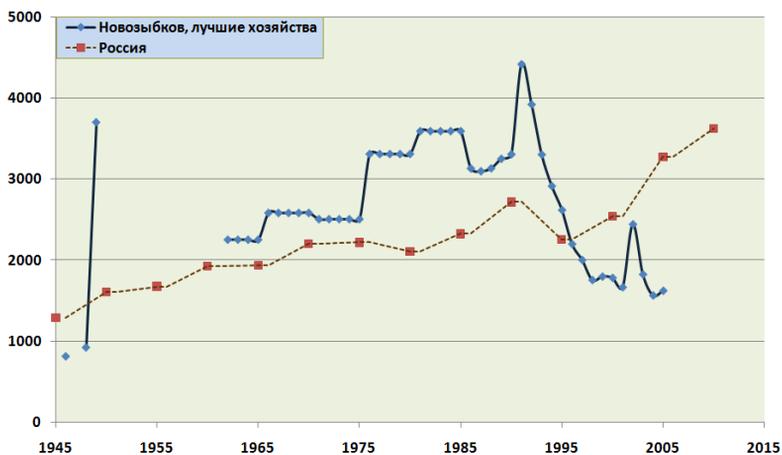


Рис. 2. Динамика надоев молока на одну корову в лучших хозяйствах Новозыбковского района: «Волна революции» (1945–1985 гг.) и Решительный» (1986–2010 гг.) в сравнении со средними данными по РФ

Источник: составлено К.В. Гупало-Осадчей, С.В. Панченко.

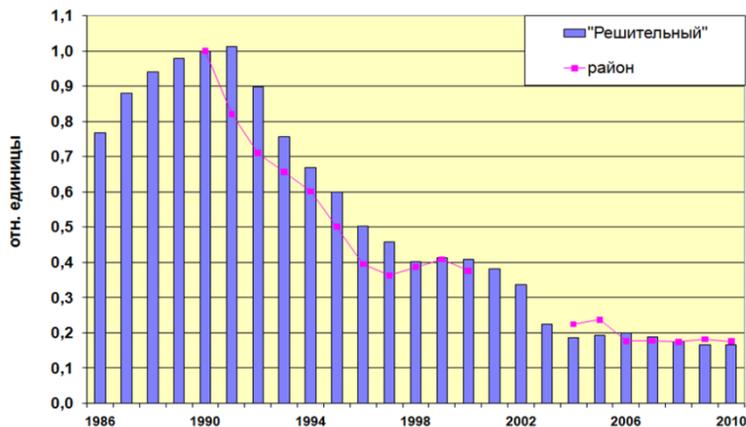


Рис. 3. Динамика производства молока в коллективном хозяйстве «Решительный» (в селе Новые Бобовичи) и в Новозыбковском районе Брянской области в 1986–2010 гг.

Источник: «Чернобыль» четверть века спустя: статистический сборник. Федер. служба гос. статистики (Росстат), Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Брянской области / ред. кол.: Н.А. Муратова (пред.) и др. Брянск : Брянскстат, 2011. 175 с.

⁴ Гуманитарные последствия аварии на Чернобыльской АЭС. Стратегия реабилитации: отчет, подготовленный по поручению ПРООН и ЮНИСЕФ при поддержке УКГД ООН и ВОЗ. Минск : Юнипак, 2002. 75 с.

Важно, что этот подход основан не только на мнении международных экспертов и правительств трех стран (Беларуси, России, Украины), наиболее затронутых аварией на ЧАЭС, он отвечал также насущным проблемам и заботам самих жителей⁵. Однако положение дел после подобных рекомендаций и отдельных предпринятых усилий кардинально не изменилось. Вопрос о перспективах и даже о дальнейшем существовании населенного пункта по-прежнему крайне актуален.

Независимо от изложенного хода событий, оценка полученных доз облучения населения, проживающего на наиболее радиоактивно загрязненных территориях и сохранивших сложившийся уклад жизни, наряду с другими показателями представляет несомненный как научный, так и социальный интерес. В настоящей работе рассматриваются итоги многолетних подворных обследований хозяйств села Новые Бобовичи в части оценок доз внешнего облучения. Основу этих исследований составили измеренные в период 1986–2022 гг. параметры радиационной обстановки, а также различные сведения о жителях села, полученные на основании записей в домовых книгах.

Радиационная обстановка и подворные обследования в селе Новые Бобовичи

Изучение радиационной обстановки, сложившейся в с. Новые Бобовичи в связи с радиоактивными выпадениями при аварии на ЧАЭС, началось с измерения уровней загрязнения обобщенного молока с совхозной фермы 12 мая 1986 г. Однако в какой-то степени благодаря случайности в районе Опытной станции (филиал Всероссийского института удобрений и агропочвоведения) в городе Новозыбкове, которые могут рассматриваться как населенные пункты «одной судьбы», были выполнены первые измерения мощности экспозиционной дозы на следующий день после радиоактивных выпадений, сформировавших загрязнение рассматриваемой территории в результате сильных осадков вечером 28 апреля 1986 г. Последующие измерения мощности дозы, выполненные до конца мая, показали быстрый спад за счет распада короткоживущих радионуклидов (рис. 4).

Расчетные значения мощности дозы в г. Новозыбкове были выполнены с использованием результатов кластерного анализа при реконструкции радионуклидного состава выпадений в Гомельской (северо-восточная часть), Могилевской (юго-восточная часть) и Брянской (западная часть) областях⁶ (табл. 1).

⁵ Герасимова Н.В., Абалкина И.Л., Марченко Т.А., Панченко С.В., Симонов А.В. Социально-экономические последствия чернобыльской аварии (на примере Брянской области). Москва : Комтехпринт, 2006. 32 с.

⁶ Панченко С.В., Савкин М.Н., Шутков В.Н. Радиационно-гигиеническая обстановка и дозы облучения населения. Препринт № ИБРАЕ-1997-10, ИБРАЭ РАН. Москва, 1997. 19 с. URL: <https://ibrae.ac.ru/docs/109/9710.pdf> (дата обращения: 25.07.2024).

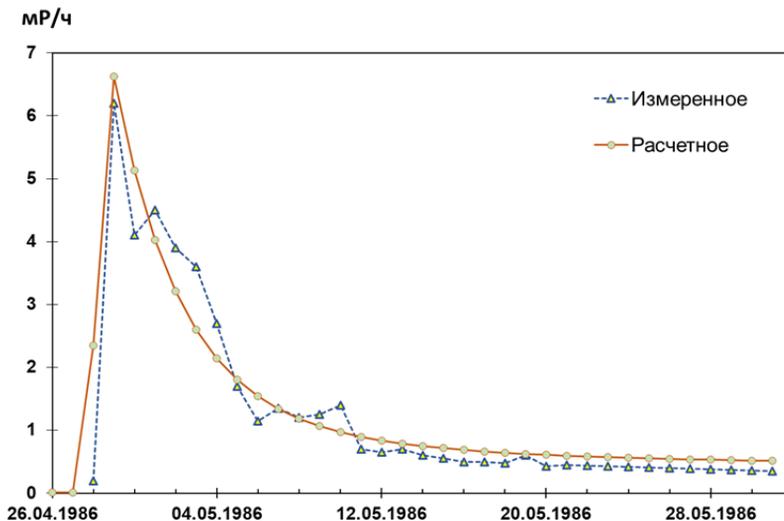


Рис. 4. Измеренные и расчетные значения мощности экспозиционной дозы в г. Новозыбкове в апреле-мае 1986 г.

Источник: составлено К.В. Гупало-Осадчей, С.В. Панченко.

Уровни выпадений ^{137}Cs в г. Новозыбкове (697 кБк/м^2) и на Опытной станции ($1\ 050 \text{ кБк/м}^2$) заметно превышали 370 кБк/м^2 , исходя из этого был реконструирован радионуклидный состав выпадений, характерный для данной местности, по которому с использованием коэффициентов из работы [2] для ранних выпадений была оценена мощность экспозиционной дозы в г. Новозыбкове. Можно с большой уверенностью предполагать, что параметры радиационной обстановки в с. Новые Бобовичи были подобны ситуации в г. Новозыбкове, что позволяет оценивать мощность дозы исходя из пропорции выпадений ^{137}Cs на этих территориях.

Таблица 1. Соотношение ряда радионуклидов в выпадениях на территории Могилевской области (восточная часть) Гомельской области (северо-восточная часть) и Красногорского района Брянской области (в пересчете на 26.04.1986)

Плотность загрязнения по ^{137}Cs , кБк/м^2	Могилевская область (восточная часть)	Гомельская область (северо-восточная часть)	Красногорский район Брянской области
	$^{131}\text{I} / ^{137}\text{Cs}$	$^{95}\text{Zr} / ^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr} / ^{137}\text{Cs}$
18	38,2	0,71	0,3
115	12,8	0,16	0,05
370	10,5	0,09	0,022
1580	7,6	0,04	0,013

Источник: составлено С.В. Панченко по [7].

Ранее было показано, что начальное выпадение ^{137}Cs составило [3]:

- на территорию села Новые Бобовичи $1095 \pm 261 \text{ кБк/м}^2$;
- на сельскохозяйственные угодья вокруг $1100 \pm 378 \text{ кБк/м}^2$;
- на близлежащие леса $1920 \pm 310 \text{ кБк/м}^2$.

Таким образом, сразу после выпадения осадков средний гамма-фон в Новых Бобовичах (на открытой местности на высоте 1 м от поверхности земли) составлял около 13 мР/ч .

Более подробно различные аспекты, связанные с формированием и эволюцией параметров радиационной обстановки, были рассмотрены в работах⁷ и [2].

Материалы и методы

На данном этапе исследования оценивались индивидуальные дозы внешнего облучения для 984 жителей (432 мужчины и 552 женщины) села Новые Бобовичи Новозыбковского района Брянской области, которые проживали в селе в период аварии на ЧАЭС и не уехали в первые годы после аварии. К середине 2023 г. из числа старожилов умерло 499 человек (233 мужчины и 263 женщины). Средний возраст смерти для мужчин составил 65 лет, а для женщин – 79 лет.

В основу расчетов дозы внешнего облучения были положены результаты, полученные в предшествующих подворных обследованиях [3], а также новые измерения мощности дозы, выполненные в июле 2022 г. при подворных обследованиях. Все обследования для сохранения подобия проводили в соответствии с методическими рекомендациями по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах 1990 г.⁸

В 2022 г. для измерения мощности дозы на местности и в помещениях использовались следующие поверенные приборы Центра научно-технической поддержки (ЦНТП) ИБРАЭ РАН⁹:

- ДКГ-02У «Арбитр» в данном исследовании использовался для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы в локальных точках;
- дозиметр индивидуальный ДКГ-PM1610 использовался как резервный для маршрутной записи мощности эквивалента дозы непрерывного γ -излучения у каждого из участников экспедиции;
- МКС-АТ6101 применялся для маршрутной гамма-съемки.

Кроме того, каждый исследователь имел прикрепленный к поясу дозиметр «Polymaster», который непрерывно записывал в файлы мощность дозы с интервалом усреднения в 180 с.

Все приборы измеряют мощность амбиентного эквивалента дозы. Наименьшие фактически фоновые значения мощности дозы в интервале от 0,08 до 0,22 мкЗв/ч регистрировались в центре асфальтовых дорог. В этом же дозовом диапазоне были результаты измерений в домах как кирпичных, так и деревянных. Наибольшие значения отмечались над участками ненарушенной

⁷ Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях : сб. материалов юбилейной X Российской научной конференции, 22–25 сентября 2015 г., Москва – Обнинск / под общ. ред. Л. А. Большова. Москва : САМ Полиграфист, 2015. 142 с. URL: <https://ibrae.ac.ru/pubtext/108/> (дата обращения: 25.07.2024).

⁸ Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах. 1990. URL: https://www.feerc.ru/radsafety/archive/PDF_archive/radmonitdocs/histordocs/polozh_metod_ukaz/nasPointsObstan.pdf (дата обращения: 25.07.2024).

⁹ Центр научно-технической поддержки (ЦНТП) ИБРАЭ РАН URL: <https://ibrae.ac.ru/contents/89/> (дата обращения: 25.07.2024)

поверхности почвы. Результаты измерений мощности дозы в локальных точках приведены в табл. 2.

Таблица 2. Средние значения мощности дозы в характерных точках села Новые Бобовичи в июле 2022 г., мкЗв/ч

Тип поверхности	Число измерений	Средняя мощность дозы, мкЗв/ч
Невозмущенная поверхность	12	0,43±0,02
Травяной покров от дороги до участка	261	0,28±0,01
Скамейка у ворот (дома)	96	0,25±0,003
Грунт на улице и во дворах	16	0,27±0,01
Асфальт	87	0,15±0,01
Огород	67	0,31±0,01
Сад	27	0,30±0,01
Дом деревянный	33	0,12±0,01
Дом кирпичный	18	0,13±0,01

Источник: составлено К.В. Гупало-Осадчей, С.В. Панченко.

В ходе выполнения работ в рамках программы исследований по миграции ^{137}Cs в структуре населенного пункта¹⁰ был предложен параметр $M_{137}(t)$ – отношение средней мощности дозы на высоте 1 м для характерного типа поверхности $P_\gamma(137)$ к плотности интегрального содержания нуклида в почве, рассчитанного на момент измерения мощности дозы – σ_{137} :

$$M_{137}(t) = P_\gamma(137) / \sigma_{137} \left[\frac{\text{нЗв/ч}}{\text{кБк/м}^2} \right], \quad (1)$$

где σ_{137} – рассчитанная плотность загрязнения поверхности ^{137}Cs , кБк/м² в момент измерения мощности дозы; $P_\gamma(137)$ – разность между измеренной мощностью дозы в точке P_γ и фоновым значением этой мощности $P_\gamma(0)$, которое было до аварийного загрязнения: $P_\gamma(137) = P_\gamma - P_\gamma(0)$. В качестве $P_\gamma(0)$ для Новых Бобовичей принималось значение, равное 0,09 мкЗв/ч¹¹.

Для оценки эффективной дозы внешнего облучения (H_{Ex}) в конкретной точке для выбранной профессиональной и возрастной групп можно воспользоваться соотношением

$$H_{Ex} = R_k \cdot \int \dot{D}(t) \cdot dt, \quad (2)$$

где $\dot{D}(t)$ – мощность дозы за год, полученная интерполяцией между измеренными значениями $P_\gamma(137)$ в отдельные годы в период 1990–2023 гг.; R_k – фактор снижения дозы, который для различных групп населения может быть определен как

¹⁰ The French-German Initiative: Results and Their Implication for Man and Environment. CD-диск с основными результатами проектов. Украина, 2004; Панченко С.В., Аракелян А.А., Гаврилина Е.А. Динамика параметров радиационной обстановки в сельском населенном пункте, загрязненном в результате аварии на ЧАЭС в апреле 1986 г. Препринт ИБРАЭ № ИБРАЭ-2014-06. Москва, 2014. 35 с. URL: <https://ibrae.ac.ru/docs/109/2014i06.pdf> (дата обращения: 25.07.2024).

¹¹ Константинов Ю.О. и др. Текущая и ретроспективная оценка и верификация доз внутреннего облучения и внешнего облучения для всех контингентов. Заключительный отчет. СПб., 1992.

$$R_k = \sum_j L_j \cdot p_{kj}, \quad (3)$$

где L_j – фактор места¹²; p_{kj} – фактор занятости k -й группы населения [3]. Для каждой возрастной и профессиональной групп подбираются значения параметра – p_{kj} (табл. 3).

Таблица 3. Время, проведенное различными группами населения в различных локациях, ч/год

Локализация	Группа населения					
	1	2	3	4	5	6
Невозмущенная поверхность			2053	1369		
Травяной покров	1800	1721				
Скамейка						182
Грунт перед домом	885	391	319	684	339	365
Огород			274	456	157	913
Асфальт	600	194			259	
Дом деревянный	5475	5280	6068	6205	5632	7117
Дом кирпичный		1174	46	46	2373	183
Σчасов	8760	8760	8760	8760	8760	8760

Источник: составлено К.В. Гупало-Осадчей, С.В. Панченко.

Выполненный анализ данных из домовых книг с. Новые Бобовичи, а также использование известных зависимостей значений дозовых коэффициентов от возраста жителей [2] позволили выделить шесть основных групп населения.

Группа № 1 – к ней были отнесены дети дошкольного возраста до 7 лет.

Группа № 2 – дети школьного возраста. Дети в возрасте от 7 до 17 лет.

Группа № 3 – люди старше 17 лет, постоянно работающие на улице: пастухи, трактористы, полеводы и др.

Группа № 4 – люди старше 17 лет, которые работают на улице не постоянно, а переменнo.

Группа № 5 – люди старше 17 лет, их образ жизни можно назвать «работа – дом», поскольку 9 ч они тратят на работу в помещении, 2 ч – на дорогу (включая посещения магазинов и других заведений), а остальное время занимают домашние дела.

Группа № 6 – пенсионеры, имеющие также нехарактерный для других групп образ жизни. Было принято, что до 9 ч представители группы проводят на свежем воздухе, занимаясь работами в огороде, общаясь с другими пенсионерами, а оставшееся время проводят дома.

Для референтных представителей каждой группы населения распределение времени жизни в различных локациях представлено в табл. 3.

Для оценки мощности дозы до 1990 г. воспользуемся зависимостью [4]

$$\dot{D}(t) = \sum_i \sigma_i \cdot \Gamma_i(t) \cdot \exp(-\lambda_i t), \quad (4)$$

¹² Гусев Н.Г., Беляев В.А. Радиоактивные выбросы в биосфере : справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Энергоатомиздат, 1991. 256 с.

где σ_i – начальная плотность загрязнения поверхности i -м радионуклидом (кБк/м²); $\Gamma_i(t)$ – коэффициент конверсии от σ_i к мощности дозы \dot{D}_i как функция времени (нЗв/час)/(кБк/м²); λ_i – константа радиоактивного распада i -го радионуклида; t – время после загрязнения.

Коэффициенты конверсии ($\Gamma_i(t)$) для 1986 г. взяты для слоя почвы 3 мм, а для последующих лет (1987–1989) для слоя 5 см из работы [2].

Для оценки доз внешнего облучения после 1990 г. использовался параметр $M_{137}(t)$.

Результаты и их обсуждение

На рис. 5 представлена динамика величины параметра M_{137} для различных локализаций села Новые Бобовичи за весь период наблюдений с учетом данных, полученных в 2022 г. (36 лет после аварии). Точки для первых чисел мая 1986 г. (начальные точки) взяты из справочных изданий.

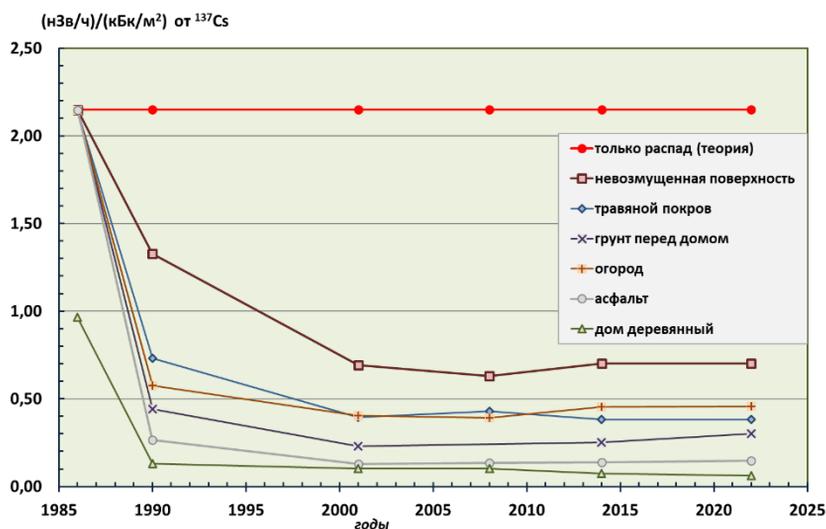


Рис. 5. Изменение величины параметра M_{137} для различных локализаций села Новые Бобовичи, обусловленное миграцией ^{137}Cs , в период 1986–2022 гг.

Источник: составлено К.В. Гупало-Осадчей, С.В. Панченко.

Как видно из графиков (рис. 5), общей характеристикой процессов является фактическое прекращение спада значений параметра M_{137} для всех локализаций после 2001 г. Иными словами, через 15 лет миграция ^{137}Cs , которая влияла на формирование мощности дозы внешнего облучения в населенном пункте в первые годы, фактически прекращается и остается только распад этого изотопа.

Для последующих этапов реконструкции накопленной дозы за счет внешнего облучения имеет значение и абсолютная величина техногенной составляющей для каждой характерной точки локализации. Поэтому динамика этих величин (см. рис. 5) является важным параметром для расчета накопленной дозы облучения жителей населенного пункта.

Для расчета средних годовых дозовых нагрузок для j -го реципиента использовано следующее выражение:

$$D_j = \sum_{i=1}^8 \dot{D}(t) \cdot t_i, \quad (5)$$

где t_i – время, проведенное j -м реципиентом в конкретной точке, в долях года.

В нашем случае определены следующие локальные точки: невозмущенная поверхность (лес), травяной покров, скамейка, грунт перед домом, огород, асфальт, дома деревянные и кирпичные. Для оценки $\dot{D}(t)$ – мощности дозы, которую реципиент может получить, находясь в конкретной точке в рассматриваемый год, будем использовать полученную ранее зависимость, для чего для каждого года расчетное значение $P_{\gamma}(137)$ умножается на $M_{137}(\tau)$, где τ – календарный год. Результаты расчетов представлены на рис. 6.

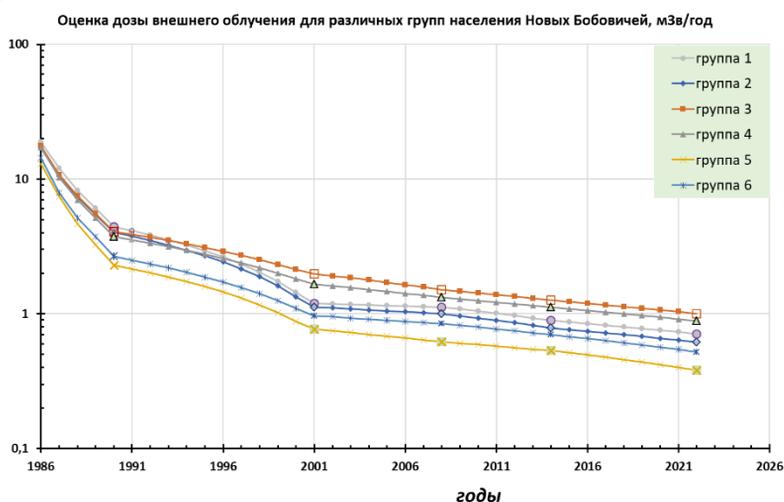


Рис. 6. Реконструкция дозы внешнего облучения, обусловленного ^{137}Cs для 6 референтных групп населения села Новые Бобовичи за период 1986–2022 гг.

Источник: составлено К.В. Гупало-Осадчей, С.В. Панченко.

Интеграл дозы за период 1986–2022 гг. оценивался с учетом того, что лица, входящие в 1986 г. в группу 1, сначала перешли в группу 2, а затем в группу 4. Лица, входящие в группу 2, затем перешли в возрастную группу 4, а лица работающие (группы 3–5) при достижении пенсионного возраста переходили в группу 6 (рис. 6). Результаты расчетов проводили для каждого жителя отдельно с учетом его возраста на момент аварии на ЧАЭС. На графиках рис. 6 приведены усредненные по группам значения годовых доз для тех жителей села, которые прожили безвыездно весь исследуемый период. Такой подход дает численные ориентиры возможных доз внешнего облучения для жителей, относящихся к разным возрастным и социальным группам. Следует отметить определенную консервативность подхода, поскольку практически все жители села в исследуемый период отлучались с рассматриваемой территории на различные промежутки времени. В принципе такой учет частично возможен, поскольку есть записи в домовых книгах, где фиксировались наиболее значимые периоды выезда (служба в армии, учеба,

работа вне села и др.). Однако такая работа была бы уместна при наличии данных медицинских наблюдений за индивидуальным здоровьем сельчан.

Таблица 4. Оценка доз внешнего облучения различных возрастных и профессиональных групп населения села Новые Бобовичи за период 1986–2022 гг. за счет «чернобыльского» ^{137}Cs

Показатель	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	Группа 6
Доза за период 1986–2022 гг., мЗв	99	89	107	97	58	68

Источник: составлено К.В. Гупало-Осадчей, С.В. Панченко.

Выполненные оценки показывают, что различия по полученной дозе внешнего облучения различных групп населения села не превышают двух раз (табл. 4). Дальнейшее увеличение суммарной дозы внешнего облучения с учетом демографических факторов будет весьма незначительным.

Оценка погрешности

Погрешности в оценке индивидуальных доз внешнего облучения населения складываются главным образом не столько из погрешностей измерения радиационных параметров, сколько из неполноты нашего знания о пространственном распределении многих короткоживущих радионуклидов в первый год после загрязнения и соответствующих значений фактора места (L_j) и фактора занятости (p_{kj}). Наше предположение о стабильности радионуклидного состава мокрых выпадений опирается на достаточно убедительные доводы: сравнительно небольшая площадь селитебной зоны (около 2 км²) по сравнению с размерами грозовой тучи и радиоактивного факела; одномоментность основных выпадений (низкий вклад сухих выпадений перед дождем и после него), хорошая однородность выпадений ^{137}Cs . Однако пока оно не имеет экспериментального подтверждения. Еще сложнее ситуация с установлением погрешности для параметров L_j и p_{kj} в случае, когда мы имеем дело с индивидуальной оценкой дозы. Для первого года обосновать количественную величину погрешности можно лишь экспертным путем, и именно эта погрешность во многом будет влиять на оценку погрешности накопленной дозы.

Выводы

Многолетние наблюдения за параметрами радиационной обстановки в сельском населенном пункте показали, что миграция ^{137}Cs в населенном пункте в первые 15 лет после аварийного загрязнения шла довольно активно и может быть описана экспонентной с периодом в 7,5 года. Однако затем роль миграционной составляющей в формировании дозы внешнего облучения фактически стала незаметной на фоне распада ^{137}Cs .

Для селитебных территорий, загрязненных в результате аварии на ЧАЭС на уровне 1 МБк/м² по ^{137}Cs , даже консервативные оценки дозовых нагрузок на различные группы населения показывают, что максимальные дозы внешнего облучения, трудно устранимые без серьезных затрат, за первые 35 лет после аварии не превышали примерно 100 мЗв, что заметно ниже критерия

предлагаемого отечественными учеными порога в 350 мЗв за жизнь¹³, но ниже уровня облучения за жизнь, принятого в законе о Радиационной безопасности¹⁴ – 70 мЗв за 70 лет жизни.

Оценивая ситуацию в целом, можно заключить, что принятые решения и частично реализованные усилия по снижению последствий радиоактивного загрязнения территории лишь в малой степени повлияли на величину дозы за жизнь от внешнего облучения населения рассматриваемого населенного пункта.

Список литературы

- [1] Линге И.И., Мелихова Е.М., Панфилов А.П. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС по итогам работы Чернобыльского форума // Бюллетень по атомной энергии. 2006. № 4. С. 24–29. EDN: SCHUZY
- [2] Bellamy M.B., Dewji S.A., Leggett R.W., Hiller M., Veinot K., Manger R.P., Eckerman K.F., Ryman J.C., Easterly C.E., Hertel N.E., Stewart D.J. External exposure to radionuclides in air, water, and soil // Federal guidance report No. 15. Office of Radiation and Indoor Air U.S. EPA-402-R-19-002. Environmental Protection Agency Washington, DC 20460, 2019. 335 p.
- [3] Панченко С.В., Аракелян А.А., Гаврилина Е.А., Шведов А.М. Динамика радиационной обстановки в сельском населенном пункте, загрязненном цезием-137 в результате аварии на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2016. Т. 61. № 4. С. 5–18. EDN: WHAWJT
- [4] Merwin S.E., Balanov M.I. The Chernobyl papers. Vol. 1. Dose to the Soviet population and early health effects studies, 1993. 439 p. ISBN 978-1883021023

Сведения об авторах:

Гупало-Осадчая Ксения Владимировна, инженер лаборатории радиоэкологии, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, Российская Федерация, 115191, г. Москва, ул. Большая Тульская, д. 52. ORCID: 0009-0004-0791-4638. E-mail: gupalo.kv@ibrae.ac.ru

Панченко Сергей Владимирович, заведующий лабораторией радиоэкологии, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, Российская Федерация, 115191, г. Москва, ул. Большая Тульская, д. 52. ORCID: 0000-0002-2750-0940; eLIBRARY SPIN-код: 6148-6635. E-mail: panch@ibrae.ac.ru

¹³ Решение № 587 Правительственной комиссии по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС относительно 35-бэрной концепции проживания населения на загрязненных территориях, подписанное Председателем правительственной комиссии по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС В.Х. Догужиевым.

¹⁴ Федеральный закон от 09.01.1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» // Президент России : официальный сайт. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/8724> (дата обращения: 25.07.2024).