

## ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ, ГИДРОСФЕРЫ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

УДК 551.510.42

# Вертикальное распределение гамма-фона в атмосфере над Западной Сибирью и сопредельными территориями

П.Н. Антохин, В.Г. Аршинова, М.Ю. Аршинов, Б.Д. Белан<sup>✉</sup>, С.Б. Белан,  
Д.К. Давыдов, Н.В. Дудорова, Г.А. Ивлев, А.В. Козлов, Г.А. Колотков,  
Т.М. Рассказчикова, Д.Е. Савкин, Д.В. Симоненков, Т.К. Складнева,  
Г.Н. Толмачев, А.В. Фофонов\*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН  
634055, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1*

Поступила в редакцию 08.07.2025;

после доработки 20.08.2025;

принята к печати 06.10.2025

Естественное гамма-излучение легко проникает в клетки организма, оказывая разрушительное воздействие на все его структуры и вызывая широкий спектр болезней. Оно играет активную роль в атмосфере, участвуя в электрических процессах и образовании ионов, что сказывается на облакообразовании, режиме осадков, радиационном балансе и т.д. Информации о вертикальном распределении гамма-фона над территорией России крайне мало, поэтому в настоящей работе обобщаются результаты самолетного зондирования за период 2003–2025 гг. На основе многолетних данных был рассчитан среднегодовой профиль значений гамма-фона над югом Западной Сибири, который показывает нелинейное возрастание с высотой. Среднее значение в приземном слое воздуха составило за этот период 0,11 мкЗв/ч и изменялось в пределах 0,03–0,25 мкЗв/ч. На высоте 10 км средний уровень гамма-фона равнялся 2,35 мкЗв/ч и варьировался в диапазоне 2,18–2,80 мкЗв/ч. Анализ широтного распределения выявил пояс 60–70° с.ш. с повышенным значением гамма-излучения; южнее и севернее гамма-фон был меньше. Также проведенный анализ позволил выявить слабовыраженный годовой ход гамма-фона с максимумом в ноябре и минимумом в августе, который нехарактерен для других атмосферных параметров. Результаты исследования позволяют обосновать выбор метрологических параметров приборов и средств защиты от радиационного излучения и оценить риски возникновения радиационных эффектов.

*Ключевые слова:* атмосфера, аэрозоль, вертикальное распределение, газы, гамма-фон, состав; atmosphere, aerosol, vertical distribution, gases, gamma background, composition.

## Введение

Формирование естественного гамма-фона в приземном слое воздуха определяется суперпозицией двух факторов [1]. С одной стороны, это галактические космические лучи (ГКЛ), пронизывающие атмосферу Земли, к которым добавляется поток

жесткого ультрафиолетового излучения Солнца, с другой — излучение природных радионуклидов, естественно распределенных в земле, воде, воздухе, других элементах биосферы, пищевых продуктах и организме человека. Особенностью гамма-излучения является то, что оно легко проникает прямо в клетки организма, разрушительно воздействуя на все структуры [2] и вызывая широкий спектр болезней [3–5]. Поэтому для характеристики и оценки его воздействия на человека введен специальный норматив [6]. Кроме этого гамма-излучение играет активную роль в атмосфере, участвуя в электрических процессах и образовании ионов [7, 8], что в дальнейшем сказывается на облакообразовании, режиме осадков, радиационном балансе и т.д. Все вышеизложенное указывает на необходимость постоянного мониторинга гамма-фона.

Основная часть измерений гамма-излучения проводится в приземном слое воздуха [9–11]. Было установлено, что у поверхности земли мощность эквивалентной дозы (МЭД)  $\gamma$ -излучения варьирует

\* Павел Николаевич Антохин (apn@iao.ru); Виктория Геннадьевна Аршинова (arvi@iao.ru); Михаил Юрьевич Аршинов (michael@iao.ru); Борис Денисович Белан (bbd@iao.ru); Сергей Борисович Белан (bsb@iao.ru); Денис Константинович Давыдов (denis@iao.ru); Нина Викторовна Дудорова (ninosh@mail.ru); Георгий Алексеевич Ивлев (ivlev@iao.ru); Артем Владимирович Козлов (artem@iao.ru); Геннадий Александрович Колотков (kolotkov@iao.ru); Татьяна Михайловна Рассказчикова (rtm@iao.ru); Денис Евгеньевич Савкин (sde@iao.ru); Денис Валентинович Симоненков (simon@iao.ru); Татьяна Константиновна Складнева (tatyana@iao.ru); Геннадий Николаевич Толмачев (tgn@ipc.tsc.ru); Александр Владиславович Фофонов (alenfo@iao.ru).

в пределах 0,08–0,15 мкЗв/ч и зависит от состояния атмосферы, времени суток и года, геологических характеристик региона, эманации радиоактивных газов, таких как радон и торон [12]. Напомним, что ранее МЭД гамма-излучения выражалась в микрорентгенах в час, сейчас – в микрозивертах в час, соотношение между ними  $1 \text{ мкЗв/ч} = 100 \text{ мкР/ч}$ . В России функционирует государственная сеть Росгидромета наблюдений за радиоактивным загрязнением атмосферного воздуха, почв и поверхностных вод суши. По результатам ее деятельности Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды ежегодно представляет «Краткую ежегодную справку о радиационной обстановке на территории Российской Федерации» [13]. Также действуют автоматизированные системы контроля гамма-фона, созданные другими ведомствами.

Таким образом, мониторинг радиационного режима в приземном слое воздуха осуществляется в России на достаточно высоком уровне, чего нельзя сказать о вертикальном распределении гамма-фона, который неблагоприятно воздействует как на экипажи самолетов, так и часто летающих пассажиров. Например, по данным [14], у бортпроводников бронхит наблюдается в 3 раза чаще, сердечно-сосудистые заболевания – в 3,5 раза, депрессия – в 2–5 раза, рак – на 34% чаще, чем у других групп населения. Имеются даже различия в заболеваемости экипажей, работающих на верхних и нижних эшелонах. Авторами [15] было установлено, что риск желудочно-кишечных, кожных и сердечно-сосудистых заболеваний для экипажа был в 3,55; 3,63 и 12,4 раза выше при полетах на большой высоте, чем на малой. Как показано в работе [16], эти заболевания не связаны с ультрафиолетовым излучением, также возрастающим с высотой, но практически не проникающим в салон самолета и кабину экипажа.

На основании проведенных в основном за рубежом исследований на сегодняшний день установлено, что радиационный фон возрастает с высотой обратно пропорционально плотности воздуха, а также имеет широтную зависимость и значительно увеличивается в периоды усиления солнечной активности [17]. Однако обнаружить в литературе данные об измерениях вертикального распределения гамма-фона над территорией Российской Федерации нам не удалось. Для восполнения этого пробела в настоящей статье приведены результаты анализа данных самолетного зондирования за период 2003–2025 гг. над южными районами Западной Сибири.

Цель работы – оценка географических особенностей распределения гамма-фона, установленных в [17], для территории России на основе данных разовых полетов в сопредельные регионы.

## Материалы и методы

Самолетное зондирование, как правило, проводилось над одним тем же районом с июля 1997 г.

по настоящее время. Вылеты осуществлялись ежемесячно (в 20-х числах, в ясных или малооблачных условиях). Для исключения антропогенного влияния измерения проводились над Караканским бором, расположенным юго-западнее Новосибирска на правом берегу Новосибирского водохранилища между селами Завьялово и Чингис (начальные координаты 54°35' с.ш., 82°40' в.д.). Поскольку карта полетов уже приводилась в [18], повторять ее не будем.

Для проведения зондирования использовался самолет-лаборатория Ан-30 «Оптик-Э» [19], а затем Ту-134 «Оптик» [20]. Современное состояние самолетных измерительных комплексов представлено в [21]. В ходе полетов выполнялось как вертикальное зондирование (в отдельных полетах до 11 км), так и измерения на горизонтальных площадках на высотах 0,5; 1; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,5 и 7,0 км.

В исследованиях применялся микропроцессорный дозиметр ДКГ-PM1203М (ООО «Полимастер», Белоруссия), интегрированный в комплекс научного оборудования самолета-лаборатории, который позволяет измерять МЭД гамма-излучения в диапазоне 0,01–2000 мкЗв/ч с неопределенностью 10%.

## Результаты измерений

### *Средний многолетний профиль и межгодовые вариации значений гамма-фона*

При решении ряда прикладных задач необходимы профили, построенные на основании данных измерений, с указанием пределов изменчивости конкретного параметра, например при выборе диапазона и неопределенности разрабатываемого нового прибора или оценке вероятности появления того или иного явления. Такой профиль, рассчитанный по данным 189 полетов над Караканским бором Новосибирской области, приведен на рис. 1. Кроме средних значений и стандартного отклонения здесь показаны максимальные и минимальные значения гамма-фона за весь рассматриваемый период с шагом 100 м по вертикали.

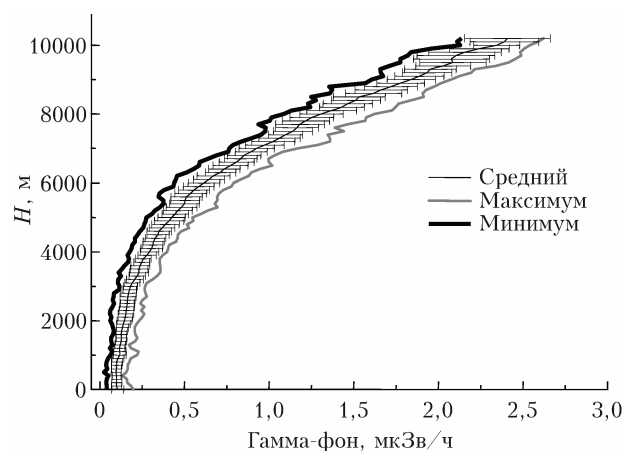


Рис. 1. Средне многолетний (2003–2025 гг.) профиль, максимальные и минимальные значения гамма-фона над югом Западной Сибири

Из рис. 1 видно, что гамма-фон над районом проведения исследований возрастает с высотой нелинейно от 0,1 мкЗв/ч в приземном слое воздуха до 2,35 мкЗв/ч на уровне 10 км. Нелинейность изменения явно выражена. Так, если от поверхности земли до высоты 4 км МЭД гамма-излучения увеличилась всего в два раза, то от 6 до 10 км уже в пять раз. Такой вид профилей радиационного фона приводится и зарубежными исследователями [22, 23].

В работах [7, 10–12] отмечено, что в пограничном слое атмосферы к ГКЛ как источнику гамма-излучения добавляется еще и ионизация за счет эманации радона и торона, а также наведенная радиация от некоторых минералов, например гранита. Масштаб рис. 1 не позволяет увидеть этот эффект. Поэтому приводится таблица, в которой представлены данные для нижнего слоя атмосферы (1 км) с шагом по высоте 100 м.

**Средние, минимальные и максимальные значения гамма-фона, мкЗв/ч, в нижней атмосфере**

| Н, м | Средний | Максимум | Минимум |
|------|---------|----------|---------|
| 0    | 0,106   | 0,127    | 0,085   |
| 100  | 0,105   | 0,131    | 0,078   |
| 200  | 0,103   | 0,122    | 0,077   |
| 300  | 0,099   | 0,124    | 0,077   |
| 400  | 0,100   | 0,121    | 0,080   |
| 500  | 0,101   | 0,127    | 0,076   |
| 600  | 0,103   | 0,126    | 0,080   |
| 700  | 0,106   | 0,131    | 0,077   |
| 800  | 0,106   | 0,131    | 0,080   |
| 900  | 0,108   | 0,133    | 0,086   |
| 1000 | 0,111   | 0,135    | 0,086   |

Данные таблицы демонстрируют рост значений МЭД гамма-излучения в нижней части пограничного слоя < 300 м, что отражает вклад эмиссии радона и торона, упоминавшийся выше. Теоретические оценки, выполненные в [24], указывают на то, что влияние вклада приземных источников не должно распространяться выше 500 м. Экспериментальные оценки, сделанные на основе измерений вертикального распределения радона, подтвердили этот факт [25]. Следовательно, данные таблицы соответствуют как теоретическим выводам, так и экспериментальным результатам, полученным в других регионах.

Как правило, исследовательские полеты выполнялись ежемесячно. Поэтому в первом приближении можно считать, что данные достаточно равномерно распределены внутри года и по ним можно оценить межгодовую изменчивость. Поскольку профилей за этот период насчитывается много, проанализируем значение гамма-фона на отдельных высотах. Эти данные представлены на рис. 2 (пропущены значения на уровне 1 км, так как кривые 0 и 1 км почти совпадают).

Поскольку гамма-фон в основном определяется межзвездным излучением [1, 2, 17], к которому может добавиться солнечное в период повышения его активности, то ожидать каких-либо строгих закономерностей не приходится, так как такие процессы имеют периодичности десятки и сотни тысяч лет [26]. На рис. 2 можно выделить небольшие всплески гамма-фона в 2007, 2011–2012 и 2019–2020 гг. Эти отрезки времени никак не согласуются с обычно наблюдаемыми циклами солнечной активности – 11, 22-летним и т.п. Заключение о том, что радиационный режим атмосферы изменяется медленно, было также получено и в других исследованиях [27, 28].

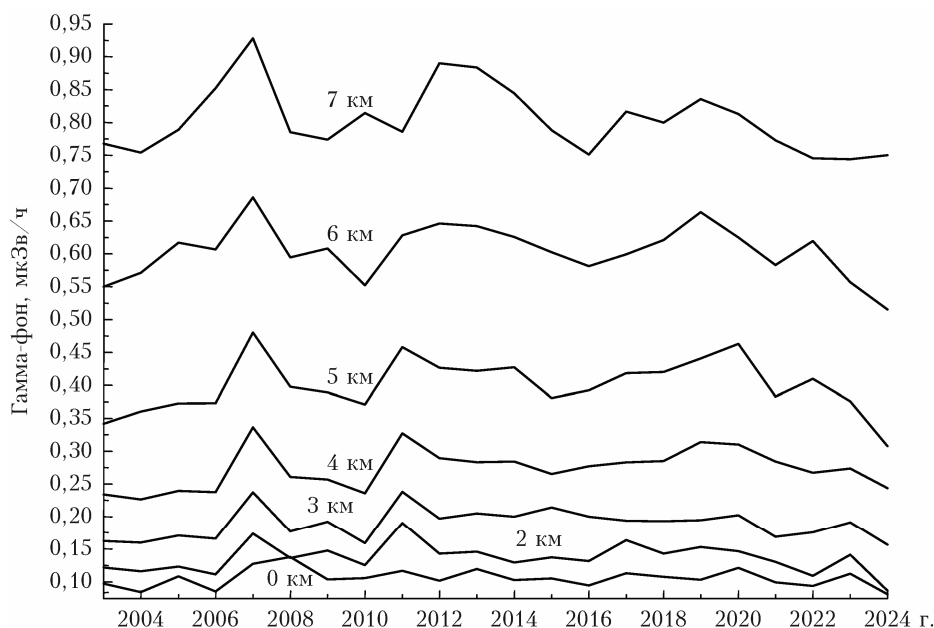


Рис. 2. Среднегодовые значения МЭД гамма-излучения на отдельных высотах в 2003–2024 гг.

### Годовой ход гамма-фона

Данные ежемесячных самолетных измерений позволяют оценить не только многолетний, но и годовой ход гамма-фона на разных высотах (рис. 3). Здесь также пропущены значения на высоте 1 км по той же причине, что и на рис. 2. Видно, что у гамма-фона имеется слабо выраженный годовой ход, который проявляется на всех рассмотренных высотах. Он заметно отличается от сезонной динамики многих атмосферных параметров [29]. Максимальные значения наблюдаются в ноябре, минимальные — в августе. Поскольку значение гамма-фона, особенно на высоких уровнях, определяется интенсивностью ГКЛ, то очевидно, что такой ход не связан ни с атмосферными процессами, ни с поступлением солнечного излучения. Возможно, Земля при своем движении вокруг Солнца в течение года пересекает на своей орбите какие-то

магнитные секторы с повышенной или пониженной плотностью энергии ГКЛ.

### Долготный и широтный ход гамма-фона

Долготный и широтный ход гамма-фона рассмотрим по данным двух проведенных экспериментов. В первом из них зондирование атмосферы осуществлялось вдоль всего Российского сектора Арктики с 4 по 16.09.2020 г. и охватывало диапазон от 42° в.д. до 177° з.д. Во втором полет, выполненный 8–9.09.2022 г., начинался на суше (55° с.ш.) и заканчивался над акваторией Карского моря (74° с.ш.). Полученные вертикальные профили гамма-фона приведены на рис. 4. Здесь для более детального анализа показаны только верхние части профилей. Из рис. 4, а следует, что в нашем эксперименте, проведенном в короткие сроки, однозначной широтной зависимости не прослеживается.

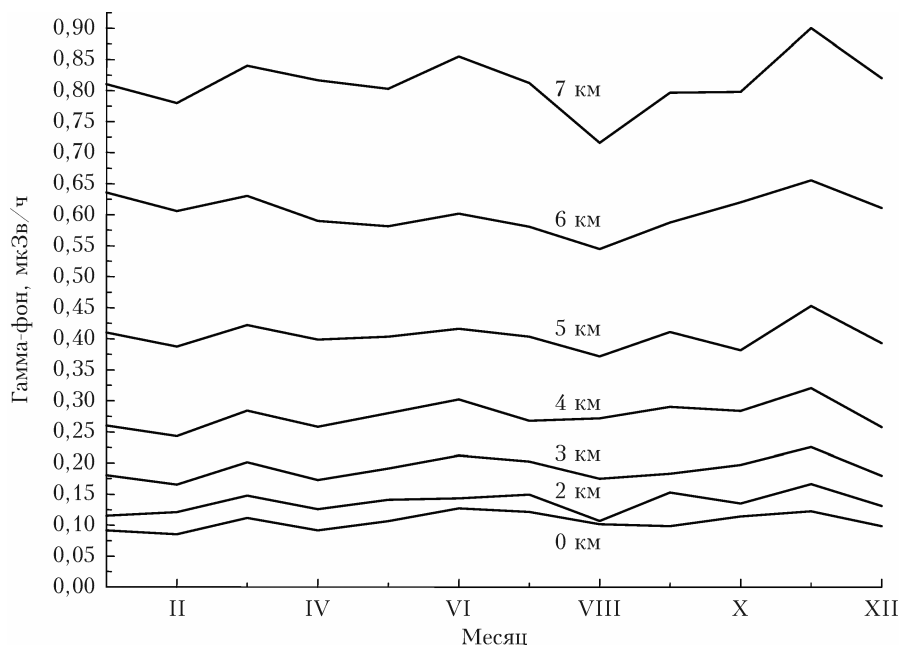


Рис. 3. Средний многолетний годовой ход МЭД гамма-излучения на разных высотах

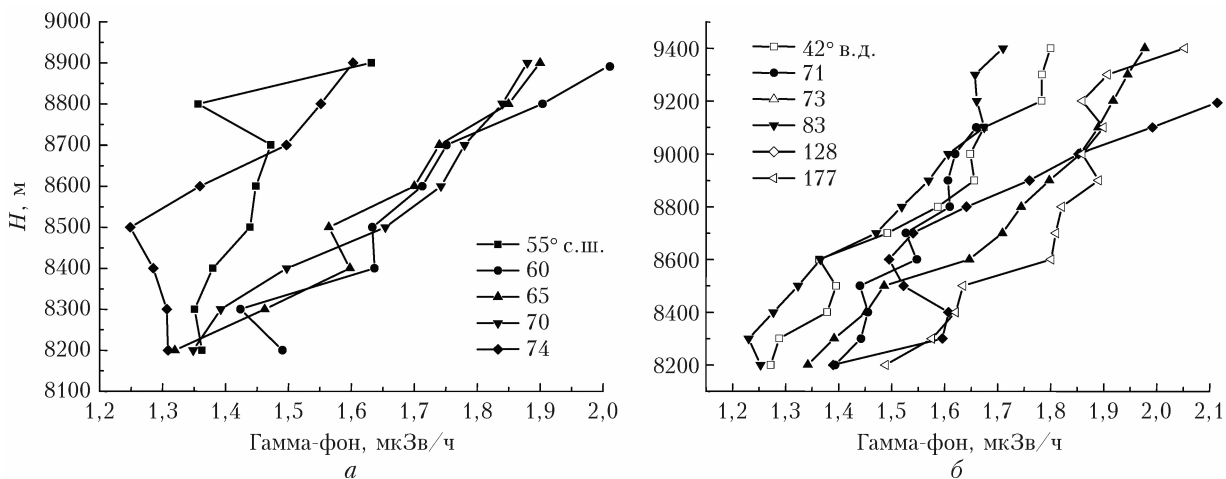


Рис. 4. Вертикальное распределение гамма-фона вдоль меридиана (а) и круга широты (б)

Можно выделить диапазон 60–70° с.ш., над которыми уровень гамма-фона был повышенным. На широтах севернее (74° с.ш.) и южнее (55° с.ш.) его значение было меньше. Если рассматривать конфигурацию магнитного поля Земли, приведенную на рис. 3 в работе [2], то можно увидеть, что наибольшие градиенты гамма-фона наблюдаются в диапазоне широт 40–60° с.ш.; севернее они отсутствуют, южнее сильно ослаблены. В нашем случае этот обозначенный в [2] широтный максимум гамма-излучения фактически пришелся на середину самолетного маршрута.

Подобная картина наблюдается и при долгом маршруте (рис. 4, б): максимальные значения гамма-фона наблюдаются в диапазоне 83–177° в.д., минимальные — на 42° в.д. Это можно косвенно объяснить тем, что во время зондирования в пунктах этого диапазона наблюдались северные сияния, являющиеся продуктами магнитных бурь и, следовательно, источником дополнительного гамма-излучения.

### Заключение

Анализ данных самолетных измерений вертикального распределения гамма-фона над южными районами Западной Сибири за 23 года позволил получить среднесезонный профиль и определить пределы изменчивости этого параметра атмосферы. Он характеризуется нелинейным ростом с высотой. Значение гамма-фона возрастает в два раза при переходе из приземного слоя атмосферы до уровня 4 км и в пять раз в слое 6–10 км; среднее значение в приземном слое воздуха составляло 0,11 мкЗв/ч и изменялось в пределах 0,03–0,25 мкЗв/ч. На высоте 10 км оно равнялось 2,35 мкЗв/ч и колебалось в диапазоне 2,18–2,80 мкЗв/ч.

Анализ широтного хода гамма-фона не выявил однозначной зависимости (роста или падения) вдоль меридиана в диапазоне 55–74° с.ш. Однако имеется пояс с повышенным его значением в диапазоне 60–70° с.ш. Анализ распределения гамма-фона по широте 70° показал, что его уровень аномально высок на обширном участке между 83° и 177° в.д. По данным космической погоды в период зондирования в этих районах наблюдались северные сияния, что могло стать причиной такого распределения.

Также анализ данных позволил выявить слабо-выраженный годовой ход гамма-фона с максимумом в ноябре и минимумом в августе, который не характерен для других атмосферных параметров. Наиболее вероятно, что он определяется космической погодой, а не состоянием атмосферы.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках госзадания ИОА СО РАН.

### Список литературы

1. *Buzulukova N.* Edited Extreme Events in Geospace. Origins, Predictability, and Consequences. Amsterdam: Elsevier Inc., 2018. 744 p.

2. *Copeland K., Friedberg W.* Ionizing radiation and radiation safety in aerospace environments: Report N DOT/FAA/AM-21/8. Federal Aviation Administration, 2021. 49 p.
3. *Torpani S.M., Mordukhovich I., McNeely E., Nagel Z.D.* Suppressed DNA repair in flight attendants after air travel // *Sci. Reports*. 2025. V. 15, N 16513. DOI: 10.1038/s41598-025-98934-9.
4. *Усенко Г.А., Васендин Д.В., Татаренко В.И., Макарова Л.И., Махмудян Д.А., Усков А.В., Изотова Т.А.* Корреляционная взаимосвязь между гамма-фоном внешней среды и показателями функционирования центральной нервной системы у лиц с различным психосоматическим статусом // *Материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. «Техногенная и природная безопасность»*. Саратов, 2021. С. 92–97.
5. *Buja A., Lange J.H., Perissinotto E., Rausa G., Grigoletto F., Canova C., Mastrangelo G.* Cancer incidence among male military and civil pilots and flight attendants: An analysis on published data // *Toxic. Indus. Health*. 2005. V. 21. P. 273–282. DOI: 10.1191/0748233705th238oa.
6. *Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009:* санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.
7. *Анисимов С.В., Галиченко С.В., Климанова Е.В., Прохорчук А.А., Афиногенов К.В.* Вклад фотонной компоненты в ионизацию атмосферы радионуклидами земной коры и радиоактивными эманациями // *Физика земли*. 2023. № 6. С. 245–258.
8. *Нагорский П.М., Макаров Е.О., Фирстов П.П., Яковлева В.С.* Радиационный  $\gamma/\beta$ -трассер опасных природных явлений // *Тр. пятой науч.-техн. конф. «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России»*. Петропавловск-Камчатский, 27 сентября – 3 октября 2015 г. / отв. ред. В.Н. Чебров. Обнинск: ГС РАН, 2015. С. 81–85.
9. *Barbosa S.M., Miranda P., Azevedo E.B.* Short-term variability of gamma radiation at the ARM Eastern North Atlantic facility (Azores) // *J. Environ. Radioact.* 2017. V. 172. P. 218–231. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2017.03.027.
10. *Дрозд В.А., Голохваст К.С.* Мониторинг радиационного фона объектов городской инфраструктуры Владивостока // *Вестн. ДВО РАН*. 2016. № 3. С. 66–71.
11. *Бураева Е.А., Иванков Д.В., Маломыжева Н.В., Бобылев В.А., Безуглова О.С.* Многолетний мониторинг мощности эквивалентной дозы гамма-излучения в приземном слое воздуха зоны наблюдения Ростовской АЭС // *Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов*. 2023. Т. 334, № 1. С. 84–96.
12. *Яковлев Г.А., Кобзев А.А., Смирнов С.В., Беляева И.В., Аршинов М.Ю., Яковлева В.С.* Синхронный мониторинг  $\gamma$ -,  $\beta$ -фона и атмосферных осадков в геофизических обсерваториях ИМКЭС СО РАН и БЭК ИОА СО РАН // *Вестн. КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2020. Т. 32, № 3. С. 165–179.
13. *Росгидромет.* URL: [https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials/radiation\\_situation/136/](https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials/radiation_situation/136/) (дата обращения: 08.06.2025).
14. *McNeely E., Gale S., Tager I., Kincl L., Bradle J., Coull B., Hecker S.* The self-reported health of U.S. flight attendants compared to the general population // *Environ. Health*. 2014. V. 13. P. 13. DOI: 10.1186/1476-069X-13-13.
15. *Mortazavi M., Ahmadinejad P., Arjmand S., Derakhshanjazari M.* Health effects associated with occupational exposure to gamma radiation in aircrew: A case

- study on Mehrabad Airport in 2021 // *J. Environ. Health Sustain. Dev.* 2024. V. 9, N 1. P. 2214–2224. DOI: 10.18502/jehsd.v9i1.15118.
16. *Cadilhac P., Bouton M.-C., Cantegril M., Cardines C., Gisquet A., Kaufman N., Klerlein M.* In-flight ultraviolet radiation on commercial airplanes // *Aerosp. Med. Hum. Perform.* 2017, V. 88, N 10. P. 947–951. DOI: 10.3357/AMHP.4852.2017.
  17. *Meier M.M., Copeland K., Klöble K.E.J., Matthä D., Plettenberg M.C., Schenmetten K., Wirtz M., Hellweg C.E.* Radiation in the atmosphere – a hazard to aviation safety? // *Atmosphere.* 2020. V. 11, N 12. P. 1358. DOI: 10.3390/atmos11121358.
  18. *Анкилов А.Н., Бакланов А.М., Белан Б.Д., Бородулин А.И., Буряк Г.А., Власенко А.Л., Марченко Ю.В., Олькин С.Е., Панченко М.В., Пененко В.В., Пьянков О.В., Резникова И.К., Сафатов А.С., Сергеев А.Н., Цветова Е.А.* Годовое изменение концентрации белка в биогенной компоненте атмосферного аэрозоля на юге Западной Сибири // *Оптика атмосфер. и океана.* 2001. Т. 14, № 6–7. С. 520–525.
  19. *Antokhin P.N., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Davydov D.K., Zhidovkin E.V., Ivlev G.A., Kozlov A.V., Kozlov V.S., Panchenko M.V., Penner I. E., Pestunov D.A., Simonenko D.V., Tolmachev G.N., Fofonov A.V., Shatanaev V.S., Shmargunov V.P.* Optik-E AN-30 aircraft laboratory for studies of the atmospheric composition // *J. Atmos. Ocean. Technol.* 2012. V. 29, N 1. P. 64–75. DOI: 10.1175/2011JTECHA1427.1.
  20. *Анохин Г.Г., Антохин П.Н., Аршинов М.Ю., Барсук В.Е., Белан Б.Д., Белан С.Б., Давыдов Д.К., Ивлев Г.А., Козлов А.В., Козлов В.С., Морозов М.В., Панченко М.В., Пеннер И.Э., Пестунов Д.А., Сиков Г.П., Симоненков Д.В., Синицын Д.С., Толмачев Г.Н., Филиппов Д.В., Фофонов А.В., Чернов Д.Г., Шаманаев В.С., Шмаргунов В.П.* Самолет-лаборатория Ту-134 «Оптик» // *Оптика атмосфер. и океана.* 2011. Т. 24, № 9. С. 805–816.
  21. *Belan B.D., Ancellet G., Andreeva I.S., Antokhin P.N., Arshinova V.G., Arshinov M.Y., Balin Y.S., Barsuk V.E., Belan S.B., Chernov D.G., Davydov D.K., Fofonov A.V., Ivlev G.A., Kotelnikov S.N., Kozlov A.S., Kozlov A.V., Law K., Mikhail'chishin A.V., Moseikin I.A., Nasonov S.V., Nédélec P., Okhlopkova O.V., Ol'kin S.E., Panchenko M.V., Paris J.-D., Penner I.E., Ptashnik I.V., Rasskazchikova T.M., Reznikova I.K., Romanovskii O.A., Safatov A.S., Savkin D.E., Simonenkov D.V., Sklyadneva T.K., Tolmachev G.N., Yakovlev S.V., Zenkova P.N.* Integrated airborne investigation of the air composition over the Russian sector of the Arctic // *Atmos. Meas. Tech.* 2022. V. 15. P. 3941–3967. DOI: 10.5194/amt-15-3941-2022.
  22. *Baldoncini M., Alberi M., Bottardi C., Minty B., Raptis K.G.C., Strati V., Mantovani F.* Exploring atmospheric radon with airborne gamma-ray spectroscopy // *Atmos. Environ.* 2017. V. 170. P. 259–268. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2017.09.048.
  23. *Bossew P., Cinelli G., Hernandez-Ceballos M., Cernohlavek N., Gruber V., Dehandschutter B., Mennesson F., Bleher M., Stohlker U., Hellmann I., Weiler F., Tollefsen T., Tognoli P.V., de Cort M.* Estimating the terrestrial gamma dose rate by decomposition of the ambient dose equivalent rate // *J. Environ. Radioact.* 2017. V. 166, N 2. P. 296–308. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2016.02.013.
  24. *Minato S., Kawano M.* Vertical distribution of the intensity of ionization due to terrestrial gamma-radiation // *J. Radiat. Res.* 1970. V. 11, N 3, 4. P. 138–144. DOI: 10.1269/jrr.11.138.
  25. *Williams A.G., Zahorowski W., Chambers S., Griffiths A., Hacker J.M., Element A., Werczynski S.* The vertical distribution of radon in clear and cloudy daytime terrestrial boundary layers // *J. Atmos. Sci.* 2011. V. 68, N 1. P. 155–174. DOI: 10.1175/2010JAS3576.1.
  26. *Федоров В.М.* Вариации инсоляции Земли и особенности их учета в физико-математических моделях климата // *Успехи физ. наук.* 2019. Т. 189, № 1. С. 33–46.
  27. *Desmaris G.* Cosmic radiation in aviation radiological protection of Air France aircraft crew // *IGRP Proc.* 2015. P. 64–74. DOI: 10.1177/0146645316636009.
  28. *Rizzo A., Antonacci G., Borra E., Cardellini F., Ciciani L., Sperandio L., Vilardi I.* Environmental gamma dose rate monitoring and radon correlations: Evidence and potential applications // *Environments.* 2022. V. 9, N 5. P. 66. DOI: 10.3390/environments9060066.
  29. *Матвеев Л.Т.* Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. 777 с.

*P.N. Antokhin, V.G. Arshinova, M.Yu. Arshinov, B.D. Belan, S.B. Belan, D.K. Davydov, N.V. Dudorova, G.A. Ivlev, A.V. Kozlov, G.A. Kolotkov, T.M. Rasskazchikova, D.E. Savkin, D.V. Simonenkov, T.K. Sklyadneva, G.N. Tolmachev, A.V. Fofonov.* **Vertical distribution of gamma background in the atmosphere over Western Siberia and adjacent territories.**

Natural gamma radiation easily penetrates into the cells of a human body and destructively affects all structures causing a wide range of diseases. It also plays an active role in the atmosphere by participating in electrical processes and origination of ions, which affects cloud formation, precipitation, radiation balance, etc. There are very few measurements of the vertical distribution of gamma background over the Russian territory. This paper summarizes the results of aircraft sounding in 2003–2025. Based on the analysis of the long-term data, an average vertical profile of this parameter was calculated, which shows its nonlinear increase with altitude. In the surface air layer, this parameter varied within 0.03–0.25  $\mu\text{Sv/h}$  with the average over the period under study being 0.11  $\mu\text{Sv/h}$ . At an altitude of 10 km, the gamma background varied in the range 2.18–2.80  $\mu\text{Sv/h}$ , and the average was 2.35  $\mu\text{Sv/h}$ . The analysis of the latitudinal distribution revealed the belt 60–70° N with high gamma radiation values; the gamma background was lower to the south and north of that belt. The data analysis has also revealed a weak annual variation with a maximum in November and a minimum in August, which is not typical for other atmospheric parameters. The results can be useful for choosing the range and uncertainty of developed radiation protection devices and means, as well as for assessing the probability of origination of radiative effects.