



Рисунок 6 – Изменение фагоцитарного показателя и поглотительной способности (ФЧ) интактных и прединкубированных с различными концентрациями ДМСО НФ после 60 минут инкубации с *C. albicans*

В динамике изменения фагоцитарного числа прединкубированных с ДМСО нейтрофилов при инкубации в течение 60 минут с *C. albicans* наблюдалось некоторое снижение поглотительной способности для 5%-ДМСО-индуцированных нейтрофилов, с последующим увеличением этого показателя на 20-25 % для 8 и 11% ДМСО-индуцированных клеток.

По результатам проведенного исследования и в соответствии с современными данными научной литературы по данной теме, можно сделать вывод о том, что изучение иммуномодулирующего действия диметилсульфоксида, приводящего к повышению активности полиморфноядерных гранулоцитов, может позволить в будущем не только расширить спектр и повысить эффективность его применения, но и создавать на его основе новые фармакологические средства, направленно регулирующие иммунную функцию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Levy, O. Therapeutic potential / O. Levy. – Expert Opinion on Investigational Drugs, 2018. – 159–167 p.
2. Мельникова, Я. И. Сочетанное воздействие пониженных температур и ДМСО на физиологическую активность нейтрофилов / Я. И. Мельникова – Минск : Сахаровские чтения 2015 года: Экологические проблемы XXI века, 2015. – 136 с.
3. Цыганкова, А. С. Диметилсульфоксид и его применение в медицине / А. С. Цыганкова – Курск: Курс. гос. ун-т, 2022. – 125 с.

## РИСК РАЗВИТИЯ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ И ДРУГИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ОРГАНИЗМЕ У НАСЕЛЕНИЯ, ПОСТРАДАВШЕГО ОТ КАТАСТРОФЫ НА ЧАЭС

## RISK OF DEVELOPMENT OF MALIGNANT NEOPLASMS AND OTHER CHANGES IN THE BODY IN THE POPULATION AFFECTED BY THE CHERNOBYL NPP DISASTER

**А. Н. Сухан, Д. А. Яцкевич, С. Н. Чигирь**  
**A. N. Sukhan, D. A. Yatskevich, S. N. Chigir**

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,  
 г. Минск, Республика Беларусь  
 suhananna41@gmail.com

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,  
 Minsk, Republic of Belarus

Объект исследования: население, пострадавшее от аварии на ЧАЭС, относящееся к 1-4-й группам первичного учета. Было проведено исследование случаев злокачественных новообразований крови (МКБ10: С90-96) за период 1986–2020 гг. Рассчитаны и проанализированы показатели стандартизованного соотношения заболеваемости. Анализ показателей стандартизованного соотношения заболеваемости показал значимо высокий риск развития множественной миеломы и злокачественных плазмоклеточных новообразований, лимфолейкоза и миелолейкоза (у мужчин) в группе ликвидаторов. В ГПУ 4 отмечается достоверно высокий риск развития лимфолейкоза и миелолейкоза (у мужчин).

Object of study: the population affected by the Chernobyl accident, belonging to the 1st-4th groups of primary registration. A study was conducted of cases of malignant neoplasms of the blood (ICD10: C90-96) for the period 1986–2020. Standardized incidence ratio indicators were calculated and analyzed. Analysis of standardized incidence ratio indicators showed a significantly high risk of developing multiple myeloma and malignant plasma cell neoplasms, lymphocytic leukemia and myeloid leukemia (in men) in the group of liquidators. In GPU 4, there is a significantly high risk of developing lymphocytic leukemia and myeloid leukemia (in men).

*Ключевые слова:* заболеваемость, риск, население, рак, канцерогенез, эффект, лучевая болезнь.

*Keywords:* morbidity, risk, population, cancer, carcinogenesis, effect, radiation sickness.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-1-194-198>

Целью данной работы было провести эпидемиологический анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями в Республике Беларусь и оценить риск их развития в различных группах пострадавшего населения за период с 1986 по 2020 гг.

Взрыв на четвертом энергоблоке Чернобыльской атомной электростанции стал одним из крупнейших техногенных катастроф XX века, которая сильно ударила по репутации атомной энергетики. После катастрофы в течение 16 лет в странах Европы и Северной Америки не построили ни одной атомной электростанции, в России было заморожено строительство 10 АЭС.

Авария на Чернобыльской АЭС была наиболее масштабной радиационно-экологической катастрофой, которая сопровождалась массивным выбросом радиоактивных изотопов йода, цезия, стронция и других, что привело к массивному облучению большей части населения Республики Беларусь.

После катастрофы на ЧАЭС на 136,5 тыс. км<sup>2</sup> (66 %) территории Беларуси уровни загрязнения почвы цезием-137 (<sup>137</sup>Cs) превышали 10 кБк/м<sup>2</sup> (0,3 Ки/км<sup>2</sup>). Загрязнение носит весьма неравномерный, «пятнистый» характер. Основные пятна: прежде всего это ближняя зона Чернобыльской АЭС, куда входит и 30-км зона вокруг самой станции. Уровни загрязнения почвы цезием-137 этой территории чрезвычайно высоки, максимальные значения в отдельных точках превышали 37000 кБк/м<sup>2</sup> (1000 Ки/км<sup>2</sup>). В то же время значения загрязнения в некоторых точках не превышают 185 кБк/м<sup>2</sup> (5 Ки/км<sup>2</sup>). Часть загрязнения именуется как северо-западный след (второе пятно). К нему относятся южная и юго-западная часть Гомельской области, центральные части Брестской, Гродненской и Минской областей. Уровни загрязнения в этом следе существенно ниже, чем в ближней зоне ЧАЭС. Третье пятно находится на севере Гомельской и центральной части Могилевской областей.

Загрязнение территории республики стронцием-90 (<sup>90</sup>Sr) носит более локальный, по сравнению с цезием-137, характер. Уровни загрязнения почвы этим радионуклидом выше 5,5 кБк/м<sup>2</sup> (0,15 Ки/км<sup>2</sup>) обнаружены на площади 21,1 тыс. км<sup>2</sup>, что составило 10% от территории республики. Максимальные уровни стронция-90 обнаружены в пределах 30-км зоны ЧАЭС и достигали величины 1800 кБк/м<sup>2</sup> (48,6 Ки/км<sup>2</sup>) в Хойникском районе Гомельской области. Наиболее высокая активность стронция-90 в почве в дальней зоне обнаружена на расстоянии 250 км - в Чериковском районе Могилевской области и составила 29 кБк/м<sup>2</sup> (0,78 Ки/км<sup>2</sup>), а также в северной части Гомельской области, в Ветковском районе - 137 кБк/м<sup>2</sup> (3,7 Ки/км<sup>2</sup>).

Первым ожидаемым эффектом облучения было увеличение заболеваемости практически всеми формами злокачественных новообразований, особенно раком щитовидной железы (РЩЖ), злокачественными новообразованиями крови и лимфатической системы (ЗНК), раком желудка (РЖ), ободочной кишки (РОК), бронхов и легких (РЛ), молочной железы (РМЖ), почки (РП), мочевого пузыря (РМП). Особенно высокий риск развития злокачественных новообразований ожидался в группах наиболее пострадавших в результате катастрофы: дети, эвакуированное население и участники ликвидаций последствий катастрофы на ЧАЭС.

Проведенный анализ выявил интенсивный рост показателей заболеваемости (CR) РЩЖ у населения республики после аварии на ЧАЭС, который прекратился после 2001 г. ( $CR_{1986} = 1,5 \pm 0,24$ ;  $CR_{2001} = 10,3 \pm 0,63$ ;  $CR_{2015} = 12,8 \pm 0,72$ ). Рост заболеваемости был особенно выражен в Гомельской, Могилевской и Брестской областях. Показано, что максимальное увеличение заболеваемости отмечалось у лиц в возрасте 0-4 года на момент аварии.

Последствия облучения могут быть острыми или отдаленными. Первые развиваются сразу после происшествия, вторые сказываются на здоровье спустя годы. Отдаленные последствия часто неправильно трактуются – появление тех или иных болезней может быть вызвано другими факторами и не связано с радиацией. Поэтому исследования таких нарушений здоровья требуют тщательной проверки.

Острая лучевая болезнь стала одним из наиболее тяжелых последствий для здоровья после взрыва реактора ЧАЭС. При этом значимо высокие дозы облучения получила только часть ликвидаторов. А вот среди населения с учетом и тех, кто не был эвакуирован с загрязненных территорий, случаев острой лучевой болезни вообще не было.

Одним из последствий острой лучевой болезни стали катаракты и серьезные повреждения кожи, поскольку основное воздействие было связано с внешним облучением. Так, у некоторых пациентов дозы в коже превышали дозы в костном мозге в 30 раз.

С онкологическими заболеваниями ситуация неоднозначна. Оценить данные можно только по ликвидаторам, и здесь процент раковых больных составляет 4,6 %. 4 из 19 пациентов, погибших до 2006 года, умерли от

лейкоза. Эта болезнь действительно чаще других упоминается в связи с пагубным действием радиации. Однако, по имеющимся данным, заметного увеличения случаев лейкоза среди населения нет. К тому же количество онкологических больных ежегодно увеличивается во всем мире, даже в тех районах, где радиационный фон не превышает норму.

Люди подверглись как внешнему облучению от проходящих радиоактивных облаков и радиоактивных осадков, так и внутреннему – от потребления загрязненных продуктов питания. В некоторых группах населения, особенно среди самых маленьких детей, дозы облучения щитовидной железы радиоактивным йодом были достаточно высокими для того, чтобы вызвать краткосрочные функциональные изменения щитовидной железы и даже рак железы. Внутренняя доза облучения щитовидной железы в результате поступления йода-131 в основном была обусловлена потреблением свежего коровьего молока. В среднем дети получили дозу, которая была гораздо выше, чем доза, полученная взрослыми, поскольку масса их щитовидной железы меньше, а уровень потребления свежего коровьего молока на единицу массы тела выше, чем у взрослых.

Полученные в результате научно-исследовательской работы данные о риске развития РЩЖ однозначно свидетельствуют о причинной связи с облучением в результате катастрофы на ЧАЭС. Риск РЩЖ у пострадавшего населения стал превышать популяционный уже в первые годы после аварии и достиг своего максимума в 1995–1999 гг. (в 12,6 раз выше у населения эвакуированного из зоны отчуждения). Максимальный риск отмечался у лиц, которые были детьми на момент аварии (риск превышал популяционный в 25 раз в 1995–1999 гг.).

В 2016–2020 гг. риск рака щитовидной железы остается выше популяционного (в 1,5–2,0 раза) во всех группах пострадавшего населения за исключением потомков пострадавшего населения. В то же время следует отметить, что в 2016–2020 гг. превышение риска РЩЖ над популяционным стало уже статистически незначимым, в отличие от предыдущего периода 2010–2015 гг. Максимально высокий риск отмечается у эвакуированных лиц, особенно у тех, кто был на момент аварии в возрасте до 9 лет – в 8,0 раз выше популяционного. Количество выявленных случаев в 2016–2020 гг., в когорте пострадавшего населения составило 99 случаев (что ниже на 50 случаев, чем за период с 2010–2015 гг.) [3].

Следует отметить, что рак щитовидной железы является заболеванием с наибольшей частотой устанавливаемой причинной связи с катастрофой на Чернобыльской АЭС (70% от всех связанных заболеваний), ввиду доказанной связи с радиационным фактором (воздействие короткоживущего изотопа йода). Для данного заболевания устанавливаются категории граждан, указанные в статье 13, абзацах втором и третьем статьи 14, статье 15, т.е. все лица, на которых распространяется действие закона о социальной защите.

Рак щитовидной железы связан с воздействием изотопов радиоактивного йода, в связи с чем, обязательным условием для установления связи является проживание (работа) в период с 26 апреля 1986 г. по 30 августа 1986 г. на территории, загрязненной радионуклидами (в связи с катастрофой на Чернобыльской АЭС) или проживание (работа) на территории радиоактивного загрязнения первые 80 дней после радиационной аварии (период полного распада изотопа 131I).

Таким образом в популяции отмечается стабилизация показателей заболеваемости РЩЖ и снижение его риска в категориях населения, пострадавшего от катастрофы на ЧАЭС.

Радиационный канцерогенез, то есть канцерогенез, обусловленный воздействием излучения – наиболее значимое ожидаемое последствие облучения человека в малых дозах. Канцерогенные эффекты относятся к группе стохастических эффектов, которые в отличие от детерминированных характеризуются следующими особенностями.

Это так называемые одноклеточные эффекты, первопричиной которых является нарушение генома с последующим переключением генетической программы одной единственной клетки органа мишени. Проявление этих эффектов не имеет дозового порога, а по мере увеличения дозы излучения лишь увеличивается вероятность их реализации и времени проявления – это отдаленные эффекты. Так, например, радиогенные раки могут возникать через многие годы (десятилетия) после радиационного воздействия [1,2]. Эти эффекты называют стохастическими («случайными») по двум причинам.

Во-первых, они развиваются у относительно малого числа облученных людей, причем даже при больших дозах внешнего излучения.

Во-вторых, невозможно заранее предсказать, у кого из подвергшихся облучению людей появится заболевание, например, радиогенный рак. Можно только пытаться оценить вероятность (риск) его появления. Отсутствие дозового порога для стохастических эффектов приводит к концепции оценки уровня риска их проявления, в отличие от значений пороговой дозы радиационного воздействия, характеризующей детерминированные эффекты [3].

Ранними формами проявления радиационного канцерогенеза являются лейкозы, которые начинают появляться уже через 2–3 года после острого облучения. Позднее (через 5–10 лет) развиваются солидные раки. Но если большинство лейкозов реализуется в течение 15–20 лет, то солидные опухоли могут возникать в течение последующей жизни, причем для злокачественных новообразований многих локализаций вероятность их развития с возрастом резко увеличивается [1, 2]. Известно, что у различных категорий пострадавшего вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС населения эффективные дозы колеблются от 20 до 100 мЗв [4]. В этой связи спустя почти 30 лет особый интерес представляют исследования динамики и структуры заболеваемости злокачественными новообразованиями у различных категорий пострадавшего населения.

Неонкологические эффекты:

Катаракты. Клинически значимые катаракты развились у некоторых лиц, переживших ОЛБ и получивших высокие дозы радиации. Результаты нескольких новых исследований показали, что помутнение хрусталика может вызываться дозами менее 1 Гр. Хотя в большинстве случаев речь идет о доклинических повреждениях, недавнее исследование лиц, переживших атомные бомбардировки, позволяет предположить, что при таких дозах возможно повышение частоты возникновения клинических форм катаракты. Результаты украинско-американского черновыльского офтальмологического обследования показывают, что помутнение хрусталика, развившееся у ликвидаторов, с поправкой на наиболее важные отягчающие факторы, связано с полученной дозой. В большинстве случаев дозы были ниже 0,5 Гр излучения с низкой ЛПЭ, полученного небольшими порциями в течение продолжительного времени. Основным результатом было, что эти данные не согласуются с порогом “доза–эффект” более 0,7 Гр и что нижняя граница оцененного порога дозы близка к нынешнему пределу дозы для хрусталика глаза, т. е. 150 мЗв, хотя такой вывод следует смягчить, учитывая погрешность дозиметрии. Хотя радиационное воздействие обычно вызывает определенный вид катаракты (а именно заднюю подкапсулярную катаракту – PSC), несколько серий данных позволяют предположить, что с воздействием радиации могут также быть связаны более широкие категории (задние кортикальные катаракты). PSC может, кроме того, вызываться действием наркотиков, систематическими расстройствами, некоторыми воспалительными или дегенеративными заболеваниями глаз и их травмами. Однако эта проблема наличия других возможных причин в целом учитывается в исследованиях лиц, подвергшихся облучению в результате черновыльской аварии, путем статистической оценки и внесения поправок на влияние различных дополнительных факторов риска. Для лучшего понимания любых несоответствий необходим критический анализ всей существующей информации о вызванных излучением катарактах, в частности сравнение новых данных с уже существующими знаниями. Необходимы дальнейшие наблюдения за основными группами для более точной оценки латентных состояний и развития катаракт и совершенствования оценки риска, связанного с облучением хрусталика в диапазоне от низких до средних доз.

Сердечно-сосудистые и цереброваскулярные заболевания. Давно известно, что облучение сердца в высоких дозах, применяемое в радиационной терапии, ведет к повышению риска заболеваний системы кровообращения. Вместе с тем существует мало надежных свидетельств какого-либо заметного действия более низких доз в связи с черновыльской аварией на заболеваемость сердечно-сосудистыми и цереброваскулярными заболеваниями и смертность от них. В результате одного из исследований ликвидаторов в Российской Федерации получены данные о статистически значимой связи доз радиации как с показателем смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, так и с частотой возникновения цереброваскулярных заболеваний. Наблюдаемые избыточные цереброваскулярные заболевания отмечены у ликвидаторов, работавших менее шести недель и имеющих накопленные дозы более чем 150 мЗв. Однако в это исследование не вводились поправки для учета других факторов, таких как тучность, курение и употребление алкоголя. Для того чтобы определить, привело ли воздействие излучения в связи с черновыльской аварией к повышению заболеваемости сердечнососудистыми и цереброваскулярными заболеваниями и связанной с ними смертности, необходимо собрать дополнительные данные.

Аутоиммунный тиреоидит. Аутоиммунный тиреоидит является прогрессирующим заболеванием щитовидной железы, характеризуемым наличием антител, действие которых направлено против нее. Это заболевание почти всегда связано с взаимодействием генетической предрасположенности и экологических факторов, например уровня поступления йода с пищей. Однако его связь с радиационным воздействием неоднозначна. Кроме того, фоновая частота возникновения аутоиммунного тиреоидита увеличивается с возрастом. В связи с этим выделение воздействия радиации после черновыльской аварии из других элементов, которые могут или не могут оказывать влияние на заболеваемость аутоиммунным тиреоидитом среди населения, требует проведения весьма тщательного исследования. Было проведено немного масштабных исследований, в которых рассматривалась связь между аутоиммунным тиреоидитом и воздействием радиации в результате черновыльской аварии. Результаты самого масштабного исследования не смогли дать убедительных свидетельств связи между дозой на щитовидную железу и заболеванием аутоиммунным тиреоидитом. Это согласуется с результатами исследований среди других групп населения, подвергшихся облучению.

В Республике Беларусь причинно-следственная связь стохастических заболеваний с воздействием радиационного фактора устанавливается согласно Приложению 2 к Постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 26.06.2009 г. № 73 «Перечень заболеваний, возникновение которых может быть связано с катастрофой на Черновыльской АЭС, другими радиационными авариями» (Перечень). Нозологиями, включенными в Перечень являются острые лейкозы, хронические миелоидные лейкозы, миелодиспластические синдромы и множественная миелома.

К настоящему времени накоплено большое количество новой информации о случаях злокачественных новообразований у пострадавшего населения [5]. Следует отметить, что сведения о заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Республики Беларусь, относящегося к различным группам пострадавшего населения, находятся в Государственном регистре лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС, других радиационных аварий (Госрегистр). Многолетние исследования показали, что Госрегистр является надежным инструментом обеспечения долговременного автоматизированного персонального учета лиц, подвергшихся облучению в результате катастрофы на ЧАЭС, оценки состояния их здоровья, изучения структуры и динамики заболеваемости и ее исходов. Анализ данных Госрегистра позволяет экономически обоснованно выстраивать систему медицинских мероприятий для различных категорий пострадавшего населения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Биологические эффекты при облучении в малых дозах. Источники и эффекты ионизирующего излучения. Отчет НКАДР 2000 г. Генеральной Ассамблеи ООН с научными приложениями. – Т.2: Эффекты (Ч. 3) / Пер. с англ. – М.: РАДЭКОН, 2010. – С.215.
2. Радиационная медицина / М. В. Васин [и др.]; под общ. ред. Л. А. Ильина. – М.: Наука РАН, 2014. – 989 с.
3. Кенигсберг, Я. Э. Облучение населения Беларуси в результате чернобыльской катастрофы. Реальные и возможные стохастические эффекты / Я. Э. Кенигсберг, Ю. В. Крюк // Проблемы здоровья и экологии. – 2016. – No 1(7). – С. 17–23.
4. Рожко, А. В. Заболеваемость лейкозами у лиц, пострадавших в результате радиационных аварий / А. В. Рожко, А. А. Чешик // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. – 2014. – No 2(12). – С. 6–13.
5. Значение Государственного регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС, других радиационных аварий в организации медицинской помощи пострадавшему населению / А. А. Чешик [и др.] // Современные проблемы радиационной медицины: от науки к практике: материалы междунар. науч.- практ. конф., Гомель, 24 апреля 2015 г.: в 1 ч. / РНПЦ РМиЭЧ; редкол.: А. В. Рожко [и др.]. – Гомель, 2015. – С. 24–25.

## АНАЛИЗ ДИАГНОСТИКИ И ЭТИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ КОШЕК DIAGNOSTIC ANALYSIS AND ETIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF FELINE CORONAVIRUS INFECTION

**П. Д. Суша, Я. И. Мельникова**

**P. D. Susha, Y. I. Melnikova**

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт  
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ  
г. Минск, Республика Беларусь  
polly.susha2002@gmail.com*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU  
Minsk, Republic of Belarus*

Коронавирус кошек – это РНК-содержащий вирус, принадлежащий к типу Alphacoronavirus 1, который кроме него включает коронавирус собак (CCoV) и коронавирус трансмиссивного гастроэнтерита свиней (TGEV). Он имеет две разные формы: кишечный коронавирус кошек (FeCoV), который поражает кишечник, и вирус инфекционного перитонита кошек (FIPV), который вызывает заболевание инфекционный перитонит кошек (FIP). В то время как коронавирус кошек (FeCoV) широко распространены в популяции кошек, заболеваемость инфекционным перитонитом кошек (FIP) остается низкой. FeCoV является кишечным патогеном кошек, который часто является эндемичным в приютах и других средах с несколькими кошками. Заражение FeCoV обычно происходит фекально-ороназальным путем, чаще всего через общие лотки, зараженные вирусом. В некоторых случаях более вирулентные штаммы FeCoV приводят к более тяжелому заболеванию, связанному с FECV, или к повышенной вероятности мутации в FIPV [1].

Feline coronavirus is an RNA virus belonging to the phylum Alphacoronavirus 1, which also includes canine coronavirus (CCoV) and porcine transmissible gastroenteritis coronavirus (TGEV). It has two different forms: feline enteric coronavirus (FeCoV), which attacks the intestines, and feline infectious peritonitis virus (FIPV), which causes the disease feline infectious peritonitis (FIP). While feline coronavirus (FeCoV) is widespread in the cat population, the incidence of feline infectious peritonitis (FIP) remains low. FeCoV is an enteric pathogen of cats that is often endemic in shelters and other multi-cat environments. FeCoV infection usually occurs through the fecal-oral route, most often through shared litter trays contaminated with the virus. In some cases, more virulent FeCoV strains lead to more severe FECV-associated disease or an increased likelihood of mutation into FIPV [1].

*Ключевые слова:* коронавирус кошек, вирусные инфекции кошек, диагностика, лечение коронавирусной инфекции кошек, распространение коронавирусной инфекции кошек, вакцины.

*Keywords:* feline coronavirus, feline viral infections, diagnosis, treatment of feline coronavirus infection, spread of feline coronavirus infection, vaccines.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-1-198-201>