

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.28>

СВЯЗЬ ДЫМА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ЧАСТОТОЙ ЛИМФОМЫ ХОДЖКИНА В РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ РОССИИ

Научная статья

Пинаев С.К.^{1,*}, Чаков В.В.², Старинский В.В.³, Чижов А.Я.⁴, Пинаева О.Г.⁵, Грецова О.П.⁶

¹ ORCID : 0000-0003-0774-2376;

² ORCID : 0000-0001-9939-4289;

³ ORCID : 0000-0003-0268-8307;

⁴ ORCID : 0000-0003-0542-1552;

⁵ ORCID : 0000-0001-9676-845X;

⁶ ORCID : 0000-0002-4314-3170;

^{1,5} Дальневосточный государственный медицинский университет, Хабаровск, Российская Федерация

² Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного Отделения Российской Академии Наук, Хабаровск, Российская Федерация

^{3,6} Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П.А. Герцена, Москва, Российская Федерация

⁴ Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Российская Федерация

⁴ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (pinaev[at]mail.ru)

Аннотация

Актуальность. Лимфома Ходжкина является относительно редкой патологией, поражающей преимущественно лиц детородного возраста. Этиопатогенез данного новообразования изучен недостаточно. Выявление причин возникновения лимфомы Ходжкина для разработки мер профилактики имеет важное государственное значение с учетом демографической ситуации. Цель исследования: изучить связь дыма лесных пожаров с частотой лимфомы Ходжкина в различных возрастных популяциях РФ.

Материал и методы. Объектом исследования является популяция России. Повозрастная заболеваемость рассчитана на основании деперсонализированных данных Федерального ракового регистра РФ. Сведения о частоте лимфомы Ходжкина в 1992–2019 гг. подготовлены на основе базы данных федеральной статистической отчетности по онкологии. Число лесных пожаров в РФ в 1992–2019 гг. получено из открытых источников. Проведен корреляционный анализ по Пирсону динамических рядов числа лесных пожаров и заболеваемости лимфомой Ходжкина с переменным лагом. Результаты. Выявлено три пика заболеваемости в возрасте 4, 24 и 69 лет. Установлена связь между лесными пожарами и частотой лимфомы Ходжкина во всех возрастных группах, наиболее выраженная в полновозрастной популяции 0–85+ лет. Обнаружены длиннопериодические циклы заболеваемости лимфомой Ходжкина. Выводы: Возникновение лимфомы Ходжкина в активном детородном возрасте предполагает важную роль половых гормонов в ее патогенезе и требует дальнейшего изучения. Связь частоты лимфомы Ходжкина с лесными пожарами в России подтверждает результаты, полученные ранее на территории Дальнего Востока РФ. Представляет интерес изучение причастности к возникновению этого вида лимфом выхлопных газов и факторов космической погоды.

Ключевые слова: дым, лесные пожары, лимфома Ходжкина, Россия.

THE RELATIONSHIP OF FOREST FIRE SMOKE TO THE INCIDENCE OF HODGKIN'S LYMPHOMA IN DIFFERENT AGE POPULATIONS IN RUSSIA

Research article

Pinaev S.K.^{1,*}, Chakov V.V.², Starinsky V.V.³, Chizhov A.Y.⁴, Pinaeva O.G.⁵, Gretsova O.P.⁶

¹ ORCID : 0000-0003-0774-2376;

² ORCID : 0000-0001-9939-4289;

³ ORCID : 0000-0003-0268-8307;

⁴ ORCID : 0000-0003-0542-1552;

⁵ ORCID : 0000-0001-9676-845X;

⁶ ORCID : 0000-0002-4314-3170;

^{1,5} Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russian Federation

² Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russian Federation

^{3,6} P.A. Herzen Moscow Scientific Research Oncological Institute, Moscow, Russian Federation

⁴ A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russian Federation

⁴ Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (pinaev[at]mail.ru)

Abstract

Relevance. Hodgkin's lymphoma is a relatively rare pathology affecting predominantly persons of childbearing age. The etiopathogenesis of this neoplasm is understudied. Identification of the causes of Hodgkin's lymphoma for developing

preventive measures is of great national importance taking into account the demographic situation. Objective of the research: to study the association of forest fire smoke with the incidence of Hodgkin's lymphoma in different age populations of the RF.

Material and methods. The object of the study is the Russian population. Age-specific incidence was calculated on the basis of depersonalized data from the Federal Cancer Registry of the Russian Federation. Information on the incidence of Hodgkin's lymphoma in 1992–2019 was prepared on the basis of the database of federal statistical reporting on oncology. The number of forest fires in the Russian Federation in 1992–2019 was obtained from open sources. Pearson correlation analysis of dynamic series of the number of forest fires and incidence of Hodgkin's lymphoma with variable lag was performed. Results. Three peaks of incidence at ages 4, 24, and 69 years were identified. An association between forest fires and Hodgkin's lymphoma incidence in all age groups was found, most prominent in the full-age population 0-85+ years. Long-period cycles of Hodgkin's lymphoma morbidity were found. Conclusions: The occurrence of Hodgkin's lymphoma in active childbearing age suggests an important role of sex hormones in its pathogenesis and warrants further investigation. The relationship between the incidence of Hodgkin's lymphoma and forest fires in Russia confirms the results obtained earlier in the Russian Far East. It is of interest to study the involvement of exhaust gases and space weather factors in the occurrence of this type of lymphoma.

Keywords: smoke, forest fires, Hodgkin's lymphoma, Russia.

Введение

Лимфома Ходжкина относится к числу относительно редкой патологии, составляя по данным за 2022 год 0,41% в структуре онкологической заболеваемости в мире [1], и 0,45% в России [2]. Однако то обстоятельство, что данной патологией наиболее часто заболевают люди активного и детородного возраста 18–35 лет [3], делает это заболевание, с учетом демографической ситуации в нашей стране, весьма чувствительной общественной проблемой. В связи с этим выявление причин возникновения лимфомы Ходжкина представляет собой важную научную и практическую задачу, решение которой необходимо для разработки эффективных мер профилактики данного вида новообразований.

Однако этиология лимфомы Ходжкина до настоящего времени остается малоизученной. Заболеваемость этой патологией значительно отличается на различных континентах. Её уровни в стандартизованных показателях минимальны в Азии (0,6 случая на 100 тыс.), тогда как в Латинской Америке аналогичные показатели более чем в 2 раза выше (1,6), а самая высокая заболеваемость (2,3 – 2,4 случая) регистрируется в Северной Америке и Европе [1]. Возможные причины сложившейся ситуации (расовые различия, уровни экономического развития стран, распространенность ожирения, состояние медицинской помощи, роль вируса Эпштейна-Барр) активно обсуждаются научным сообществом [4], [5], [6]. При этом не получили убедительного подтверждения предполагаемые ранее связи лимфомы Ходжкина с ионизирующей радиацией, работой на химическом производстве [5], газообразными поллютантами [7] и пестицидами [8].

Из факторов, имеющих документированную причастность к возникновению лимфомы Ходжкина, следует отметить табачный дым. Все формы дыма, согласно заключению Международного агентства по изучению рака, содержат такие канцерогены, как микрочастицы углерода (PM_{2.5}), тяжелые металлы, формальдегид и полициклические ароматические углеводороды [9]. Помимо этого, в табаке содержатся специфичные для него канцерогены – нитрозамины, а никотин и его метаболиты обладают иммуносупрессивными свойствами [10]. Установлено, что курение табака в 1,5–2,5 раза увеличивает риск развития лимфомы Ходжкина у взрослых [6], [11], [12], [13].

Недооцененным канцерогенным фактором окружающей среды является дым лесных пожаров [10]. Ранее нами была показана его связь с частотой лимфомы Ходжкина в когортах детей младшего возраста на территории Хабаровского края [14]. Последующее расширение географии исследования на всю территорию Дальнего Востока России с применением метода ARIMA (англ. Autoregressive Integrated Moving Average — интегрированная модель авторегрессии) показало аналогичные результаты применительно к детским популяциям 0-14 лет материковых регионов [15]. Настоящее исследование является продолжением проведенной ранее работы с увеличением ее временного и территориального масштабов.

Цель исследования – изучить связь дыма лесных пожаров в России с частотой лимфомы Ходжкина в различных возрастных группах.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использована популяция Российской Федерации в период с 1992 по 2019 гг. Повозрастная заболеваемость на 100 тыс. населения соответствующей возрастной группы с шагом в 1 год от 0 до 95 лет рассчитана на основе деперсонализированных данных Федерального ракового регистра РФ «Канцер-регистр 6FB» о зарегистрированных в 2010–2019 гг. случаях лимфомы Ходжкина, и сведений о возрастной структуре населения России официального сайта Федеральной службы государственной статистики [16]. Для возраста старше 95 лет повозрастная заболеваемость не рассчитывалась, поскольку вследствие нарастающего сокращения численности групп показатели имеют значительный разброс и расценены как выпадающие данные. Уточнение положения пиков частоты, после разделения графика эмпирических данных на фрагменты по точкам излома, произведено с помощью регрессионного анализа полиномом 5 степени.

Данные о заболеваемости лимфомой Ходжкина в Российской Федерации в 1992–2019 гг. (код Международной классификации болезней 10-го пересмотра С81; грубые показатели заболеваемости на 100 тыс. населения в год, оба пола) в трёх возрастных срезах (0–4 года, 0–14 лет, 0–85+ лет) подготовлены с участием ведущего научного сотрудника МНИОИ им. П.А. Герцена О.П. Грецовой с помощью информационно-аналитической системы базы данных по онкологии на основе государственной статистической отчетности «ПО ИАС базы данных федеральной статистической отчетности по онкологии» (свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2011617155). Ежегодное число лесных пожаров, зарегистрированных в России в 1992–2019 гг., взято из официальных отчетов на сайте Единой межведомственной информационно-статистической системы [17].

Влияние антропогенных факторов на частоту новообразований чаще носит постоянный характер, либо имеет незначительный монотонный тренд без значимого вклада в колебания уровней заболеваемости. Для их изучения, как правило, применяют популяционные когортные исследования, а также метод «случай-контроль». Природные факторы, в отличие от антропогенных, обычно имеют значительный размах ежегодных колебаний, что делает наиболее эффективным методом изучения их связи с патологическими процессами корреляционный анализ.

Для оценки зависимости частоты лимфомы Ходжкина от числа лесных пожаров нами применен корреляционный анализ по Пирсону, поскольку выборки имеют ограниченный размер, и традиционным методам проверки гипотез может не хватать достаточной статистической мощности. В этом случае корреляционный анализ предлагает более надежную альтернативу, фокусирующуюся на силе и направлении взаимосвязей без строгой зависимости от размера выборки. Решение о возможности проведения корреляционного анализа принималось при нормальном характере распределения данных, либо при незначительной величине отклонений, учитывая достаточную робастность метода [18]. Проверка характера распределения данных в динамических рядах проведена на основании критерия омега-квадрат Смирнова-Крамера-Мизеса. Дополнительная визуальная оценка графика нормальности распределения выполнена с помощью QQ plot.

Корреляционный анализ по Пирсону динамических рядов ежегодного числа лесных пожаров и частоты лимфомы Ходжкина проведен в 11 итерациях, с последовательным смещением при шаге в 1 год и временной задержкой (лагом) от нуля до 10 лет. Данные обработаны с помощью пакета IBM SPSS Statistics 23 и встроенного математического аппарата программы Microsoft Excel. В качестве критерия достоверности коэффициентов корреляции принята величина $p \leq 0,05$. Полученные результаты сопоставлены с аналогичными исследованиями, проведенными ранее на территории регионов Дальнего Востока России [14], [15].

Основные результаты

Анализ повозрастной частоты лимфомы Ходжкина выявил наличие трех пиков (Рис. 1). Как видно из эмпирической кривой, первый из них, наименьший, приходится на возраст 4 года. Положение пика подтверждается отсутствием перекрытия планок 5% относительной ошибки с показателями прилежащих лет. С возраста 8-ми лет начинается быстрый рост частоты лимфомы Ходжкина с формированием второго, самого большого пика, а после его завершения с достижением минимальных показателей в 48 лет вновь возникает подъем заболеваемости, но уже значительно менее интенсивный. Полиномиальный регрессионный анализ, проведенный отдельно для возрастных периодов 8–48 и 48–95 лет, установил, что второй пик частоты приходится на 24 года, а третий – на 69 лет.

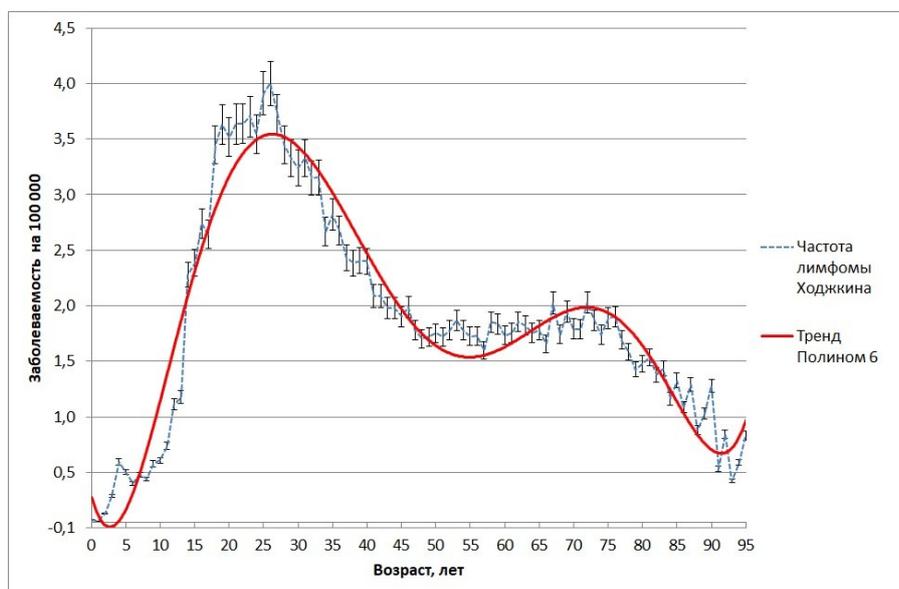


Рисунок 1 - Повозрастная заболеваемость лимфомой Ходжкина в России
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.28.1>

Примечание: оба пола, грубый показатель на 100 000

Оценка характера распределения динамических рядов по критерию омега-квадрат Смирнова-Крамера-Мизеса установила нормальный характер распределения заболеваемости лимфомой Ходжкина во всех трех возрастных группах, а также числа лесных пожаров в России.

Парный корреляционный анализ по Пирсону выявил наличие значительной ($r = 0,526$) достоверной связи ($p = 0,004$) между динамическими рядами пожаров и заболеваемостью лимфомой Ходжкина при нулевом лаге в популяции детей младшего возраста. В возрастной группе 0-14 лет сила связи снизилась до умеренной ($r = 0,496$) при сохранении достоверности ($p = 0,007$) и величины временной задержки (лаг 0 лет). В полновозрастной популяции 0-85+ лет корреляция достигла максимума, при прежней минимальной величине лага ($r = 0,631$; $p = 0,000$; лаг 0).

Графическое представление динамических рядов числа лесных пожаров и заболеваемости в этой возрастной группе позволяет увидеть высокую частоту совпадения их экстремумов, а также значительное подобие полиномиальных трендов (Рис. 2).



Рисунок 2 - Сравнительная динамика лесных пожаров и частоты лимфомы Ходжкина в России
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.28.2>

Примечание: число пожаров $\times 10^5 + 2,1$; оба пола, 0-85+ лет, грубый показатель на 100 000, лаг 0

Далее было проведено сопоставление полученных результатов с аналогичным исследованием, проведенным в Хабаровском крае в когортах детей младшего возраста 0-4 лет 1972-1988 гг. рождения [14]. Результаты сравнения позволили установить элементы сходства и некоторые различия. Подобие заключалось в том, что как в более раннем периоде в Хабаровском крае, так и в данной работе в масштабе России, обнаружена корреляция между числом лесных пожаров и заболеваемостью лимфомой Ходжкина.

Однако сила связи в когортах детей младшего возраста была значительно выше [14], а лаг составлял 2 года к году рождения. Суммирование данной продолжительности лага с возрастом первого пика заболеваемости (4 года) позволяет оценить величину популяционного лага в размере 6 лет. Это превышает показатели лага, полученные для всех возрастных групп в текущем исследовании, которые не выходили за пределы одного года.

Сходство результатов двух исследований заключалось также в том, что при сравнении графиков динамики числа лесных пожаров и частоты лимфомы Ходжкина обнаружено уже отмеченное на предыдущем рисунке совпадение пиков показателей, и значительное подобие полиномиальных трендов динамических рядов пожаров и заболеваемости (Рис. 3).

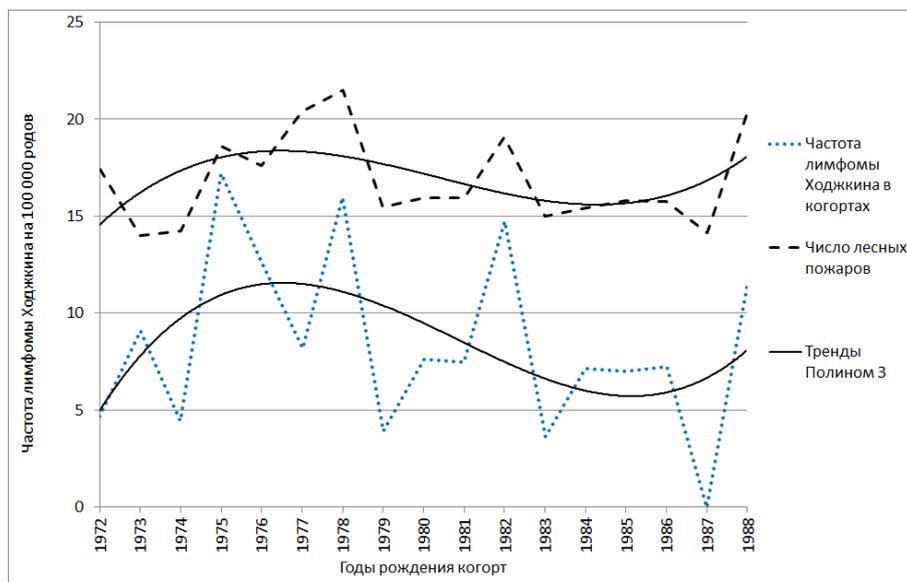


Рисунок 3 - Сравнительная динамика лесных пожаров и частоты лимфомы Ходжкина в когортах детей младшего возраста в Хабаровском крае

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.28.3>

Примечание: число пожаров $\times 10^{-2} + 9$; возраст детей - 0-4 лет; оба пола, грубый показатель на 100 000 родов, лаг 2

Таким образом, данное исследование, выполненное на территории России, равно как и проведенные ранее в масштабе Дальнего Востока РФ [14], [15], установило наличие связи заболеваемости лимфомой Ходжкина в различных возрастных группах с дымом лесных пожаров.

Обсуждение

Наличие трех возрастных пиков заболеваемости лимфомой Ходжкина свидетельствует о различных путях возникновения этой опухоли на этапах онтогенеза. Пик в раннем детском возрасте отражает пренатальный и ранний постнатальный генез заболевания. Увеличение заболеваемости в пожилом периоде жизни объяснимо кумуляцией канцерогенных эффектов и развитием инволютивной иммуносупрессии. То обстоятельство, что основная масса случаев лимфомы Ходжкина приходится на возраст репродуктивной активности, может указывать на возможную роль половых гормонов в патогенезе опухоли на данном этапе жизни, поскольку клетки Березовского-Рида-Штернберга содержат преимущественно β -рецепторы эстрогенов [19], стимуляция которых подавляет рост опухолевых клеток в эксперименте [20] и в клиническом наблюдении [21]. Для подтверждения, либо опровержения данного предположения, необходимы обширные клиничко-экспериментальные исследования по выявлению рецепторов всех видов стероидных гормонов в лимфоме Ходжкина.

Обнаружение корреляции между числом природных пожаров и частотой лимфомы Ходжкина нельзя рассматривать как абсолютно неожиданный результат. Начало в изучении влияния дыма лесных пожаров на возникновение опухолей было положено профессорами из г. Хабаровска В.А. Добрых и Т.А. Захарычевой, издавших в 2009 г. монографию «Дым лесных пожаров и здоровье» [22]. В ней на основе анализа последствий катастрофических пожаров на территории Хабаровского края в 1998-2003 гг. впервые была показана связь этого фактора окружающей среды с заболеваемостью злокачественными новообразованиями органов респираторной системы. Далее наши исследования выявили корреляцию между частотой различных неоплазий, в том числе лимфомы Ходжкина, с числом лесных пожаров на территории Хабаровского края и других материковых регионов Дальнего Востока России [14], [15].

В 2022 г. ученые из Канады опубликовали результаты наблюдения за двумя миллионами жителей своей страны на протяжении 20 лет, в результате которого было установлено, что члены когорт, проживавших на расстоянии до 50 км от очагов лесных пожаров на протяжении 10 лет, имели повышенную на 4,9% заболеваемость раком легкого, и на 10% более высокую заболеваемость опухолями головного мозга [23]. Сопоставимое по масштабу исследование, проведенное в Бразилии, показало связь повышенных концентраций в воздухе $PM_{2.5}$, обусловленных лесными пожарами, с увеличением риска возникновения рака носоглотки, яичка и других локализаций [24]. А учеными из США установлено влияние загрязнения воздуха микрочастицами углерода $PM_{2.5}$ любого происхождения на повышение смертности от рака легких, желудка, толстой кишки, печени, молочной железы, шейки матки, мочевого пузыря, лейкемии, неходжкинской лимфомы и лимфомы Ходжкина [25].

К этому следует добавить, что в связи с чрезвычайно высокими температурами в зоне горения до 90% образующихся в дыме лесных пожаров микрочастиц относятся к категории $PM_{0.1}$ с размером менее 0,1 микрометра [10]. Такие сверхмалые частицы обладают высочайшей проникающей способностью, преодолевая не только альвеоларно-капиллярный, но и гематоэнцефалический барьер [26]. В связи с этим $PM_{2.5}$ и $PM_{0.1}$ дыма лесных пожаров обладают значительно большими, по сравнению с микрочастицами другого происхождения, окислительным

потенциалом и способностью эпигеномного воздействия на ДНК [27]. Другой важной особенностью этого вида дыма является наличие в нем большого количества радионуклидов искусственного и естественного происхождения. Лес обладает способностью накапливать в биомассе и почве изотопы, которые при пожаре элиминируются и поднимаются с дымом на высоту до 10-12 км, формируя в атмосфере глобальный радиоактивный фон с максимальными значениями на 40-50 градусах с.ш., и далее рассеиваются на тысячи км [10]. Сочетанное воздействие сверхмалых частиц сажи $PM_{0.1}$ и радионуклидов делают дым лесных пожаров чрезвычайно опасным комплексным канцерогеном, а приведенные выше факты свидетельствуют в пользу его роли в этиологии лимфомы Ходжкина и других новообразований.

Канцерогенез в органах дыхательной системы при локальном воздействии дыма проходит через этапы метаплазии, дисплазии и анаплазии. Онкогенез в тканях, не имеющих прямого контакта с канцерогенами, развивается по альтернативному сценарию через индукцию экологически обусловленного окислительного стресса (EROS – от англ. Environmentally Related Oxidative Stress) [28]. Способностью запускать процесс окислительного стресса обладают самые различные факторы, в том числе все виды дыма и электромагнитные поля. Далее EROS многократно усиливается гемом в связи с химической нестабильностью входящего в его состав железа, а также благодаря его способности к индукции, приему и усилению электромагнитных волн. Под действием EROS происходит эпигеномная активация семафоринов, приводящая к запуску процесса опухолевого перерождения стволовых клеток в местах наиболее плотного контакта с гемом [28]. Такой онкогенез характерен для систем тканей – нервной, кровяной, лимфоидной, скелетных и мягких тканей. Возникающие в результате новообразования, в том числе лимфомы Ходжкина, можно рассматривать как системные процессы.

Таким образом, ежегодные колебания частоты лимфомы Ходжкина не являются спорадическими. В определенной степени они обусловлены изменениями интенсивности лесных пожаров. А учитывая связи последних с усиливающими патогенное действие дыма циклами солнечной и геомагнитной активности [29], многолетние тренды частоты лимфомы Ходжкина можно рассматривать как косвенное отражение этих процессов [30].

Заключение

Повозрастная заболеваемость лимфомой Ходжкина характеризуется наличием трех пиков: в 4 и в 24 года, а также в 69 лет. Возникновение лимфомы Ходжкина преимущественно в активном детородном возрасте позволяет предположить участие половых гормонов в патогенезе опухоли. Для изучения этого необходимо исследовать повозрастную заболеваемость отдельно по полу в динамике, в сопоставлении с уровнями андрогенов, эстрогенов и рецепторов данных гормонов в тканях лимфомы.

Выявленная связь частоты лимфомы Ходжкина в России во всех возрастных группах (0-4 года, 0-14 и 0-85+лет) с числом лесных пожаров согласуется с литературными данными о канцерогенных свойствах этого вида дыма, и подтверждает результаты, полученные ранее на территории Дальнего Востока России. Представляется перспективным проведение подобного рода сравнительных исследований в различных регионах с применением более чувствительных и мощных средств статистического анализа [15].

Благодарности

Авторы выражают благодарность директору МНИОИ имени П.А. Герцена профессору А.Д. Каприну за помощь в получении данных о заболеваемости лимфомой Ходжкина в России в 1990 – 2019 гг.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Acknowledgement

The authors express their gratitude to Professor A.D. Kaprin, Director of the P.A. Herzen MRIO, for his help in obtaining data on the incidence of Hodgkin's lymphoma in Russia in 1990 – 2019.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Cancer Today — IARC. — URL: <https://gco.iarc.fr/today/home> (accessed: 07.01.2024).
2. Портал ONCOLOGY.RU. Злокачественные новообразования в России. — URL : http://www.oncology.ru/service/statistics/malignant_tumors/ (дата обращения: 07.01.2024).
3. Демина Е.А. Руководство по лечению лимфомы Ходжкина / Е.А. Демина. — Москва, 2021. — 96 с.
4. Dinand V. Epidemiology of childhood Hodgkins disease: is it different in developing countries? / V. Dinand, L.S. Arya // Indian Pediatr. — 2006. — № 43 (2). — P. 141–147. — URL: <http://www.indianpediatrics.net/feb2006/141.pdf> (accessed: 15.01.2024).
5. Имянитов Е.Н. Эпидемиология и биология лимфомы Ходжкина / Е.Н. Имянитов // Практическая онкология. — 2007. — № 2 (30). — С. 53–56.
6. Huang J. Incidence, mortality, risk factors, and trends for Hodgkin lymphoma: a global data analysis / J. Huang, W.S. Pang, V. Lok [et al.] // J Hematol Oncol. — 2022. — № 15 (1). — P. 57. — DOI: 10.1186/s13045-022-01281-9.
7. Taj T. Long-term residential exposure to air pollution and Hodgkin lymphoma risk among adults in Denmark: a population-based case-control study / T. Taj, A.H. Poulsen, M. Ketzal [et al.] // Cancer Causes Control. — 2021. — № 32 (9). — P. 935–942. — DOI: 10.1007/s10552-021-01446-w.

8. Kim J. Exposure to pesticides and risk of Hodgkin lymphoma in an international consortium of agricultural cohorts (AGRICOH) / J. Kim, M.E. Leon, L.H. Schinasi [et al.] // *Cancer Causes Control*. — 2023. — № 34 (11). — P. 995–1003. — DOI: 10.1007/s10552-023-01748-1.
9. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. List of Classifications. Agents classified by the IARC Monographs. — Vol. 1–133. — URL: <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications> (accessed: 07.01.2024).
10. Пинаев С.К. Особенности канцерогенного действия различных видов дыма / С.К. Пинаев, О.Г. Пинаева, А.Я. Чижов // *Ульяновский медико-биологический журнал*. — 2024. — № 1. — С. 6–27. — DOI: 10.34014/2227-1848-2024-1-6-27.
11. Hjalgrim H. Cigarette smoking and risk of Hodgkin lymphoma: a population-based case-control study / H. Hjalgrim, K. Ekström-Smedby, K. Rostgaard [et al.] // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev*. — 2007. — № 16 (8). — P. 1561–1566. — DOI: 10.1158/1055-9965.EPI-07-0094.
12. Kamper-Jørgensen M. Cigarette smoking and risk of Hodgkin lymphoma and its subtypes: a pooled analysis from the International Lymphoma Epidemiology Consortium (InterLymph) / M. Kamper-Jørgensen, K. Rostgaard, S.L. Glaser [et al.] // *Ann.Oncol*. — 2013. — № 24 (9). — P. 2245–2255. — DOI: 10.1093/annonc/mdt218.
13. Taborelli M. The dose-response relationship between tobacco smoking and the risk of lymphomas: a case-control study / M. Taborelli, M. Montella, M. Libra [et al.] // *BMC Cancer*. — 2017. — № 17 (1). — P. 421. — DOI: 10.1186/s12885-017-3414-2.
14. Pinaev S.K. The influence of solar radiation and forest fires smoke on sporadic fluctuations of neoplasms incidence in children / S.K. Pinaev // *RAD Conf. Proc*. — 2020. — № 4. — P. 69–71. — DOI: 10.21175/RadProc.2020.14.
15. Пинаев С.К. Влияние лесных пожаров на онкологические заболевания у населения Дальнего востока / С.К. Пинаев, С. Веневский, В.В. Чаков [и др.] // *Вестник РГМУ*. — 2023. — № (4). — С. 22–33. — DOI: 10.24075/vrgmu.2023.028.
16. Федеральная служба государственной статистики. Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту. — URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13284> (дата обращения: 07.01.2024).
17. Единая межведомственная информационно-статистическая система. Число лесных пожаров. — URL: <https://fedstat.ru/indicator/38497> (дата обращения: 07.01.2024).
18. Холматова К.К. Применение экологических исследований в медицине и общественном здравоохранении / К.К. Холматова, А.М. Гржибовский // *Экология человека*. — 2016. — № 9. — С. 57–64.
19. Głuszko R. Reed-Sternberg cells in classical Hodgkin lymphoma in children seem to be predominantly oestrogen receptor α negative and oestrogen receptor β positive / R. Głuszko, K. Zielezińska, T. Ociepa [et al.] // *Pol J Pathol*. — 2011. — № 62 (2). — P. 79–83.
20. Pierdominici M. Estrogen receptor β ligation inhibits Hodgkin lymphoma growth by inducing autophagy / M. Pierdominici, A. Maselli, S.L. Locatelli [et al.] // *Oncotarget*. — 2017. — № 5. — P. 8522–8535. — DOI: 10.18632/oncotarget.14338.
21. Maia D.M. Sex steroid receptors in Hodgkin's disease / D.M. Maia, J. Sciarrotta, K. Abendroth [et al.] // *Leuk Lymphoma*. — 2000. — № 39 (3-4). — P. 365–371. — DOI: 10.3109/10428190009065836.
22. Добрых В.А. Дым лесных пожаров и здоровье / В.А. Добрых, Т.А. Захарычева. — Хабаровск: Издательство ГОУ ВПО Дальневосточный государственный медицинский университет, 2009. — 201 с.
23. Korsiak J. Long-term exposure to wildfires and cancer incidence in Canada: a population-based observational cohort study / J. Korsiak, L. Pinault, T. Christidis [et al.] // *Lancet Planet Health*. — 2022. — № 6 (5). — P. e400–e409. — DOI: 10.1016/S2542-5196(22)00067-5.
24. Yu P., Xu R., Li S. et al. Exposure to wildfire-related PM2.5 and site-specific cancer mortality in Brazil from 2010 to 2016: A retrospective study / P. Yu, R. Xu, S. Li [et al.] // *PLoS Med*. — 2022. — № 19 (9). — P. e1004103. — DOI: 10.1371/journal.pmed.1004103.
25. Coleman N.C. Cancer mortality risk, fine particulate air pollution, and smoking in a large, representative cohort of US adults / N.C. Coleman, R.T. Burnett, J.D. Higbee [et al.] // *Cancer Causes Control*. — 2020. — № 31 (8). — P. 767–776. — DOI: 10.1007/s10552-020-01317-w.
26. Weichenthal S. Within-city Spatial Variations in Ambient Ultrafine Particle Concentrations and Incident Brain Tumors in Adults / S. Weichenthal, T. Olaniyan, T. Christidis [et al.] // *Epidemiology*. — 2020. — № 31 (2). — P. 177–183. — DOI: 10.1097/EDE.0000000000001137.
27. Xu R. Wildfire-related PM2.5 and DNA methylation: An Australian twin and family study / R. Xu, S. Li, Y. Wu [et al.] // *Environ Int*. — 2023. — № 171. — P. 107704. — DOI: 10.1016/j.envint.2022.107704.
28. Пинаев С.К. Роль гема в экологически обусловленном онкогенезе (обзор литературы) / С.К. Пинаев // *Экология человека*. — 2023. — № 30 (1). — С. 5–15. — DOI: 10.17816/humeco115234.
29. Anand K. Solar and geomagnetic activity reduces pulmonary function and enhances particulate pollution effects / K. Anand, C.L.Z. Vieira, E. Garshick [et al.] // *Sci Total Environ*. — 2022. — № 838. — Pt. 3. — P. 156434. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.156434.
30. Пинаев С.К. Связь активности Солнца и лесных пожаров с позиций онкогенеза / С.К. Пинаев, А.Я. Чижов, О.Г. Пинаева // *Радиация и риск*. — 2023. — № 32 (4). — С. 35–43. — DOI: 10.21870/0131-3878-2023-32-4-35-43.

Список литературы на английском языке / References in English

1. *Cancer Today* — IARC. — URL: <https://gco.iarc.fr/today/home> (accessed: 07.01.2024).
2. Portal ONCOLOGY.RU. Zlokachestvennyye novoobrazovaniya v Rossii [Portal ONCOLOGY.RU. Malignant neoplasms in Russia]. — URL: http://www.oncology.ru/service/statistics/malignant_tumors/ (accessed: 07.01.2024). [in Russian]

3. Demina E.A. Rukovodstvo po lecheniju limfomy Hodzhkina [Hodgkin's Lymphoma Treatment Guide] / E.A. Demina. — Moscow, 2021. — 96 p. [in Russian]
4. Dinand V. Epidemiology of childhood Hodgkins disease: is it different in developing countries? / V. Dinand, L.S. Arya // *Indian Pediatr.* — 2006. — № 43 (2). — P. 141–147. — URL: <http://www.indianpediatrics.net/feb2006/141.pdf> (accessed: 15.01.2024).
5. Imjanitov E.N. Jepidemiologija i biologija limfomy Hodzhkina [Epidemiology and biology of Hodgkin's lymphoma] / E.N. Imjanitov // *Prakticheskaja onkologija* [Practical Oncology]. — 2007. — № 2 (30). — P. 53–56. [in Russian]
6. Huang J. Incidence, mortality, risk factors, and trends for Hodgkin lymphoma: a global data analysis / J. Huang, W.S. Pang, V. Lok [et al.] // *J Hematol Oncol.* — 2022. — № 15 (1). — P. 57. — DOI: 10.1186/s13045-022-01281-9.
7. Taj T. Long-term residential exposure to air pollution and Hodgkin lymphoma risk among adults in Denmark: a population-based case-control study / T. Taj, A.H. Poulsen, M. Ketzal [et al.] // *Cancer Causes Control.* — 2021. — № 32 (9). — P. 935–942. — DOI: 10.1007/s10552-021-01446-w.
8. Kim J. Exposure to pesticides and risk of Hodgkin lymphoma in an international consortium of agricultural cohorts (AGRICOH) / J. Kim, M.E. Leon, L.H. Schinasi [et al.] // *Cancer Causes Control.* — 2023. — № 34 (11). — P. 995–1003. — DOI: 10.1007/s10552-023-01748-1.
9. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. List of Classifications. Agents classified by the IARC Monographs. — Vol. 1–133. — URL: <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications> (accessed: 07.01.2024).
10. Pinaev S.K. Osobennosti kancerogennogo dejstviya razlichnyh vidov dyma [Carcinogenic effect of various types of smoke] / S.K. Pinaev, O.G. Pinaeva, A.Ja. Chizhov // *Ul'janovskij mediko-biologicheskij zhurnal* [Ulyanovsk Medico-biological Journal]. — 2024. — № 1. — P. 6–27. — DOI: 10.34014/2227-1848-2024-1-6-27. [in Russian]
11. Hjalgrim H. Cigarette smoking and risk of Hodgkin lymphoma: a population-based case-control study / H. Hjalgrim, K. Ekström-Smedby, K. Rostgaard [et al.] // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* — 2007. — № 16 (8). — P. 1561–1566. — DOI: 10.1158/1055-9965.EPI-07-0094.
12. Kamper-Jørgensen M. Cigarette smoking and risk of Hodgkin lymphoma and its subtypes: a pooled analysis from the International Lymphoma Epidemiology Consortium (InterLymph) / M. Kamper-Jørgensen, K. Rostgaard, S.L. Glaser [et al.] // *Ann.Oncol.* — 2013. — № 24 (9). — P. 2245–2255. — DOI: 10.1093/annonc/mdt218.
13. Taborelli M. The dose-response relationship between tobacco smoking and the risk of lymphomas: a case-control study / M. Taborelli, M. Montella, M. Libra [et al.] // *BMC Cancer.* — 2017. — № 17 (1). — P. 421. — DOI: 10.1186/s12885-017-3414-2.
14. Pinaev S.K. The influence of solar radiation and forest fires smoke on sporadic fluctuations of neoplasms incidence in children / S.K. Pinaev // *RAD Conf. Proc.* — 2020. — № 4. — P. 69–71. — DOI: 10.21175/RadProc.2020.14.
15. Pinaev S.K. Vlijanie lesnyh pozharov na onkologicheskie zabelevanija u naselenija Dal'nego vostoka [Possible links of wildfires with oncological diseases of children and adults in the Russian Far East] / S.K. Pinaev, S. Venevskij, V.V. Chakov [et al.] // *Vestnik RGMU* [Bulletin of RSMU]. — 2023. — № (4). — P. 22–33. — DOI: 10.24075/vrgmu.2023.028. [in Russian]
16. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki. Chislennost' naselenija Rossijskoj Federacii po polu i vozrastu [Federal State Statistics Service. Population of the Russian Federation by sex and age]. — URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13284> (accessed: 07.01.2024). [in Russian]
17. Edinaja mezhvedomstvennaja informacionno-statisticheskaja sistema. Chislo lesnyh pozharov [Federal State Statistics Service. Number of forest fires]. — URL: <https://fedstat.ru/indicator/38497> (accessed: 07.01.2024). [in Russian]
18. Kholmatova K.K. Primenenie jekologicheskikh issledovanij v medicine i obshhestvennom zdravoohranenii [Ecological Studies in Medicine and Public Health] / K.K. Kholmatova, A.M. Grzhibovskij // *Jekologija cheloveka* [Human Ecology]. — 2016. — № 9. — P. 57–64. [in Russian]
19. Glusko R. Reed-Sternberg cells in classical Hodgkin lymphoma in children seem to be predominantly oestrogen receptor α negative and oestrogen receptor β positive / R. Glusko, K. Zielezińska, T. Ociepa [et al.] // *Pol J Pathol.* — 2011. — № 62 (2). — P. 79–83.
20. Pierdominici M. Estrogen receptor β ligation inhibits Hodgkin lymphoma growth by inducing autophagy / M. Pierdominici, A. Maselli, S.L. Locatelli [et al.] // *Oncotarget.* — 2017. — № 5. — P. 8522–8535. — DOI: 10.18632/oncotarget.14338.
21. Maia D.M. Sex steroid receptors in Hodgkin's disease / D.M. Maia, J. Sciarrotta, K. Abendroth [et al.] // *Leuk Lymphoma.* — 2000. — № 39 (3-4). — P. 365–371. — DOI: 10.3109/10428190009065836.
22. Dobryh V.A. Dym lesnyh pozharov i zdorov'e [Forest fire smoke and health] / V.A. Dobryh, T.A. Zaharycheva. — Khabarovsk: Publishing House of the Far Eastern State Medical University, 2009. — 201 p. [in Russian]
23. Korsiak J. Long-term exposure to wildfires and cancer incidence in Canada: a population-based observational cohort study / J. Korsiak, L. Pinault, T. Christidis [et al.] // *Lancet Planet Health.* — 2022. — № 6 (5). — P. e400–e409. — DOI: 10.1016/S2542-5196(22)00067-5.
24. Yu P., Xu R., Li S. et al. Exposure to wildfire-related PM2.5 and site-specific cancer mortality in Brazil from 2010 to 2016: A retrospective study / P. Yu, R. Xu, S. Li [et al.] // *PLoS Med.* — 2022. — № 19 (9). — P. e1004103. — DOI: 10.1371/journal.pmed.1004103.
25. Coleman N.C. Cancer mortality risk, fine particulate air pollution, and smoking in a large, representative cohort of US adults / N.C. Coleman, R.T. Burnett, J.D. Higbee [et al.] // *Cancer Causes Control.* — 2020. — № 31 (8). — P. 767–776. — DOI: 10.1007/s10552-020-01317-w.
26. Weichenthal S. Within-city Spatial Variations in Ambient Ultrafine Particle Concentrations and Incident Brain Tumors in Adults / S. Weichenthal, T. Olaniyan, T. Christidis [et al.] // *Epidemiology.* — 2020. — № 31 (2). — P. 177–183. — DOI: 10.1097/EDE.0000000000001137.

27. Xu R. Wildfire-related PM2.5 and DNA methylation: An Australian twin and family study / R. Xu, S. Li, Y. Wu [et al.] // *Environ Int.* — 2023. — № 171. — P. 107704. — DOI: 10.1016/j.envint.2022.107704.
28. Pinaev S.K. Rol' gema v jekologicheski obuslovlennom onkogeneze (obzor literatury) [The role of heme in environmentally caused oncogenesis (review)] / S.K. Pinaev // *Jekologija cheloveka* [Human Ecology]. — 2023. — № 30 (1). — P. 5–15. — DOI: 10.17816/humeco115234. [in Russian]
29. Anand K. Solar and geomagnetic activity reduces pulmonary function and enhances particulate pollution effects / K. Anand, C.L.Z. Vieira, E. Garshick [et al.] // *Sci Total Environ.* — 2022. — № 838. — Pt. 3. — P. 156434. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.156434.
30. Pinaev S.K. Svjaz' aktivnosti Solnca i lesnyh pozharov s pozicij onkogeneza [Connection between solar activity and forest fires from the standpoint of oncogenesis] / S.K. Pinaev, A.Ja. Chizhov, O.G. Pinaeva // *Radiacija i risk* [Radiation and Risk]. — 2023. — № 32 (4). — P. 35–43. — DOI: 10.21870/0131-3878-2023-32-4-35-43. [in Russian]