

## СВЯЗЬ ИНДЕКСОВ СОЛНЕЧНОЙ И ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ С ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ НЕХОДЖКИНСКИМИ ЛИМФОМАМИ В РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ СУБПОПУЛЯЦИЯХ РОССИИ

Научная статья

Пинаев С.К.<sup>1,\*</sup>, Старинский В.В.<sup>2</sup>, Чижов А.Я.<sup>3</sup>, Пинаева О.Г.<sup>4</sup>, Грецова О.П.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-0774-2376;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-0268-8307;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0003-0542-1552;

<sup>4</sup> ORCID : 0000-0001-9676-845X;

<sup>5</sup> ORCID : 0000-0002-4314-3170;

<sup>1,4</sup> Дальневосточный государственный медицинский университет, Хабаровск, Российская Федерация

<sup>2,5</sup> Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П.А. Герцена, Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Российская Федерация

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

### Аннотация

Актуальность. Неходжкинские лимфомы представляют значительную проблему в связи с их высокой клинической агрессивностью. Сведений о причинах их возникновения, необходимых для разработки мер профилактики, недостаточно. Цель исследования: изучить связь солнечной и геомагнитной активности с частотой неходжкинских лимфом в различных возрастных субпопуляциях России.

Материал и методы. Сведения о заболеваемости неходжкинскими лимфомами в России в 1990–2019 гг. подготовлены МНИОИ им. П. А. Герцена. Данные об активности Солнца и геомагнитных индексах взяты из открытых источников. Проведен корреляционный анализ связи индексов солнечной и геомагнитной активности с заболеваемостью неходжкинскими лимфомами в 11 итерациях, с временной задержкой (лагом) 0–10 лет. Результаты. Уточнены пики по возрастной заболеваемости неходжкинскими лимфомами в России (5 лет, и 75 лет), определяющие критические периоды адаптации к солнечной и геомагнитной активности на этапах онтогенеза. Установлена корреляция индексов геомагнитной активности PCtule, AU, Kp, Ap с заболеваемостью неходжкинскими лимфомами детей, а также индексов AL и Dst с частотой этой патологии в популяции. При изучении по декадам выявлена связь индексов солнечной активности с частотой неходжкинских лимфом, наиболее сильная в популяции. Корреляция с числами Вольфа в этой возрастной группе увеличивалась в динамике, достигнув к 2019 г. уровня очень сильной, с одновременным уменьшением лага. Выводы: Обнаружена корреляция частоты неходжкинских лимфом в России с солнечной и геомагнитной активностью. Увеличение корреляции частоты лимфом с активностью Солнца при уменьшении величины лага может быть связано с дизадаптацией к этому фактору премоурбидной субпопуляции. Авторами выдвинута гипотеза ключевой роли экологически обусловленного окислительного стресса, гема и семафоринов в этиопатогенезе неходжкинских лимфом. Предложены меры профилактики экологически обусловленного окислительного стресса путем усиления аутофагии компонентами пищи, и проведение иммунореабилитации препаратами трансфер фактора.

**Ключевые слова:** неходжкинские лимфомы, солнечная активность, геомагнитная активность, канцерогенез, Россия.

## RELATION OF SOLAR AND GEOMAGNETIC ACTIVITY INDICES TO THE PREVALENCE OF NON-HODGKIN'S LYMPHOMA IN DIFFERENT AGE SUBPOPULATIONS OF RUSSIA

Research article

Pinaev S.K.<sup>1,\*</sup>, Starinsky V.V.<sup>2</sup>, Chizhov A.Y.<sup>3</sup>, Pinaeva O.G.<sup>4</sup>, Gretsova O.P.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-0774-2376;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-0268-8307;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0003-0542-1552;

<sup>4</sup> ORCID : 0000-0001-9676-845X;

<sup>5</sup> ORCID : 0000-0002-4314-3170;

<sup>1,4</sup> Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russian Federation

<sup>2,5</sup> P.A. Herzen Moscow Scientific Research Oncological Institute, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

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

### Abstract

Relevance. Non-Hodgkin's lymphomas represent a significant problem due to their high clinical aggressiveness. There is insufficient information on the causes of their occurrence, which is necessary for the development of preventive measures. The aim of the study: to examine the association of solar and geomagnetic activity with the incidence of non-Hodgkin's lymphoma in different age subpopulations of Russia.

Material and methods. Data on the incidence of non-Hodgkin's lymphoma in Russia in 1990-2019 were prepared by the P.A. Herzen Moscow Research Institute of Oncology. Data on solar activity and geomagnetic indices were taken from open

sources. Correlation analysis of the relationship between solar and geomagnetic activity indices and the incidence of non-Hodgkin's lymphoma was performed in 11 iterations, with a time delay (lag) of 0–10 years. Results. The peaks of age-related morbidity of non-Hodgkin's lymphomas in Russia (5 years and 75 years) determining critical periods of adaptation to solar and geomagnetic activity at the stages of ontogenesis were specified. The geomagnetic activity indices PCtule, AU, Kp, Ap were correlated with the incidence of non-Hodgkin's lymphoma in children, as well as the indices AL and Dst with the frequency of this pathology in the full-age population. When studying by decades, the correlation of solar activity indices with the incidence of non-Hodgkin's lymphomas was found to be the strongest in the full-age population. The correlation with Wolf numbers in this age group increased over time, reaching a very strong level by 2019, with a concomitant decrease in the lag. Conclusions: The frequency of non-Hodgkin lymphoma in Russia was found to be correlated with solar and geomagnetic activity. The increase of correlation of lymphoma frequency with solar activity with decreasing lag value may be associated with dysadaptation of premorbid subpopulation to this factor. The authors hypothesized the key role of environmentally determined oxidative stress, haem and semaphorins in the etiopathogenesis of non-Hodgkin's lymphoma. Measures of prevention of environmentally determined oxidative stress by enhancing autophagy with food components and immunorehabilitation with transfer factor preparations were suggested.

**Keywords:** non-Hodgkin's lymphomas, solar activity, geomagnetic activity, carcinogenesis, Russia.

## **Введение**

Неходжкинские лимфомы (НХЛ) являются наиболее частой формой новообразований лимфоидной ткани. Уровни заболеваемости НХЛ в 2022 г. в России и мире в стандартизованных показателях составили 6,8 и 5,6 на 100000 населения соответственно [1]. Высокая клиническая агрессивность НХЛ определяет актуальность разработки эффективных методов профилактики, что в свою очередь требует выявления причин их возникновения.

К общим для НХЛ факторам риска относят ожирение, а также табачный дым, выхлопные газы, профессиональные контакты с красками, пестицидами, бензолом и трихлорэтиленом [3], [4], [5], [6]. Установлено достоверное увеличение заболеваемости НХЛ у лиц с татуировками, обусловленное наличием канцерогенов в используемых красках [7]. Из факторов физической природы, связанным с риском возникновения НХЛ, исследователи указывают на лучевую терапию в анамнезе [4] и профессиональное воздействие электромагнитных полей [8], [9].

В связи с этим вызывает интерес возможная роль в генезе НХЛ активности Солнца. Изучение заболеваемости НХЛ у детей и взрослых в США выявило цикличность, подобную солнечной активности, с наличием лага (задержки) [10], [11]. Проведенные нами ранее исследования подтвердили связь чисел Вольфа с частотой НХЛ у детей и взрослых [12], [13]. Однако число солнечных пятен как проявление активности Солнца не дает понимания, какие из обусловленных этим воздействием физических процессов могут оказывать канцерогенный эффект. В связи с этим представляют интерес свидетельства роста частоты НХЛ по мере смещения от экватора к полюсам, что может указывать на возможную роль геомагнитных колебаний в возникновении этих новообразований [6]. Данная работа направлена на выявление критических периодов адаптации [14] к колебаниям магнитного поля Земли путем исследования взаимосвязи индексов солнечной и геомагнитной активности с частотой НХЛ на этапах онтогенеза.

Цель: изучить связь индексов солнечной и геомагнитной активности с заболеваемостью НХЛ в различных возрастных субпопуляциях России.

## **Методы и принципы исследования**

Исследование проведено в масштабе популяции Российской Федерации за 30 лет. Подготовка данных о частоте НХЛ в России в 1990–2019 гг. (код МКБ-10: C82-86, 96; грубые показатели заболеваемости на 100 000 населения в год, оба пола) в трех возрастных субпопуляциях (0–4 года, 0–14 лет, 0–85+лет) выполнена 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) и Федерального ракового регистра РФ «Канцер-регистр 6FB».

Для уточнения критических периодов адаптации к солнечной и геомагнитной активности на этапах онтогенеза [5], [6], [8] на основе зарегистрированных в 2010–2019 гг. случаев НХЛ, и сведений Росстата о численности населения России по полу и возрасту [15] рассчитана повозрастная заболеваемость на 100000 населения соответствующей возрастной группы с шагом в один год, от 0 до 95 лет. В возрасте старше 95 лет резко сокращается численность населения в группах, в связи с чем показатели имеют значительный разброс и расценены как выпадающие данные. Расчет пиков заболеваемости выполнен с помощью регрессионного анализа полиномом 5 степени. Для этого эмпирический график разделен по точке излома на два фрагмента, и проведена оценка диаграмм рассеяния для каждого из них.

Сведения о солнечной активности (групповое среднегодовое число солнечных пятен (число Вольфа) и международное среднегодовое число солнечных пятен) получены на сайте Мирового центра данных по солнечно-земной физике [16]. Данные об индексах геомагнитной активности взяты на сайте NASA [17]. В анализ включены индекс PC Tule (отражает магнитные возмущения в области Северного полюса); индексы AE, AL, AU (характеризуют колебания геомагнитного поля в зоне полярных сияний); Kp (средние значения возмущения горизонтальных компонент магнитного поля между 48 – 63 градусами геомагнитных широт); ap (отражает изменения наиболее возмущенного элемента магнитного поля между 23-66 градусами широты); Dst (характеризует геомагнитную активность в низких широтах) [16].

В качестве основного метода для оценки связей между уровнями заболеваемости НХЛ и параметрами солнечной и геомагнитной активности использован корреляционный анализ по Пирсону, поскольку ограниченный размер выборки (менее 40 баллов) не является оптимальным для выявления значимых связей между переменными более мощными статистическими методами. В этой ситуации корреляционный анализ является альтернативой, позволяющей обнаружить взаимосвязи без строгой зависимости от размера выборки. Условием для принятия решения о возможности корреляционного анализа являлся нормальный характер распределения как минимум одного ряда данных, исходя из высокой робастности метода [18], [19]. Нормальность распределения проверялась по критерию

Смирнова-Крамера-Мизеса, дополнительная визуальная оценка проводилась по графику QQ plot. В случае отклонения от нормального распределения динамические ряды подвергались нормализации путем регрессионного анализа с последующим приведением линейного тренда роста к нулю.

Анализ по Пирсону проводился между динамическими рядами солнечных и геомагнитных индексов и частотой НХЛ в России в 1990-2019 гг. в 11 итерациях с временной задержкой (лагом) 0–10 лет с шагом в один год. В связи со значительным отличием параметров четных и нечетных циклов активности Солнца [20], [21], дополнительно проведено исследование динамических рядов отдельно по декадам, с фиксацией показателей заболеваемости НХЛ по 10-летним периодам (1990–1999, 2000–2009, 2010–2019 гг.) В качестве критерия достоверности коэффициентов корреляции принята величина  $p \leq 0,05$ . Данные обработаны с помощью встроенного математического аппарата программы Microsoft Excel и пакета IBM SPSS Statistics 23.

### Основные результаты

Анализ по возрастной заболеваемости НХЛ установил бимодальный характер распределения, с возникновением новообразований преимущественно в зрелом возрасте (Рис. 1).

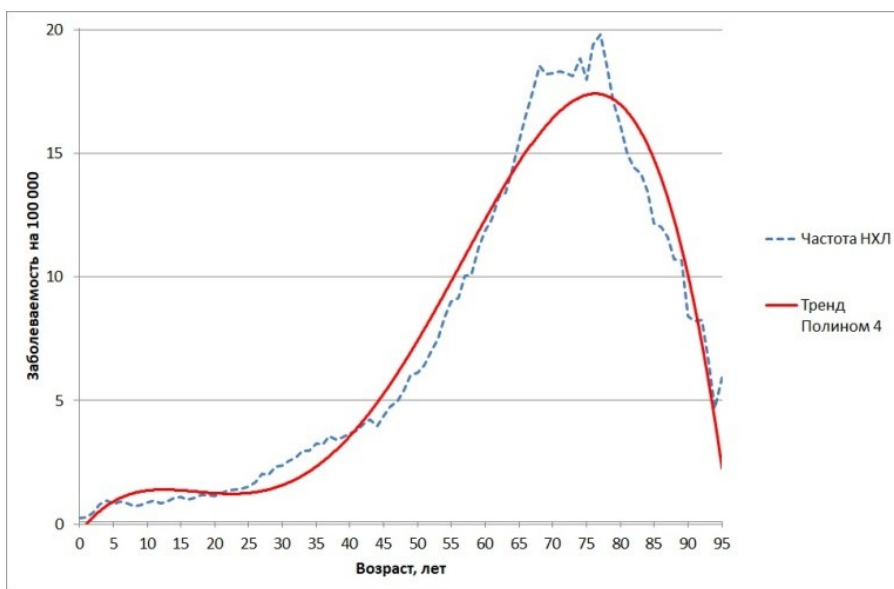


Рисунок 1 - Повозрастная заболеваемость неходжкинскими лимфомами в России в 2010-2019 гг

Примечание: оба пола, грубый показатель на 100 000

После разделения эмпирического графика по точке излома (8 лет) путем последующего полиномиального регрессионного анализа фрагментов уточнено положение пиков заболеваемости, которые приходятся на возраст 5 и 75 лет (Рис.2, Рис. 3).

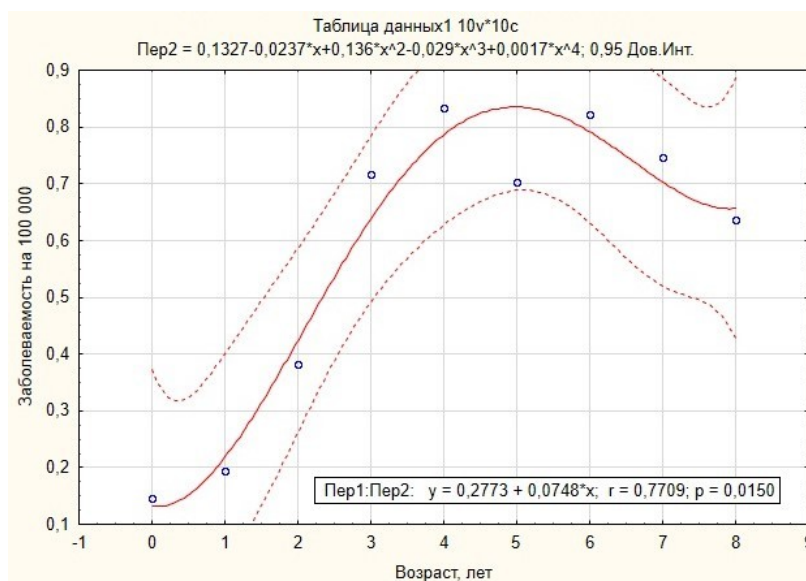


Рисунок 2 - Диаграмма рассеяния по возрастной заболеваемости неходжкинскими лимфомами

Примечание: 0-8 лет; оба пола, грубые показатели на 100 000

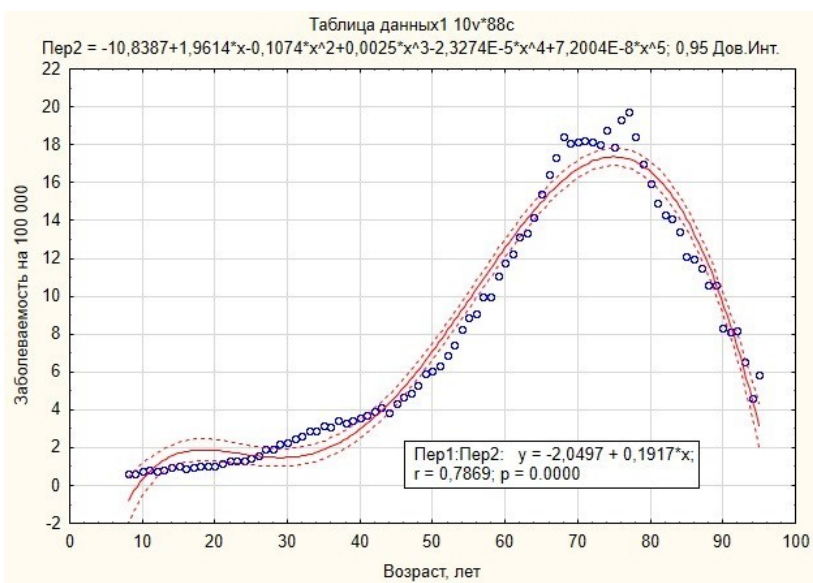


Рисунок 3 - Диаграмма рассеяния повозрастной заболеваемости неходжкинскими лимфомами

Примечание: 8-95 лет; оба пола, грубые показатели на 100 000

Динамические ряды частоты НХЛ в возрастных группах 0-4 года и 0-85+ лет, а также всех индексов геомагнитной активности имели нормальный характер распределения, тогда как показатели числа солнечных пятен, чисел Вольфа и заболеваемости НХЛ в возрасте 0-14 лет незначительно отличались от него.

При изучении динамических рядов солнечных пятен и чисел Вольфа ни в одной из возрастных групп связи с частотой НХЛ в 1990-2019 гг. обнаружено не было. Однако исследование геомагнитных индексов позволило установить наличие корреляции заболеваемости в группе детей младшего возраста 0-4 лет в этом периоде с индексами PCtule, AE, Kp(лаг 1 год), и AU, Arпри лаге 6 лет (Табл. 1). В детской популяции в целом (0-14 лет) корреляция с этими же индексами отмечена при лаге 1 год. В популяции 0-85+ лет, напротив, подобной зависимости не наблюдалось, однако была выявлена связь с индексом AL(лаг 8 лет) и Dst(лаг 0).

Таблица 1 - Коэффициент корреляции и лаг между индексами геомагнитной активности и частотой неходжкинских лимфом в различных возрастных популяциях России

Период, годы	Геомагнитные индексы	Возрастные группы, лет								
		0-4			0-14			0-85+		
		r	p	Лag	r	p	Лag	r	p	Лag
1990-1999	PCtule	0,425	0,019	1	0,472	0,008	1			
	AE	0,426	0,019	1	0,493	0,006	1			
	AL							0,649	0,000	8
	AU	0,397	0,030	6	0,491	0,006	1			
	Kp	0,402	0,028	1	0,557	0,001	1			
	Ar	0,395	0,031	6	0,548	0,002	1			
	Dst							0,654	0,000	0

Примечание: r – коэффициент корреляции, p – уровень значимости, лаг – временная задержка (лет)

Изучение заболеваемости детей младшего возраста 0-4 лет отдельно по декадам связей с числом солнечных пятен и числами Вольфа не обнаружило. Исследование геомагнитных индексов установило корреляцию частоты НХЛ в этой возрастной подгруппе только во второй декаде (2000-2009 гг.) с AL (r = 0,692; p = 0,027; лаг 8).

В масштабе всей детской популяции России 0-14 лет в 1-й декаде (1990-1999 гг.) корреляции с индексами солнечной активности выявлено не было. Начиная со 2-й декады (2000-2009 гг.) установлена сильная связь заболеваемости с числом солнечных пятен и числами Вольфа, несколько уменьшившаяся в 3-й декаде (2010-2019 гг.) при одновременном укорочении лага (Табл. 2).

Таблица 2 - Коэффициент корреляции и лаг между показателями солнечной и геомагнитной активности, и частотой неходжкинских лимфом в детской популяции России в возрасте 0-14 лет

Индекс ы солнеч ной и геомаг нитной активн ости	Период, годы								
	1990-1999			2000-2009			2010-2019		
	г	р	Лаг	г	р	Лаг	г	р	Лаг
Число солнеч ных пятен				0,861	0,001	5	0,723	0,018	4
Числа Вольфа				0,852	0,002	5	0,716	0,02	4
PC Tule									
AE				0,640	0,046	4	0,642	0,045	3
AL							0,716	0,020	9
AU				0,644	0,644	4	0,656	0,039	4
Kp	0,665	0,036	1	0,738	0,015	4	0,637	0,048	3
Ap	0,676	0,032	1	0,653	0,041	4			
Dst				0,642	0,045	8	0,695	0,026	9

Примечание: г – коэффициент корреляции, р – уровень значимости, лаг – временная задержка (лет)

Во всех трех декадах отмечена связь частоты НХЛ у детей с индексом Kp, при полном отсутствии таковой с PC Tule. Корреляция с прочими индексами была выявлена преимущественно во второй и третьей декадах при лаге, близком к таковому с лагом числа солнечных пятен. Исключение составляли индексы AL и Dst, лаг при которых достигал 8-9 лет.

Число индексов, обнаруживших связь с частотой НХЛ в популяции 0-85+ лет, равно как и величина этой связи, увеличивалось от декады к декаде, с полным охватом всего их спектра и максимальным усилением в 2010-2019 гг. (Табл. 3).

Таблица 3 - Коэффициент корреляции и лаг между показателями солнечной и геомагнитной активности, и частотой неходжкинских лимфом в популяции России

Индекс ы солнеч ной и геомаг нитной активн ости	Период, годы								
	1990-1999			2000-2009			2010-2019		
	г	р	Лаг	г	р	Лаг	г	р	Лаг
Число солнеч ных пятен	0,704	0,023	6	0,801	0,005	6	0,906	0,000	3
Числа Вольфа	0,713	0,021	6	0,825	0,003	6	0,911	0,000	3
PC Tule				0,719	0,019	4	0,723	0,018	2
AE							0,874	0,001	3
AL	0,760	0,011	1	0,766	0,010	0	0,865	0,001	9

AU				0,687	0,028	6	0,905	0,000	3
Kp							0,858	0,002	2
Ap							0,829	0,003	3
Dst	0,705	0,023	1	0,905	0,000	0	0,895	0,000	10

Примечание: 0-85+ лет; r – коэффициент корреляции, p – уровень значимости, лаг – временная задержка (лет)

Также в возрастной группе 0-85+ лет установлено нарастающее увеличение корреляции частоты НХЛ с числами Вольфа, с достижением в третьей декаде (2010-2019 гг.) уровня очень сильной, с одновременным уменьшением лага (Рис. 4).

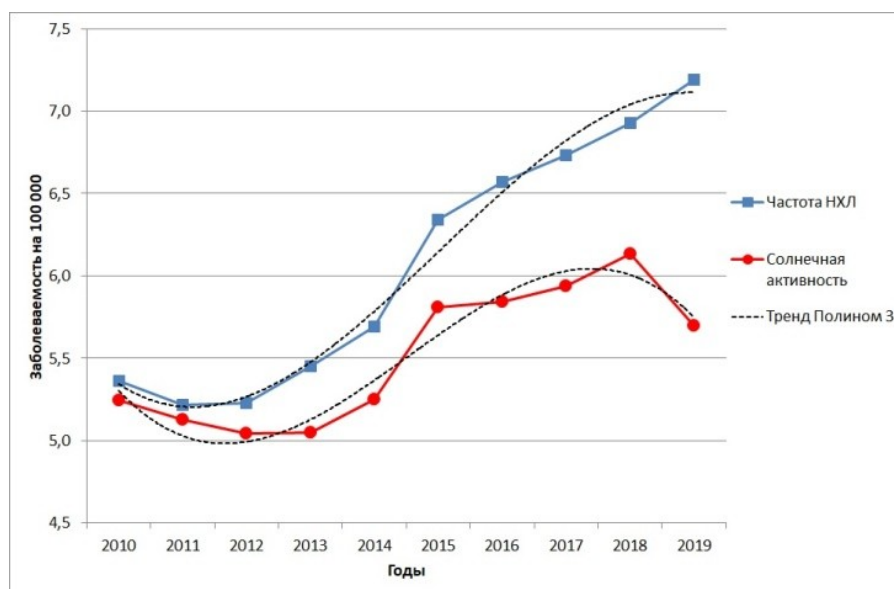


Рисунок 4 - Сравнительная динамика солнечной активности (Числа Вольфа  $\times 10^{-2} + 5$ ; лаг 3) и частоты неходжкинских лимфом в популяции России в 2010-2019 гг

Примечание: 0-85+ лет; оба пола, грубые показатели на 100 000

На представленном рисунке хорошо видна высокая степень сопряженности динамических рядов активности Солнца и показателя заболеваемости НХЛ в России.

### Обсуждение

Два пика по возрастной заболеваемости НХЛ свидетельствуют о сходстве этиопатогенеза входящих в данную группу лимфом и обоснованности их объединения, а также о значительном различии причин и механизмов возникновения этих новообразований у детей и взрослых.

Выявление связи между активностью Солнца и заболеваемостью НХЛ детей и взрослых подтверждает полученные нами ранее данные [12], [13]. Тот факт, что во всех трех декадах в детских и популяциях сила связи заболеваемости с числом солнечных пятен и с числами Вольфа, а также величина лага были идентичными при незначительных отличиях, позволяет рассматривать эти индексы солнечной активности при проведении экологических исследований в качестве равноценных.

Обнаруженное на протяжении 1990-2019 гг. увеличение силы связи частоты НХЛ в популяции с индексами солнечной активности является парадоксальным, поскольку происходит на фоне снижения в этот период (22-24 циклы) солнечной активности [21]. В качестве гипотезы можно предположить, что выявленный процесс связан с дизадаптацией части населения к этому фактору окружающей среды. В норме солнечная радиация и обусловленные ею эффекты служат синхронизации внутренних биоритмов с внешней средой. Это касается окислительных и антиокислительных реакций, соотношения супрессорной и хелперной активности, а также энергетических процессов в иммунных клетках [22], [23]. Данный процесс реализуется благодаря гипоталамусу, который высоко чувствителен к колебаниям электромагнитных полей [24]. При этом электромагнитные поля могут оказывать стабилизирующее действие, либо напротив дестабилизировать патологические процессы [24], [25]. Можно предположить, что многолетние изменения солнечной активности сенсбилизируют преморбидную супопуляцию, приводя к нарушениям антиоксидантной защиты и иммуносупрессии, способствуя тем самым канцерогенезу.

Представляет значительный интерес выявленная в нашем исследовании корреляция индексов геомагнитной активности с частотой НХЛ. Согласно заключению Международного агентства по изучению рака, низкочастотные магнитные поля являются возможным канцерогеном для человека [26]. В свете этого связь заболеваемости детей в России с индексами PC Tule, AE, AU, Kp и Ap, отражающими геомагнитную активность на ее территории в высоких и

средних широтах, позволяет предположить этиологическую роль указанного фактора внешней среды в генезе данных новообразований.

Иначе обстоит ситуация с заболеваемостью НХЛ взрослых, показавшая связь с индексами AL и Dst. Дело в том, что AL индекс (auroral low) отражает магнитную активность в высоких широтах Северного полушария только местной зимой, а летом, напротив, он демонстрирует связь с южной полярной областью [27]. Что касается Dst, этот индекс характеризует геомагнитную активность в низких широтах [28]. Возможно, обнаруженная связь с индексами AL и Dst является косвенным отражением воздействия на человеческую популяцию иных компонентов космической погоды.

Онкогенное воздействие солнечной активности и опосредованных ею процессов при возникновении НХЛ может осуществляться как через прямое повреждение генома космическими лучами, так и косвенно через индукцию геомагнитными колебаниями экологически обусловленного окислительного стресса (EROS – от англ. environmentally related oxidative stress), с последующей эпигеномной дисрегуляцией семафорин [29], [30]. Важная роль в этом процессе принадлежит гему [29]. Находящееся в его составе железо в связи резко усиливает окислительный стресс путем запуска образования через реакцию Фентона гидроксильных радикалов. Также благодаря своим ферромагнитным свойствам железо способствует увеличению окислительного стресса через физические процессы генерации, приема и усиления электромагнитных полей [29].

Исходя из роли окислительного стресса в экологически обусловленном онкогенезе, представляется обоснованным применение в качестве средств профилактики антиоксидантов [30] и пищевых продуктов, стимулирующих аутофагию [6]. Также, исходя из иммуносупрессивного действия EROS, целесообразна превентивная иммунореабилитация препаратами трансфер фактора [6].

Результаты данного исследования следует рассматривать как предварительные, поскольку корреляционный анализ не позволяет высказаться о причинно-следственных взаимоотношениях между изученными факторами. В связи с этим требуются дальнейшие исследования в этом направлении эпидемиологическими и экспериментальными методами, с применением различных аналитических аппаратов.

### **Заключение**

Неходжкинские лимфомы вследствие недостаточной изученности этиопатогенеза и высокой клинической агрессивности остаются важной целью для исследователей в области теоретической и практической онкологии. Обнаруженные корреляции заболеваемости НХЛ с солнечной и геомагнитной активностью при установлении причинно-следственных связей могут лечь в основу комплексных профилактических программ.

### **Благодарности**

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

### **Конфликт интересов**

Не указан.

### **Рецензия**

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала

### **Acknowledgement**

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

### **Conflict of Interest**

None declared.

### **Review**

International Research Journal Reviewers Community

### **Список литературы / References**

1. Портал ONCOLOGY.RU. Злокачественные новообразования в России. — URL: [http://www.oncology.ru/service/statistics/malignant\\_tumors/](http://www.oncology.ru/service/statistics/malignant_tumors/) (дата обращения: 07.01.2024).
2. Cancer Today IARC. — URL: <https://gco.iarc.fr/today/home> (accessed: 07.01.2024).
3. Francisco L.F.V. Occupational Exposures and Risks of Non-Hodgkin Lymphoma: A Meta-Analysis / L.F.V. Francisco, R.N. da Silva, M.A. Oliveira M.A. [et al.] // *Cancers* (Basel). — 2023. — № 15(9). — P. 2600. — DOI: 10.3390/cancers15092600.
4. Thandra K.C. Epidemiology of Non-Hodgkin's Lymphoma / K.C. Thandra, A. Barsouk, K. Saginala [et al.] // *Med Sci* (Basel). — 2021. — № 9 (1). — P. 5. — DOI: 10.3390/medsci9010005.
5. Koutros S. Diesel Exhaust Exposure and Cause-Specific Mortality in the Diesel Exhaust in Miners Study II (DEMS II) Cohort / S. Koutros, B. Graubard, B.A. Bassig [et al.] // *Environ Health Perspect.* — 2023. — № 8. — P. 87003. — DOI: 10.1289/EHP12840.
6. Пинаев С.К. Связь дыма и солнечной активности с новообразованиями человека / С.К. Пинаев, А.Я. Чижов, О.Г. Пинаева // *Казанский мед. ж.* — 2022. — № 103 (4). — С. 650–657. — DOI: 10.17816/KMJ2022-650.
7. Nielsen C. Tattoos as a risk factor for malignant lymphoma: a population-based case—control study / C. Nielsen, M. Jerkeman, A. Saxne Jöud // *The Lancet Discovery Science. eClinicalMedicine.* — 2024. — № 72. — P. 102649. — DOI: 10.1016/j.eclinm.2024.102649.
8. Villeneuve P.J. Non-Hodgkin's lymphoma among electric utility workers in Ontario: the evaluation of alternate indices of exposure to 60 Hz electric and magnetic fields / P.J. Villeneuve, D.A. Agnew, A.B. Miller [et al.] // *Occup. Environ. Med.* — 2000. — № 57 (4). — P. 249–257. — DOI: 10.1136/oem.57.4.249.
9. Karipidis K. Occupational exposure to power frequency magnetic fields and risk of non-Hodgkin lymphoma / K. Karipidis, G. Benke, M. Sim [et al.] // *Occup. Environ. Med.* — 2007. — № 64 (1). — P. 25–29. — DOI: 10.1136/oem.2005.022848.
10. Dimitrov B.D. Non-Hodgkin's lymphoma in US children: biometeorological approach / B.D. Dimitrov // *Folia Med* (Plovdiv). — 1999. — № 41 (1). — P. 29–33.

11. Dimitrov B. Malignant melanoma of the skin and non-Hodgkin's lymphoma in USA: a comparative epidemiological study / B. Dimitrov // *Folia Med (Plovdiv)*. — 1999. — № 41 (1). — P. 121–125.
12. Пинаев С.К. Сравнительный анализ связи трендов гемобластозов в России, Соединённых Штатах Америки и Канаде с солнечной активностью / С.К. Пинаев, А.Я. Чижов, А.М. Гржибовский [и др.] // *Казанский медицинский журнал*. — 2022. — № 103 (6). — С. 1005–1012. — DOI: 10.17816/KMJ109511.
13. Пинаев С.К. Связь солнечной активности и дыма с гемобластомами детского возраста / С.К. Пинаев, А.Я. Чижов, О.Г. Пинаева // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. — 2022. — № 30 (4). — С. 597–605. — DOI: 10.22363/2313-2310-2022-30-4-597-605.
14. Пинаев С.К. Критические периоды адаптации к дыму и солнечной активности на этапах онтогенеза (обзор литературы) / С.К. Пинаев, А.Я. Чижов, О.Г. Пинаева // *Экология человека*. — 2021. — № 11. — С. 4–11. — DOI: 10.33396/1728-0869-2021-11-4-11.
15. Федеральная служба государственной статистики. Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту. — URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13284> (дата обращения: 09.04.2023)
16. Мировой центр данных по солнечно-земной физике, Москва. — URL: <http://www.wdcb.ru/stp/index.ru.html> (дата обращения: 09.04.2023)
17. NASA. Interface to produce plots, listings or output files from OMNI 2. — URL: <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html> (accessed: 09.04.2023)
18. Fitzmaurice G.M. *Applied Longitudinal Analysis* / G.M. Fitzmaurice, N.M. Laird, J.H. Ware. — John Wiley & Sons, 2011. — 752 p. — DOI: 10.1002/9781119513469.
19. Гржибовский А.М. Корреляционный анализ данных с использованием программного обеспечения STATISTICA и SPSS / А.М. Гржибовский, С.В. Иванов, М.А. Горбатова // *Наука и здравоохранение*. — 2017. — № 1. — С. 7–36.
20. Безродных И.П. Динамика солнечной и геомагнитной активности. I. Источники геомагнитной активности, корональная масс-эжекция, высокоскоростные потоки солнечного ветра / И.П. Безродных, Е.И. Морозова, А.А. Петрукович // *Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ*. — 2019. — Т. 170. — № 3. — С. 13–27.
21. Ишков В.Н. Текущий 24 цикл солнечной активности в фазе минимума: Предварительные итоги и особенности развития / В.Н. Ишков // *Космические исследования*. — 2020. — № 58 (6). — С. 471–478. — DOI: 10.31857/S0023420620060060.
22. Булатецкий С.В. Динамика неспецифических адаптационных механизмов как критерий оптимизации магнитных воздействий / С.В. Булатецкий, Ю.Ю. Бяловский, Е.П. Глушкова [и др.] // *Рос. мед.-биол. вестн. им. акад. И.П. Павлова*. — 2013. — № 2. — С. 49–53.
23. Мартынюк В.С. Магнитные поля крайне низкой частоты как фактор модуляции и синхронизации инфраничных биоритмов у животных / В.С. Мартынюк, Н.А. Темуриянец // *Геофизические процессы и биосфера*. — 2009. — № 8 (1). — С. 36–50.
24. Гаркави Л.Х. Активационная терапия. Антистрессорные реакции активации и тренировки и их использование для оздоровления, профилактики и лечения / Л.Х. Гаркави. — Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. Ун-та, 2006. — 256 с.
25. Мартынюк В.С. Экспериментальная верификация электромагнитной гипотезы солнечно-биосферных связей / В.С. Мартынюк, Н.А. Темуриянец // *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия*. — 2007. — № 20 (1). — С. 8.
26. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. List of Classifications. Agents classified by the IARC Monographs. — Vol. 1–135. — URL: <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications> (accessed: 04.01.2024).
27. Lyatskaya S. Auroral electrojet AL index and polar magnetic disturbances in two hemispheres / S. Lyatskaya, W. Lyatsky, G.V. Khazanov // *J. Geophys. Res.* — 2009. — № 114. — P. A06212. — DOI: 10.1029/2009JA014100.
28. Мочалова А.В. Анализ зависимости значений Dst-индекса, рассчитанных с помощью трех методик, от уровня солнечной и геомагнитной активности / А.В. Мочалова, В.А. Мочалов, О.В. Мандрикова // *Вест. КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. — 2019. — № 4. — С. 77–86. — DOI: 10.26117/2079-6641-2019-29-4-77-86.
29. 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.
30. Mitrea D.R. Antioxidant protection against cosmic radiation-induced oxidative stress at commercial flight altitude / D.R. Mitrea, H. Mortazavi Moshkenani, O.A. Hoteiuc [et al.] // *J Physiol Pharmacol*. — 2018. — № 69 (4). — DOI: 10.26402/jpp.2018.4.03.

### **Список литературы на английском языке / References in English**

1. Portal ONCOLOGY.RU. Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii [ONCOLOGY.RU. Malignant neoplasms in Russia]. — URL: [http://www.oncology.ru/service/statistics/malignant\\_tumors/](http://www.oncology.ru/service/statistics/malignant_tumors/) (accessed: 07.01.2024). [in Russian]
2. Cancer Today IARC. — URL: <https://gco.iarc.fr/today/home> (accessed: 07.01.2024).
3. Francisco L.F.V. Occupational Exposures and Risks of Non-Hodgkin Lymphoma: A Meta-Analysis / L.F.V. Francisco, R.N. da Silva, M.A. Oliveira M.A. [et al.] // *Cancers (Basel)*. — 2023. — № 15(9). — P. 2600. — DOI: 10.3390/cancers15092600.
4. Thandra K.C. Epidemiology of Non-Hodgkin's Lymphoma / K.C. Thandra, A. Barsouk, K. Saginala [et al.] // *Med Sci (Basel)*. — 2021. — № 9 (1). — P. 5. — DOI: 10.3390/medsci9010005.
5. Koutros S. Diesel Exhaust Exposure and Cause-Specific Mortality in the Diesel Exhaust in Miners Study II (DEMS II) Cohort / S. Koutros, B. Graubard, V.A. Bassig [et al.] // *Environ Health Perspect.* — 2023. — № 8. — P. 87003. — DOI: 10.1289/EHP12840.



6. Pinaev S.K. Svjaz' dyma i solnečnoj aktivnosti s novoobrazovanijami cheloveka [The link of smoke and solar activity with human neoplasms] / S.K. Pinaev, A.Ja. Chizhov, O.G. Pinaeva // *Kazanskij med. zh* [Kazan Medical Journal]. — 2022. — № 103 (4). — P. 650–657. — DOI: 10.17816/KMJ2022-650. [in Russian]
7. Nielsen C. Tattoos as a risk factor for malignant lymphoma: a population-based case—control study / C. Nielsen, M. Jerkeman, A. Saxne Jöud // *The Lancet Discovery Science. eClinicalMedicine*. — 2024. — № 72. — P. 102649. — DOI: 10.1016/j.eclinm.2024.102649.
8. Villeneuve P.J. Non-Hodgkin's lymphoma among electric utility workers in Ontario: the evaluation of alternate indices of exposure to 60 Hz electric and magnetic fields / P.J. Villeneuve, D.A. Agnew, A.B. Miller [et al.] // *Occup. Environ. Med.* — 2000. — № 57 (4). — P. 249–257. — DOI: 10.1136/oem.57.4.249.
9. Karipidis K. Occupational exposure to power frequency magnetic fields and risk of non-Hodgkin lymphoma / K. Karipidis, G. Benke, M. Sim [et al.] // *Occup. Environ. Med.* — 2007. — № 64 (1). — P. 25–29. — DOI: 10.1136/oem.2005.022848.
10. Dimitrov B.D. Non-Hodgkin's lymphoma in US children: biometeorological approach / B.D. Dimitrov // *Folia Med (Plovdiv)*. — 1999. — № 41 (1). — P. 29–33.
11. Dimitrov B. Malignant melanoma of the skin and non-Hodgkin's lymphoma in USA: a comparative epidemiological study / B. Dimitrov // *Folia Med (Plovdiv)*. — 1999. — № 41 (1). — P. 121–125.
12. Pinaev S.K. Sravnitel'nyj analiz svjazi trendov gemoblastozov v Rossii, Soedinjonnyh Shtatah Ameriki i Kanade s solnečnoj aktivnost'ju [Comparative analysis of the link between hemoblastosis trends in Russia, USA and Canada and solar activity] / S.K. Pinaev, A.Ja. Chizhov, A.M. Grzhibovskij [et al.] // *Kazanskij medicinskij zhurnal* [Kazan Medical Journal]. — 2022. — № 103 (6). — P. 1005–1012. — DOI: 10.17816/KMJ109511. [in Russian]
13. Pinaev S.K. Svjaz' solnečnoj aktivnosti i dyma s gemoblastozami detskogo vozrasta [A link between solar activity and smoke with hemoblastosis in children] / S.K. Pinaev, A.Ja. Chizhov, O.G. Pinaeva // *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serija: Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [RUDN Journal of Ecology and Life Safety]. — 2022. — № 30 (4). — P. 597–605. — DOI: 10.22363/2313-2310-2022-30-4-597-605. [in Russian]
14. Pinaev S.K. Kriticheskie periody adaptacii k dymu i solnečnoj aktivnosti na jetapah ontogeneza (obzor literatury) [Critical periods of adaptation to smoke and solar activity at the stages of ontogeny (Review)] / S.K. Pinaev, A.Ja. Chizhov, O.G. Pinaeva // *Jekologija cheloveka* [Ekologiya cheloveka (Human Ecology)]. — 2021. — № 11. — P. 4–11. — DOI: 10.33396/1728-0869-2021-11-4-11. [in Russian]
15. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki. Chislennost' naselenija Rossijskoj Federacii po polu i vozrastu [Federal State Statistics Service. Number of forest fires]. — URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13284> (accessed: 09.04.2023) [in Russian]
16. Mirovoj centr dannyh po solnečno-zemnoj fizike, Moskva [World Data Center for Solar-Terrestrial Physics, Moscow, Russia]. — URL: <http://www.wdcb.ru/stp/index.ru.html> (accessed: 09.04.2023) [in Russian]
17. NASA. Interface to produce plots, listings or output files from OMNI 2. — URL: <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html> (accessed: 09.04.2023)
18. Fitzmaurice G.M. Applied Longitudinal Analysis / G.M. Fitzmaurice, N.M. Laird, J.H. Ware. — John Wiley & Sons, 2011. — 752 p. — DOI: 10.1002/9781119513469.
19. Grzhibovskij A.M. Korreljacionnyj analiz dannyh s ispol'zovaniem programmnoho obespechenija STATISTICA i SPSS [Correlation analysis of data using STATISTICA and SPSS software] / A.M. Grzhibovskij, S.V. Ivanov, M.A. Gorbatova // *Nauka i zdavoohranenie* [Science and health]. — 2017. — № 1. — P. 7–36. [in Russian]
20. Bezrodnyh I.P. Dinamika solnečnoj i geomagnitnoj aktivnosti. I. Istochniki geomagnitnoj aktivnosti, koronal'naja mass-jezhekciya, vysokoskorostnye potoki solnečnogo vetra [Dynamics of solar and geomagnetic activity. I. Sources of geomagnetic activity, coronal mass ejection, high-speed solar wind flows] / I.P. Bezrodnyh, E.I. Morozova, A.A. Petrukovich // *Voprosy jelektromehaniki. Trudy VNIIEJEM* [Problems of electromechanics. Proceedings of VNIIEJEM]. — 2019. — Vol. 170. — № 3. — P. 13–27. [in Russian]
21. Ishkov V.N. Tekushhij 24 cikl solnečnoj aktivnosti v faze minimuma: Predvaritel'nye itogi i osobennosti razvitija [The current 24 cycle of solar activity in the minimum phase: Preliminary results and features of development] / V.N. Ishkov // *Kosmicheskie issledovanija* [Space Research]. — 2020. — № 58 (6). — P. 471–478. — DOI: 10.31857/S0023420620060060. [in Russian]
22. Bulateckij S.V. Dinamika nespecificeskikh adaptacionnyh mehanizmov kak kriterij optimizacii magnitnyh vozdeystvij [Dynamics of adaptive mechanisms such as the optimization criteria magnetic interference] / S.V. Bulateckij, Ju.Ju. Bjalovskij, E.P. Glushkova [et al.] // *Ros. med.-biol. vestn. im. akad. I.P. Pavlova* [I.P. Pavlov Russian Medical Biological Bulletin]. — 2013. — № 2. — P. 49–53. [in Russian]
23. Martynjuk V.S. Magnitnye polja krajne nizkoj chastoty kak faktor moduljacii i sinhronizacii infradiannyh bioritmov u zhitvnyh [Magnetic fields of extremely low frequency as a factor in the modulation and synchronization of infradian biorhythms in animals] / V.S. Martynjuk, N.A. Temur'janc // *Geofizicheskie processy i biosfera* [Geophysical processes and biosphere]. — 2009. — № 8 (1). — P. 36–50. [in Russian]
24. Garkavi L.H. Aktivacionnaja terapija. Antistressornye reakcii aktivacii i trenirovki i ih ispol'zovanie dlja ozdorovlenija, profilaktiki i lechenija [Activation therapy. Anti-stress reactions of activation and training and their use for health improvement, prevention and treatment] / L.H. Garkavi. — Rostov-on-Don: Publishing house of the Rostov University, 2006. — 256 p. [in Russian]
25. Martynjuk V.S. Jeksperimental'naja verifikacija jelektromagnitnoj gipotezy solnečno-biosfernyh svjazej [Experimental verification of the electromagnetic hypothesis of solar-biosphere connections] / V.S. Martynjuk, N.A. Temur'janc // *Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Serija: Biologija, himija* [Scientific notes of the Tauride National University named after V.I. Vernadsky. Series: Biology, chemistry]. — 2007. — № 20 (1). — P. 8. [in Russian]

26. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. List of Classifications. Agents classified by the IARC Monographs. — Vol. 1–135. — URL: <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications> (accessed: 04.01.2024).
27. Lyatskaya S. Auroral electrojet AL index and polar magnetic disturbances in two hemispheres / S. Lyatskaya, W. Lyatsky, G.V. Khazanov // *J. Geophys. Res.* — 2009. — № 114. — P. A06212. — DOI: 10.1029/2009JA014100.
28. Mochalova A.V. Analiz zavisimosti znachenij Dst-indeksa, rasschitannyh s pomoshh'ju treh metodik, ot urovnja solnechnoj i geomagnitnoj aktivnosti [Analysis of the dependence of the Dst index values, calculated using three methods, on the level of solar and geomagnetic activity] / A.V. Mochalova, V.A. Mochalov, O.V. Mandrikova // *Vest. KRAUNC. Fiz.-mat. nauki* [Bulletin of the KRAUNTS. Physical and Mathematical sciences]. — 2019. — № 4. — P. 77–86. — DOI: 10.26117/2079-6641-2019-29-4-77-86. [in Russian]
29. 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]
30. Mitrea D.R. Antioxidant protection against cosmic radiation-induced oxidative stress at commercial flight altitude / D.R. Mitrea, H. Mortazavi Moshkenani, O.A. Hoteiuc [et al.] // *J Physiol Pharmacol.* — 2018. — № 69 (4). — DOI: 10.26402/jpp.2018.4.03.