

ЭКОЛОГИЯ/ECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.6.2>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Научная статья

Белянин И.М.^{1,*}, Карташев А.Г.²

^{1,2}Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (il.belianin[at]yandex.ru)

Аннотация

Целью работы являлось выяснить влияние факторов городской среды на развитие сердечно-сосудистых заболеваний на территории Кировского района города Томска.

Материалы. В модель были включены следующие параметры:

- 1) концентрация CO₂, NO₂, фенола, формальдегида, взвешенных частиц;
- 2) данные по уровням переменных электрических полей промышленной частоты (ПЧ);
- 3) данные по сердечно-сосудистым заболеваниям для возрастной группы старше 18 лет по впервые выявленной заболеваемости с привязкой по координатам.

Методы. Данные по факторам нанесены на карту в среде QGIS. Создана сетка исходя из слоя данных сердечно-сосудистых заболеваний. Подсчитано количество точек, отражающих выявленное сердечно-сосудистое заболевание по месту прописки человека, для каждой ячейки в сетке. Определены средние значения факторов в каждой ячейке.

Результаты и обсуждение. Максимальная величина коэффициента корреляции 0,43 при уровне значимости 0,05 отмечена между целевой переменной и фактором электрической составляющей. Методом главных компонент определены факторы, в большей степени влияющие на целевую переменную.

Выводы. Выявлена зависимость между показателями электрической составляющей и заболеваемостью сердечно-сосудистой системы населения Кировского района г. Томска.

Ключевые слова: факторы городской среды, переменные электрические поля, промышленная частота, сердечно-сосудистые заболевания, город Томск, Кировский район.

MODELLING THE IMPACT OF URBAN ENVIRONMENTAL FACTORS ON HUMAN HEALTH

Research article

Belyanin I.M.^{1,*}, Kartashev A.G.²

^{1,2}Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation

* Corresponding author (il.belianin[at]yandex.ru)

Abstract

The aim of the work was to determine the influence of urban environmental factors on the development of cardiovascular diseases on the territory of Kirovsky district of Tomsk.

Materials. The following parameters were included in the model:

- 1) concentration of CO₂, NO₂, phenol, formaldehyde, suspended particles;
- 2) data on the levels of variable electric fields of industrial frequency (VEF IF);
- 3) data on cardiovascular diseases for the age group older than 18 years by first-time incidence with reference to coordinates.

Methods. Factor data were mapped in a QGIS environment. A grid was created based on the cardiovascular disease data layer. The number of points reflecting the identified cardiovascular disease by person's place of residence was calculated for each cell in the grid. The mean values of the factors in each cell were determined.

Results and Discussion. The maximum correlation coefficient value of 0,43 at significance level of 0,05 was observed between the target variable and electrical component factor. The principal component method was used to identify the factors that have a greater influence on the target variable.

Conclusions. The dependence between the indicators of electrical component and morbidity of cardiovascular system of the population of Kirovsky district of Tomsk has been found out.

Keywords: urban environment factors, variable electric fields, industrial frequency, cardiovascular diseases, Tomsk, Kirovsky district.

Введение

Использование электрической энергии привело к тому, что в конце XX века сформировался новый значительный фактор загрязнения окружающей среды — электромагнитный. Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в 1995 году введен термин «глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды», затем проблема была включена в перечень приоритетных для человечества [1].

Длительное пребывание людей в усиленном электромагнитном поле (ЭМП) промышленной частоты (ПЧ) приводит к негативным последствиям для здоровья человека [2].

Повсеместное использование электрической энергии в быту и на производстве приводит к подвержению населения действию ЭМП, напряженность которых во много раз превышает фоновые значения. Особенно значительно

увеличилась интенсивность ЭМП на рабочих местах ряда энергоемких предприятий, вблизи линий электропередач (ЛЭП), на электрифицированном транспорте.

ЭМП ПЧ, которые излучают подстанции, электроустановки, ЛЭП, занимают площадь около 5% поверхности суши. Электромагнитные волны многократно огибают Землю, суммируются друг с другом и создают различные конфигурации по напряженности и частоте [3].

Переменные электрические поля (ПеЭП) ПЧ стали постоянной компонентой современной техносферы и влияют на все биосистемы, включая человека. Организм человека в большей степени подвержен регулярному действию ПеЭП, так как жизнь современного человека протекает в условиях урбанизированной среды, энергообеспечение которой осуществляется электрическими токами промышленной частоты. Существующие предельно допустимые уровни ПеЭП не учитывают в полной мере эффекты хронического действия полей на организм человека [4].

Для большинства жилых зданий на территории города Томска отклонений от нормативных требований выявлено не было. Обнаружено несколько нарушений относительно расположения жилых зданий и воздушных ЛЭП 35 кВ [5].

Результаты ряда исследований [2], [6], [7], [8] показывают, что пребывание людей в усиленном ПеЭП ПЧ приводит к негативным последствиям для здоровья человека. Отмечено, что воздействие ПеЭП ПЧ является одним из факторов риска возникновения и развития болезней сердечно-сосудистой системы как у работников, обслуживающих электросетевые объекты, так и у людей, проживающих вблизи ЛЭП различной напряженности [9].

Кроме развития болезней сердечно-сосудистой системы людей, обслуживающих станции и ЛЭП с напряжением 220-500 кВ, выявлены неврологические жалобы. Отмечалась головная боль, повышенное раздражение, утомляемость, вялость и сонливость. Наблюдалось нарушение функционирования нервной системы: тахикардия и брадикардия, гипертония или гипотония, и лабильности пульса. Неврологические нарушения характеризовались повышенным сухожильным рефлексом, тремором век и пальцев рук, снижением корнеального рефлекса и аномалией температуры кожи, снижением памяти и внимания [10], [11].

С ростом стажа работы развивались изменения и со стороны других органов и систем. Среди которых онкологические заболевания, импотенция, лейкомия, рак щитовидной железы, рак лёгкого, рак молочной железы у женщин. Развивается синдром раннего старения организма человека со всеми вытекающими последствиями [3].

Существует реальная угроза здоровью человека, и необходимо учитывать режимы модуляции при установлении норм, а также учитывать возможность сочетанного влияния ЭМП с другими экологическими факторами, такими как загрязнители воздуха.

Исследования показывают, что загрязнение воздушной среды химическими поллютантами является значимым фактором риска развития респираторных заболеваний, аллергических болезней и болезней обмена веществ [12], [13] и развитием новообразований, болезней кожи, болезни крови и кроветворных органов [14]. Проведено значительное количество исследований, направленных на выявление влияния загрязнения окружающей среды на состояние здоровья населения городов. Отмечено, что у детей, проживающих в условиях влияния высоких концентраций вредных примесей, выявлены некоторые отклонения в функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы [15].

Целью работы являлось выяснить влияние факторов городской среды на развитие сердечно-сосудистых заболеваний на территории Кировского района города Томска.

Методы и принципы исследования

Моделирование направлено на определение зависимости между сердечно-сосудистыми заболеваниями и факторами городской среды на территории Кировского района г. Томска.

В модель включены следующие показатели:

1) факторы городской среды, включающие в себя данные о концентрациях загрязняющих веществ в воздухе, на территории г. Томска (CO₂, NO₂, фенол, формальдегид, взвешенные частицы) [16];

2) данные по уровням ПеЭП ПЧ;

3) данные по некоторым сердечно-сосудистым заболеваниям (субарахноидальное кровоизлияние (I60), внутримозговое кровоизлияние (I61), другое нетравматическое внутримозговое кровоизлияние (I62), инфаркт мозга (I63), инсульт, не уточненный как кровоизлияние или инфаркт (I64)) для возрастной группы старше 18 лет по впервые выявленной заболеваемости с привязкой по координатам на территории Кировского района г. Томска.

Все показатели нанесены на карту-основу в среде QGIS. Создана сетка с одинаковыми ячейками исходя из слоя сердечно-сосудистых заболеваний. Подсчитано количество точек для каждой ячейки в сетке. Каждая точка отражает выявленное сердечно-сосудистое заболевание по месту прописки человека. Удалены те ячейки сетки, которые не имеют точек данных и покрывают нежилую зону, либо где отсутствуют данные по сердечно-сосудистым заболеваниям. Оставшиеся ячейки нумеровались (рис. 1).

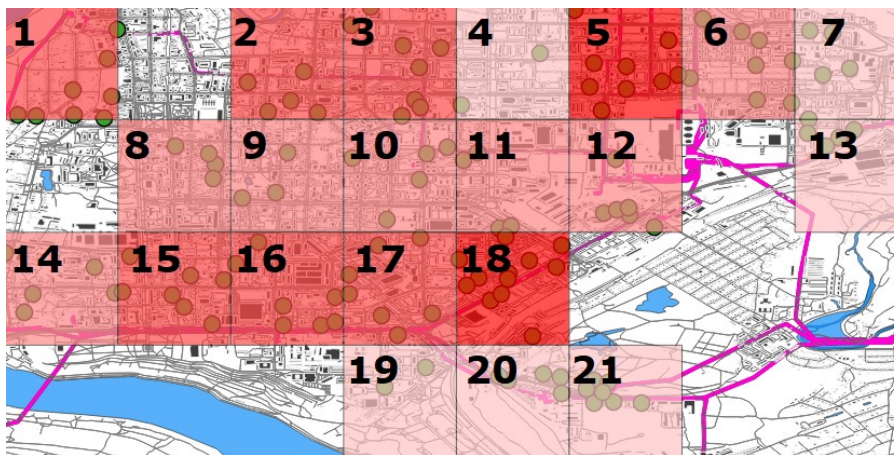


Рисунок 1 - Сетка, созданная на основе слоя с сердечно-сосудистыми заболеваниями, с пронумерованными ячейками
DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.6.2.1>

Определены средние значения каждого фактора в каждой ячейке сетки с помощью встроенного инструмента интерполяции.

Обсуждение результатов

Максимальная величина коэффициента корреляции была отмечена между целевой переменной (заболеваемость) и фактором электрической составляющей и составила 0,43 при уровне значимости 0,05. Это указывает на умеренную положительную связь между факторами. Корреляция с остальными независимыми переменными слабая или отсутствует.

Методом главных компонент были определены факторы, в большей степени влияющие на целевую переменную: уровень ПеЭП ПЧ, концентрация CO_2 , NO_2 , формальдегида. Поэтому целесообразно оставить модель, включающую данные факторы. Коэффициент детерминации модели при этом являлся наилучшим и составил 0,28.

Строился нормальный вероятностный график остатков (рис. 2).

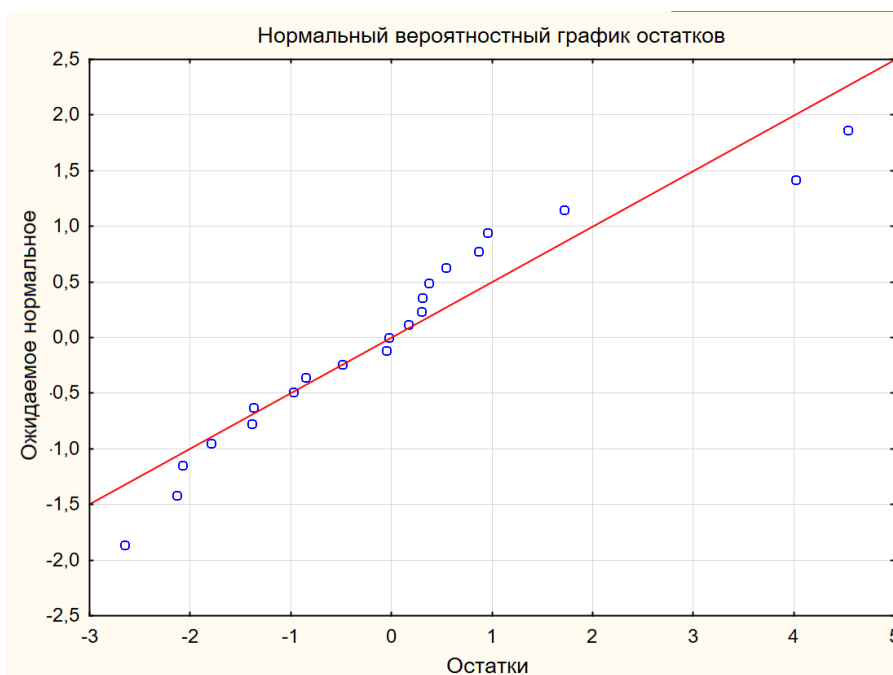


Рисунок 2 - Нормальный вероятностный график остатков
DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.6.2.2>

Систематических отклонений фактических данных от теоретической нормальной прямой не наблюдается. Можно сделать вывод, что остатки распределены нормально.

Зависимость остатков от предсказанных значений приведена на рисунке 3.

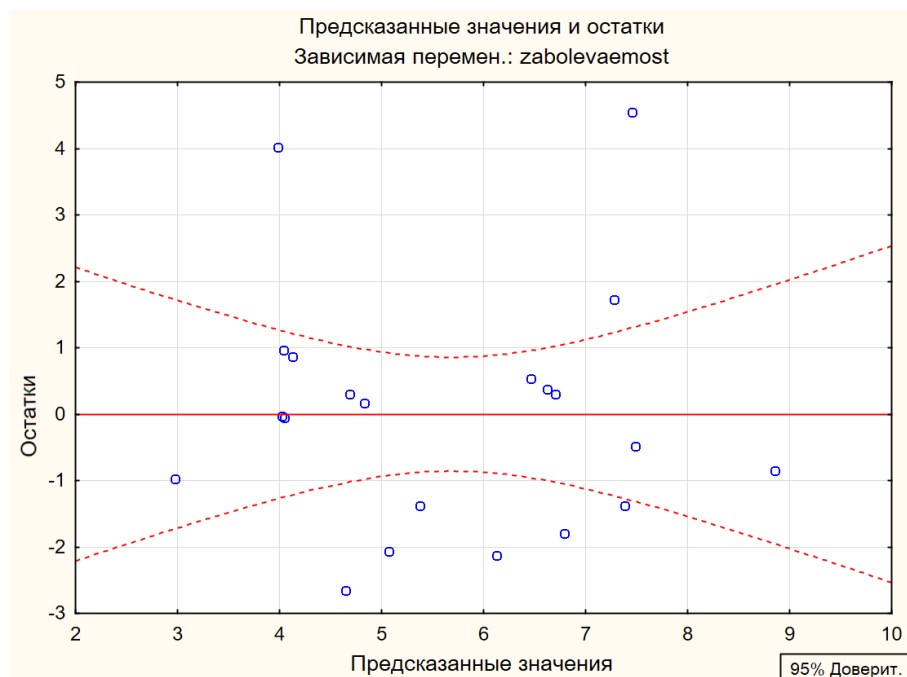


Рисунок 3 - Зависимость остатков от предсказанных значений
DOI: <https://doi.org/10.60797/BIO.2025.6.2.3>

Точки не имеют системности в своем расположении. Можно сделать вывод, что остатки не зависят от предсказанных значений.

Заключение

Проведенный корреляционный анализ выявил зависимость между параметром электрической составляющей и заболеваемостью сердечно-сосудистой системы населения Кировского района г. Томска.

Сложно определить, как влияют отдельные параметры загрязнения воздуха на возникновение заболевания сердечно-сосудистой системы человека. Сложность данной проблемы обусловлена как множественными факторами, влияющими на организм, так и специфическими особенностями его реакций.

Необходимо больше точек данных, отражающих количественную составляющую факторов городской среды. При недостаточной плотности исходных точек использование инструмента интерполяции в среде QGIS может давать нереалистичные результаты.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

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.

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. Слукин В.М. Техногенные электромагнитные излучения как фактор экологии населенных пространств / В.М. Слукин // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. — 2010. — № 4. — С. 112–116.
2. Колесник А.Г. Электромагнитный фон городских территорий диапазона промышленных частот / А.Г. Колесник, С.А. Колесник, А.С. Бородин [и др.] // Вестник Томского государственного университета. — 2007. — № 297. — С. 161–164.
3. Карташев А.Г. Основы электромагнитной экологии: учебное пособие / А.Г. Карташев, М.А. Большаков. — Томск : Издательство Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 216 с.
4. Карташев А.Г. Влияние хронических факторов в постнатальном онтогенезе животных / А.Г. Карташев. — Томск : В-Спектр, 2010. — 116 с.
5. Белянин И.М. О соблюдении норм электромагнитной безопасности при строительстве жилых зданий вблизи воздушных линий электропередачи в городе Томске / И.М. Белянин, Н.Н. Несмелова // Цифровизация агропромышленного комплекса : материалы III Международной научно-практической конференции : в 2 ч. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2022. — Ч. 2. — С. 233–236.
6. Бухтияров И.В. Новации в проблеме обеспечения электромагнитной безопасности работающих и населения / И.В. Бухтияров, Н.Б. Рубцова, Ю.П. Пальцев [и др.] // Человек и электромагнитные поля : материалы V Международной конференции. — Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2017. — С. 47–54.

7. Никитина В.Н. Исследование электромагнитных полей частотой 50 Гц на селитебных территориях и экспертная оценка состояния здоровья населения / В.Н. Никитина, Н.И. Калинина, Г.Г. Ляшко [и др.] // Гигиена и санитария. — 2019. — Т. 98. — № 6. — С. 665–670.
8. Никитина В.Н. Электромагнитные поля и здоровье населения. Состояние электромагнитной безопасности / В.Н. Никитина, Г.Г. Ляшко // Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. — 2018. — № 2. — С. 903–912.
9. Русин М.Н. Изменения деятельности сердечно-сосудистой системы у работников энергообъектов г. Казани / М.Н. Русин, Л.М. Фатхутдинова // Казанский медицинский журнал. — 2005. — Т. 86. — № 4. — С. 281–284.
10. Холодов Ю.А. Мозг в электромагнитных полях / Ю.А. Холодов. — Москва : Наука, 1982. — 123 с.
11. Григорьев Ю.Г. Отдаленные последствия биологического действия электромагнитных полей / Ю.Г. Григорьев // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2000. — Т. 40. — № 2. — С. 217–225.
12. Даутов Ф.Ф. Влияние загрязненного атмосферного воздуха на заболеваемость детей острыми респираторными вирусными инфекциями / Ф.Ф. Даутов, Н.Н. Шимсиярова, Р.Ф. Хакимова // Гигиена и санитария. — 2003. — № 4. — С. 62–64.
13. Ефимова П.В. Медико-экологические риски современного города / П.В. Ефимова, Н.И. Моторова, Н.Н. Юшков [и др.]. — Братск, 2008. — 196 с.
14. Лещук С.И. Взаимосвязь загрязнения окружающей среды и экологически обусловленной заболеваемости населения на территории техногенного загрязнения / С.И. Лещук, И.В. Суркова, Н.В. Сенкевич // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. — 2017. — № 4 (194). — С. 110–117.
15. Лещук С.И. Оценка влияния загрязненного атмосферного воздуха на здоровье населения / С.И. Лещук, Д.Ц. Очиржапова // Вестник Сибирской академии права, экономики и управления. — 2012. — № 1 (5). — С. 64–67.
16. Мониторинг качества окружающей среды. Информационная система ОГБУ «Облкомприрода». — Томск. — URL: <https://green.tsu.ru/monitoring/> (дата обращения: 14.01.2025).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Slukin V.M. Tekhnogennyye elektromagnitnyye izlucheniya kak faktor ekologii naselennykh prostranstv [Technogenic radiations as a factor in ecology human spaces] / V.M. Slukin // Akademicheskij vestnik UralNIiproekt RAASN [Academic Bulletin of UralNIiproekt RAASN]. — 2010. — № 4. — P. 112–116. [in Russian]
2. Kolesnik A.G. Elektromagnitnyj fon gorodskih territorij diapazona promyshlennykh chastot [Electromagnetic background in range of industrial frequencies for urbanized territories] / A.G. Kolesnik, S.A. Kolesnik, A.S. Borodin [et al.] // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Tomsk State University]. — 2007. — № 297. — P. 161–164. [in Russian]
3. Kartashev A.G. Osnovy elektromagnitnoj ekologii [Fundamentals of electromagnetic ecology]: textbook / A.G. Kartashev, M.A. Bolshakov. — Tomsk : Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics Publishing House, 2012. — 216 p. [in Russian]
4. Kartashev A.G. Vliyanie hronicheskikh faktorov v postnatalnom ontogeneze zhivotnykh [Influence of chronic factors in postnatal ontogenesis of animals] / A.G. Kartashev. — Tomsk : V-Spektr, 2010. — 116 p. [in Russian]
5. Belyanin I.M. O sobljudenii norm elektromagnitnoj bezopasnosti pri stroitel'stve zhilykh zdaniy vblizi vozdukhnykh linij elektropredachi v gorode Tomske [On compliance with electromagnetic safety standards during construction of residential buildings near power lines in Tomsk] / I.M. Belyanin, N.N. Nesmelova // Cifrovizaciya agropromyshlennogo kompleksa [Digitalization of agro-industrial complex] : proceedings of the III International Scientific and Practical Conference : in 2 parts. — Tambov : Tambov State Technical University, 2022. — Part 2. — P. 233–236. [in Russian]
6. Bukhtiyarov I.V. Novacii v probleme obespecheniya elektromagnitnoj bezopasnosti rabotayushchih i naseleniya [Innovations in ensuring electromagnetic safety of workers and population] / I.V. Bukhtiyarov, N.B. Rubtsova, Yu.P. Paltsev [et al.] // Chelovek i elektromagnitnye polya [Human and electromagnetic fields] : proceedings of the V International Conference. — Sarov : Russian Federal Nuclear Center – VNIIEF, 2017. — P. 47–54. [in Russian]
7. Nikitina V.N. Issledovanie elektromagnitnykh poлей chastotой 50 Gc na selitebnykh territoriyah i ekspertnaya ocenka sostoyaniya zdorov'ya naseleniya [Study of 50 Hz electromagnetic fields in residential areas and expert assessment of the population health status] / V.N. Nikitina, N.I. Kalinina, G.G. Lyashko [et al.] // Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation]. — 2019. — Vol. 98. — № 6. — P. 665–670. [in Russian]
8. Nikitina V.N. Elektromagnitnye polya i zdorov'e naseleniya. Sostojanie jelektromagnitnoj bezopasnosti [Electromagnetic fields and public health. The state of electromagnetic safety] / V.N. Nikitina, G.G. Lyashko // Zdorov'e — osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ih resheniya [Health as the basis of human potential: problems and solutions]. — 2018. — № 2. — P. 903–912. [in Russian]
9. Rusin M.N. Izmeneniya deyatel'nosti serdechno-sosudistoy sistemy u rabotnikov energoob'ektov g. Kazani [Changes of activity of cardiovascular system in workers of electric power objects in Kazan] / M.N. Rusin, L.M. Fatkhutdinova // Kazanskij medicinskij zhurnal [Kazan Medical Journal]. — 2005. — Vol. 86. — № 4. — P. 281–284. [in Russian]
10. Kholodov Yu.A. Mозg v elektromagnitnykh polyah [Brain in electromagnetic fields] / Yu.A. Kholodov. — Moscow : Nauka, 1982. — 123 p. [in Russian]
11. Grigor'ev Yu.G. Otdalennyye posledstviya biologicheskogo dejstviya elektromagnitnykh poлей [Long-term consequences of biological effects of electromagnetic fields] / Yu.G. Grigor'ev // Radiacionnaya biologiya. Radioekologiya [Radiation Biology. Radioecology]. — 2000. — Vol. 40. — № 2. — P. 217–225. [in Russian]
12. Dautov F.F. Vliyanie zagryaznennogo atmosfernogo vozduha na zabolevaemost' detej ostrymi respiratornymi virusnymi infekciyami [The impact of polluted ambient air and the incidence of acute respiratory viral infections] / F.F.

Dautov, N.N. Shimsyarova, R.F. Khakimova // *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. — 2003. — № 4. — P. 62–64. [in Russian]

13. Efimova P.V. Mediko-ekologicheskie riski sovremennogo goroda [Medical and environmental risks of a modern city] / P.V. Efimova, N.I. Motorova, N.N. Yushkov [et al.]. — Bratsk, 2008. — 196 p. [in Russian]

14. Leshchuk S.I. Vzaimosvyaz' zagryazneniya okruzhayushchej sredy i ekologicheski obuslovlennoj zabolevaemosti naseleniya na territorii tekhnogenogo zagryazneniya [Interrelation of environmental pollution and environmentally caused morbidity in the territory of technogenic pollution] / S.I. Leshchuk, I.V. Surkova, N.V. Senkevich // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Estestvennye nauki* [University News. North-Caucasian Region. Natural Sciences Series]. — 2017. — № 4 (194). — P. 110–117. [in Russian]

15. Leshchuk S.I. Ocenka vliyaniya zagryaznennogo atmosfernogo vozduha na zdorov'e naseleniya [Assessment of the impact of polluted atmospheric air on public health] / S.I. Leshchuk, D.Ts. Ochirzhapova // *Vestnik Sibirskoj akademii prava, ekonomiki i upravleniya* [Bulletin of Siberian Academy of Law, Economics and Management]. — 2012. — № 1 (5). — P. 64–67. [in Russian]

16. Monitoring kachestva okruzhayushchej sredy. Informacionnaya sistema OGBU "Obkompriroda" [Environmental quality monitoring. Information system of OGBU "Obkompriroda"]. — Tomsk. — URL: <https://green.tsu.ru/monitoring/> (accessed: 14.01.2025). [in Russian]