

УДК 550.385:616 + 614.88

## МАГНИТНЫЕ БУРИ И КАРТИНА ВЫЗОВОВ СКОРОЙ ПОМОЩИ В ПЕТРОЗАВОДСКЕ

Б. З. Белашев, Н. В. Крутских, А. А. Герасимова

*Институт геологии КарНЦ РАН,  
ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия*

Используются геофизические и геохимические данные, а также обезличенный каталог вызовов скорой помощи за период 2015–2017 гг. для изучения заболеваемости населения в Петрозаводске, расположенном в субарктической зоне со сложными климатическими и погодно-геомагнитными условиями. Временные, пространственные и другие распределения экстренных вызовов скорой медицинской помощи способны отразить влияние разных факторов на заболеваемость населения. Подтверждено влияние геомагнитной активности на количество вызовов скорой помощи по поводу инфаркта миокарда и стенокардии, снижение числа вызовов в выходные и праздничные дни по кардиозаболеваниям. Распределение числа вызовов скорой помощи по распространенным заболеваниям в жилых районах не коррелирует с загрязнением городских почв. Полученные результаты отражают структуру заболеваемости городского населения и не противоречат известным экологическим моделям.

**Ключевые слова:** геомагнитная активность; заболевания; вызовы скорой помощи; распределения; спектр; диагноз.

### **B. Z. Belashev, N. V. Krutskikh, A. A. Gerasimova. MAGNETIC STORMS AND PATTERN OF EMERGENCY AMBULANCE CALLS IN PETROZAVODSK**

We use geophysical and geochemical data and an impersonalized catalogue of ambulance calls for the period 2015–2017 to study the morbidity of the population in Petrozavodsk, which is located in a sub-Arctic region with challenging climatic, weather and geomagnetic conditions. Temporal, spatial and other emergency call distributions, reflecting the effects of a variety of factors on morbidity, have been investigated. The effect of geomagnetic activity on the number of ambulance calls with myocardial infarction and stenocardia diagnoses and a reduction in the number of calls on weekends and holidays were corroborated. Soil pollution patterns in the city did not correlate with the distribution of the number of ambulance calls associated with common diseases in residential areas. The results reflect the structure of the morbidity of the urban population, and do not contradict the known environmental models.

**Keywords:** geomagnetic activity; diseases; emergency calls; distributions; spectrum; diagnosis.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В исследованиях процессов среды обитания и реакции на них человека приоритетными считают задачи изучения факторов, влияющих на здоровье людей. Особенно акту-

альной проблема оказывается для сердечно-сосудистых заболеваний — основной причины смертности в развитых странах. Итогом обобщения результатов по регионам с разным положением, климатом, особенностями среды

могли бы стать модели заболеваемости населения.

Известны эффекты, оказываемые электромагнитными полями транспорта, линий электропередачи, вышек связи, силовых электроустановок на физическое и психическое состояние людей [11]. Для геомагнитных вариаций эффективность воздействия на человека пока не считается подтвержденной. Внимание, уделяемое этой проблеме после работ А. Л. Чижевского [15, 16], связано с противоречивостью результатов исследований.

Пристальный интерес вызывают магнитные бури – мощные и длительные возмущения геомагнитного поля, по времени коррелирующие с солнечными вспышками. Причиной магнитных бурь считают корпускулярное излучение, сопровождающее вспышки, возмущающее магнитосферу, ионосферу, вызывающее полярные сияния, появление поверхностных зарядов, токов, сбой электроники, навигационных систем, деградацию солнечных батарей спутников, наводки в линиях электропередачи, трубопроводах, кабелях, трансформаторах, оказывающее радиационное воздействие на космонавтов и пассажиров авиарейсов [25]. На большинство населения магнитные бури не действуют. Исключение составляют люди с повышенной чувствительностью, находящиеся в экстремальных ситуациях, страдающие сердечной недостаточностью и нервными расстройствами [33].

Магнитное поле способно воздействовать на кроветворную, нервную, пищеварительную системы организма через вязкость крови, скорость распространения сигналов, устойчивость микроорганизмов [2, 3, 10, 30]. Циклические компоненты поля синхронизируют биологические ритмы, спорадические возмущения нарушают их. В части работ корреляционные связи заболеваемости и магнитных бурь не подтверждаются [14].

В ряде исследований для анализа действия факторов среды на заболеваемость населения используют каталоги вызовов бригад скорой медицинской помощи, содержащие сведения о месте, времени вызова, данных пациента, диагнозе заболевания [14, 24, 37–39]. Среди таких исследований отметим работы [14, 34, 36], демонстрирующие характерные методические приемы. Монография [14] использует базу вызовов по Москве за длительный период, рассматривает большой объем медицинских показателей и разнообразные заболевания. В статье [36], посвященной влиянию погодных факторов на ишемическую болезнь сердца в г. Каунасе (Литва) со сравнительно неболь-

шим числом жителей, высказано мнение о связи погоды и геомагнитной активности. Изучение действия геомагнитной обстановки на ишемическую болезнь сердца, инфаркт миокарда, инсульт проведено на примере населения Москвы в [34] с помощью обобщенной линейной модели, для которой входными параметрами являются температура, давление, геомагнитная активность и другие.

Заболеваемость населения принято сопоставлять с загрязненностью территории. Риск кардиозаболеваний в последние десятилетия связывают с аэрополлютантами [20, 23, 31].

Актуально изучить заболеваемость населения в арктических и субарктических районах со сложными климатом, погодными и геомагнитными условиями [29].

Цель настоящего исследования — построить и проанализировать распределение вызовов скорой помощи в Петрозаводске, получить профили по группам заболеваний, оценить влияние факторов окружающей среды на заболевания человека.

Город Петрозаводск (61°47'05"N, 34°20'48"E) расположен на берегу Онежского озера. Для него характерными являются переменная погода, повышенная влажность, обильные осадки, сильный ветер и колебания атмосферного давления. Близость к высоким широтам приводит к повышенной геомагнитной активности, пульсациям геомагнитного поля, высоким ионосферным токам и расширению зоны полярных сияний. Изучение заболеваемости населения Карелии обычно базируется на публикациях Госкомстата. В местной медицинской статистике преобладают респираторные, сердечно-сосудистые и онкологические заболевания [12].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование основано на данных, полученных Петрозаводской геофизической обсерваторией, Лабораторией рентгеновской астрономии Физического института РАН, имперсонизированном каталоге вызовов скорой помощи петрозаводской Больницы скорой медицинской помощи за период 1.01.2015–19.12.2017 и результатах геохимического опробования городских почв [8]. Находящаяся в Ботаническом саду, лесном массиве на окраине города, геофизическая обсерватория подвержена слабому техногенному воздействию. Проведению здесь геофизических и метеорологических наблюдений способствуют наличие охраны, электричества, канала передачи данных [17].

Горизонтальные и вертикальную составляющие магнитного поля Земли регистрируют

геофизическим комплексом GI MTS-1 с частотой 50 Гц. По результатам измерений формируют 5- и 10-минутные базы данных.

Отклонения магнитного поля Земли от нормы за 3-часовой период описывают планетарным индексом Кр в диапазоне от 0 до 9. Значения от 5 до 9 соответствуют магнитным бурям [28]. В реальном времени индекс Кр отображается на сайтах [22, 26].

Каталог вызовов скорой помощи представляет собой таблицу, строки которой соответствуют вызовам, а столбцы – их атрибутам: населенный пункт, адрес, возраст, пол пациента, дата и время вызова, диагноз заболевания по классификации МКБ-10. Общее число вызовов за указанный период составило 352 641. В анализе использованы подтвержденные вызовы с диагнозом заболевания, поставленным медицинским работником в составе бригады скорой помощи.

Распределения  $N$  вызовов для  $k$  событий строили, подсчитывая число  $f_k(x)$  в диапазоне изменения переменной  $x$  по формуле:

$$f_k(x) = f_{k-1}(x) + \delta_k(x),$$

$k = 1, \dots, N; f_0(x) = 0; \delta_k(x) = 1$ , если  $h < x < h + \Delta h$ , и  $\delta_k(x) = 0$ , если  $x < h$  или  $x > h + \Delta h$ ,  $k$  – номер вызова,  $h$  и  $\Delta h$  – отсчет и шаг гистограммы соответственно.

Метод наложенных эпох использован для построения распределения числа вызовов скорой помощи относительно дня с заданным индексом Кр.

При обработке распределений в системе «MATLAB» [21] применяли функции спектрального анализа, аппроксимации данных, кластеризации. При работе с картографическим материалом задействован пакет «QGIS» [27].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Профиль группы сердечно-сосудистых заболеваний

Распределение вызовов бригад скорой помощи по основным диагнозам сердечно-сосудистых заболеваний по годам приведено в табл. 1. Более половины вызовов приходится на эссенциальную гипертензию, стенокардию – около 10 %, хроническую ишемическую болезнь сердца – 9–13 %, инсульт – примерно 8 %.

Таблица 1. Число вызовов скорой помощи в Петрозаводске по основным заболеваниям кардиопрофиля за период 01.01.2015–19.12.2017

Table 1. The number of emergency calls in Petrozavodsk associated with main cardiological diseases during the period 01.01.2015–19.12.2017

Заболевание Disease	Код МКБ ICD Code	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
Эссенциальная (первичная) гипертензия Essential hypertension	I10	13013 (52.8)	12475 (51.6)	12530 (50.5)
Вторичная гипертензия Secondary hypertension	I15	12 (0.05)	10 (0.04)	13 (0.05)
Стенокардия Stenocardia	I20	2554 (10.4)	2183 (9.0)	2102 (8.5)
Острый инфаркт миокарда Acute myocardial infarction	I21	452 (1.8)	480 (2.0)	498 (2.0)
Повторный инфаркт миокарда Repeated myocardial infarction	I22	35 (0.14)	28 (0.12)	30 (0.12)
Хроническая ишемическая болезнь сердца Chronic ischemic heart disease	I25	3210 (13.0)	2266 (9.4)	2098 (8.5)
Острый миокардит Acute myocarditis	I40	31 (0.13)	21 (0.09)	17 (0.07)
Кардиомиопатия Cardiomyopathy	I42	77 (0.31)	74 (0.31)	67 (0.27)
Внезапная остановка сердца Sudden cardiac arrest	I46	17 (0.07)	12 (0.05)	18 (0.07)
Инсульт Stroke	I64	1905 (7.7)	1933 (8.0)	1950 (7.9)
Все заболевания группы All diseases of the group	I00-99	24628 (100)	24182 (100)	24796 (100)

## Временные распределения числа вызовов скорой помощи

Рис. 1 показывает изменение Z-компоненты магнитного поля в Петрозаводске с 18 по 25 октября 2015 г. (а) и распределения числа вызовов скорой помощи в октябре 2015 г. по поводу сердечно-сосудистых заболеваний (б–е). Красным цветом отмечены вызовы в дни магнитных бурь. Наименьшее значение Z-компоненты поля (а) отвечает магнитной буре 18.10. Временные зависимости средних суточных значений Кр-индекса (а) и числа вызовов скорой помощи к пациентам с диагнозом инфаркт миокарда (в), их спектры (б, г), рассчитанные по остаткам после вычитания трендов, показаны на рис. 2. Тренды представлены регрессионными зависимостями распределений вызовов скорой помощи полиномами десятой (а) и нулевой (в) степеней. Расчет спектров методом максимальной энтропии [18] проведен с шириной окна 40. Дисперсии отклонений от трендов (а, в) равны 0.44 и 1.27 соответственно. Распределение хи-квадрат с двумя степенями свободы и вероятностью 0.95 делает значимые пики спектров с амплитудами более 0.12 (б) и 0.34 (г) [1]. Тренд (а) отражает сезонную изменчивость. В спектре вариаций Кр-индекса (б) основными являются 28.4-суточный цикл, близкий к 27-дневному периоду вращения Солнца, двухнедельный (14.2 суток) и недельный (6.7 суток) циклы. Для инфаркта миокарда (в) сезонные факторы не проявлены. В спектре (г) преобладают недельный, 25.6-, 15- и 3-суточные циклы. Для других сердечно-сосудистых заболеваний сезонные факторы влияют на частоту вызовов по гипертензии, стенокардии, ишемической болезни сердца. Близкий к периоду геомагнитной активности цикл 25.6 суток выражен в спектрах гипертензии, слабее – в спектрах стенокардии и инсульта, отсутствует в спектре ишемической болезни сердца. В большинстве спектров есть пики, близкие к недельным, полунедельным, 3-, 4- и 6-суточным периодам.

## Суточная динамика числа вызовов скорой помощи. Эффект выходного дня

Рис. 3 демонстрирует суточную динамику числа вызовов скорой помощи для пациентов с диагнозом инфаркт миокарда (а) в рабочие, выходные и праздничные дни (б), распределение пациентов с диагнозом инфаркт миокарда по возрасту (в), аналогичные (б) распределения вызовов скорой помощи для пациентов с диагнозами эссенциальная гипертензия (г), стенокардия (д), ишемическая болезнь сердца (е) и инсульт (ж). Вызовы к пациентам-

мужчинам (816) преобладают над вызовами к пациентам-женщинам (569) (а, в). Проверка тестом Стьюдента показала, что оба распределения, приведенные к числу «мужских» вызовов с вероятностью 0.95, имеют одинаковые средние значения. В рабочие дни максимальные числа вызовов скорой помощи приходятся на 10–11, 14–15, 19–20 часов. Наиболее подверженными инфаркту миокарда оказываются пациенты возрастов 55, 63, 76–83 лет. Гистограммы (б, г–ж) распределения вызовов скорой медицинской помощи в выходные и праздничные дни (346 дней), приведенные к 738 рабочим дням, демонстрируют снижение числа вызовов скорой помощи по поводу заболеваний сердечно-сосудистой системы в три и более раз.

## Влияние геомагнитной активности на число вызовов скорой помощи

Коэффициент корреляции временных значений индекса геомагнитной активности Кр (рис. 2, а) и числа вызовов скорой медицинской помощи с диагнозом инфаркт миокарда (рис. 2, в) равен 0.04. Его проверка на значимость с  $p < 0.05$  подтверждает вывод [14] об отсутствии корреляционной связи между указанными величинами.

При изучении характера связи геомагнитной активности и заболеваемости применен кластерный анализ. Алгоритмом «k-средних» посуточных значений Кр-индекса выявлено пять кластеров (рис. 4, а). Для каждого кластера и кардиозаболевания получены распределения числа вызовов скорой помощи от временного сдвига относительно дня события с использованием метода наложенных эпох. Распределения (б, в) для инфаркта миокарда и стенокардии, приведенные к числу событий 321 самого большого кластера, демонстрируют рост числа вызовов в дни, близкие к магнитным бурям.

## Пространственные распределения вызовов скорой помощи

Пространственные распределения числа вызовов скорой помощи построены для группы сердечно-сосудистых заболеваний, шизофрении, эпилепсии, вегетососудистой дистонии, новообразований, бронхиальной астмы и других социально значимых заболеваний. Чтобы оценить влияние загрязненности почв на заболеваемость населения, распределения вызовов скорой помощи для 52 жилых зон Петрозаводска сравнивали с данными геохимического опробования почв [8]. Для оценки загрязненности почв использован показатель экологической опасности (ПЭО), выра-

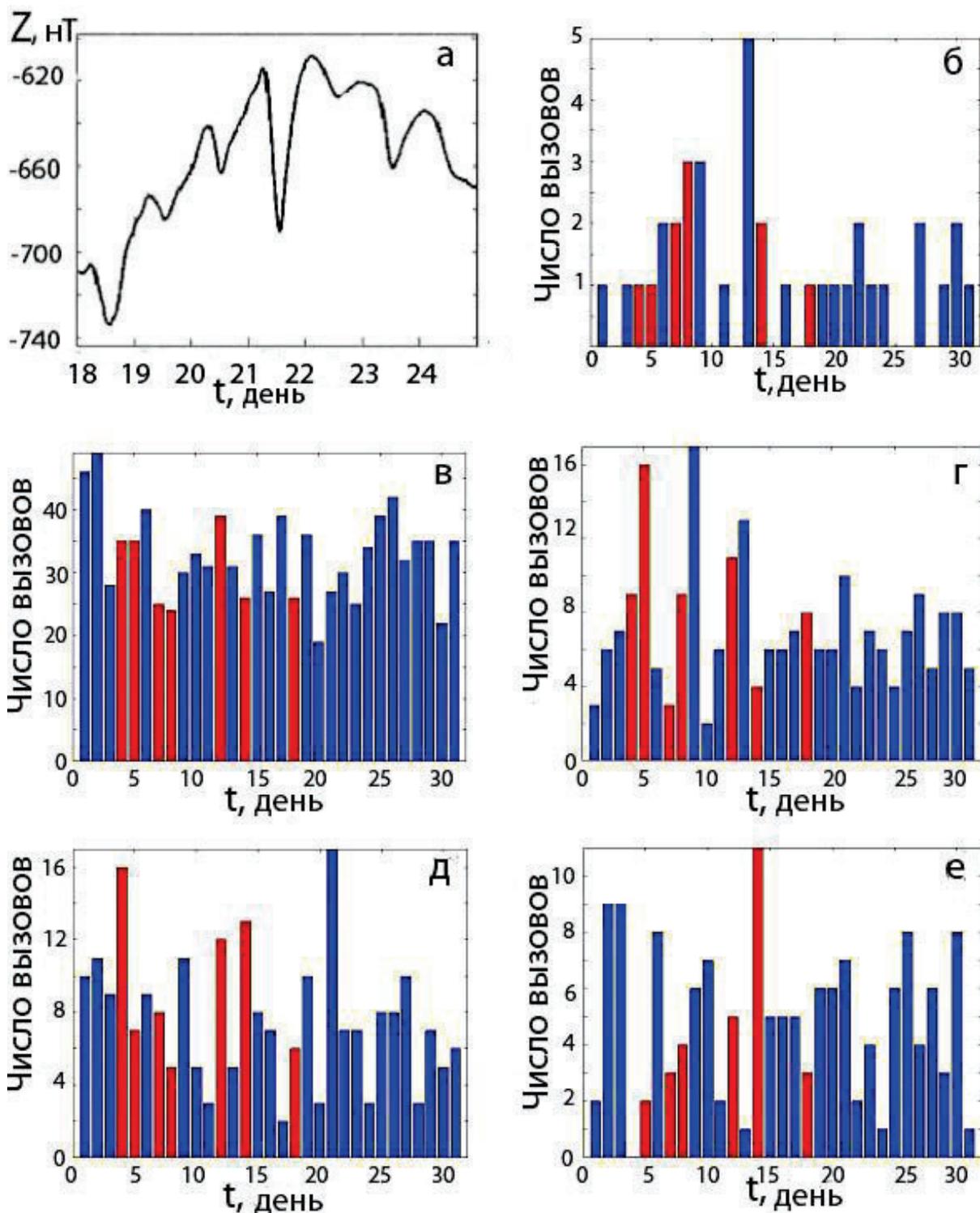


Рис. 1. Изменение Z-компоненты магнитного поля с 18.10 по 25.10.2015 г. (а) и динамика вызовов скорой помощи в октябре 2015 г. для пациентов с диагнозами инфаркт миокарда (б), эссенциальная гипертензия (в), стенокардия (г), хроническая ишемическая болезнь сердца (д) и инсульт (е). ■ – дни с  $K_p > 4$ , ■ – дни с  $K_p < 5$ . Наименьшее значение Z-компоненты поля (а) отвечает магнитной буре 18.10

Fig. 1. Variations in Z-component of a magnetic field from 18.10 to 25.10.2015 (a) and emergency ambulance call dynamics in October 2015 for patients with: myocardial infarction (б), essential hypertension (в), stenocardia (г), chronic ischemic heart disease (д) and stroke (е). ■ – the days with  $K_p > 4$ , ■ – the days with  $K_p < 5$ . The smallest value of Z-constituent of the field (a) is consistent with the magnetic storm on October 18

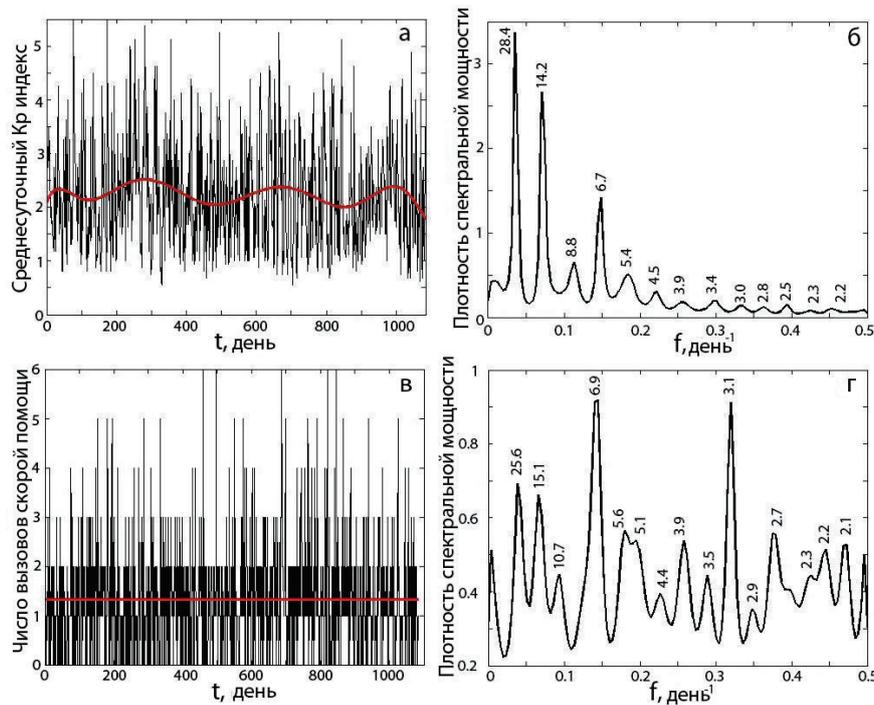


Рис. 2. Временные зависимости дневных значений Кр-индекса (а) и числа вызовов скорой помощи для пациентов с диагнозом инфаркт миокарда (в), их тренды (-) и спектры (б и г) соответственно  
 Fig. 2. Time dependences of daily Kp-index values (a) and the number of emergency ambulance calls for patients with myocardial infarction (в) and their trends (-) and spectra (б, г), respectively

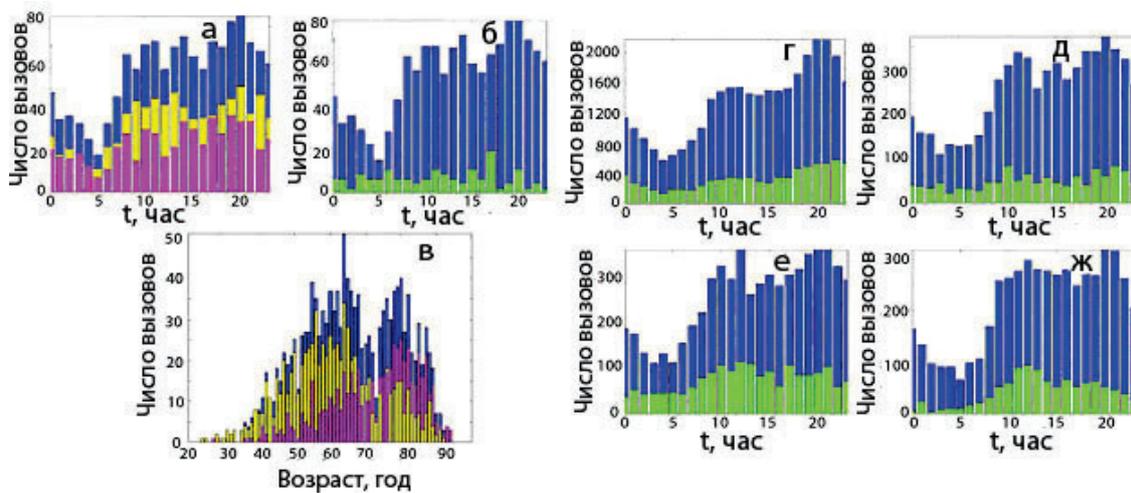


Рис. 3. Распределение суточной динамики вызовов скорой помощи по поводу инфаркта миокарда (а), распределение динамики вызовов скорой помощи для пациентов с этим диагнозом в рабочие, выходные и праздничные дни (б), возрастное распределение пациентов с инфарктом миокарда (в) и распределения динамики вызовов скорой помощи, аналогичные (б) для пациентов с диагнозами эссенциальная гипертония (г), стенокардия (д), ишемическая болезнь сердца (е) и инсульт (ж). В гистограммах (а, в) ■ – все вызовы, ■ – мужские и ■ – женские вызовы. В гистограммах (б, г–ж) ■ – вызовы в рабочие дни, ■ – вызовы в выходные и праздничные дни

Fig. 3. Distribution showing daily emergency ambulance call dynamics for patients with myocardial infarction (а), dynamics distribution of calls with this diagnosis on working days, at weekends and on holidays (б), age distribution of patients with myocardial infarction (в), call dynamics distribution similar to (б), for patients with essential hypertension (г), stenocardia (д), ischemic heart disease (е) and stroke (ж). In charts (а, в) ■ – all calls, ■ – male and ■ – female calls. In charts (б, г–ж) ■ – the calls on working days, ■ – the calls on weekends and on holidays

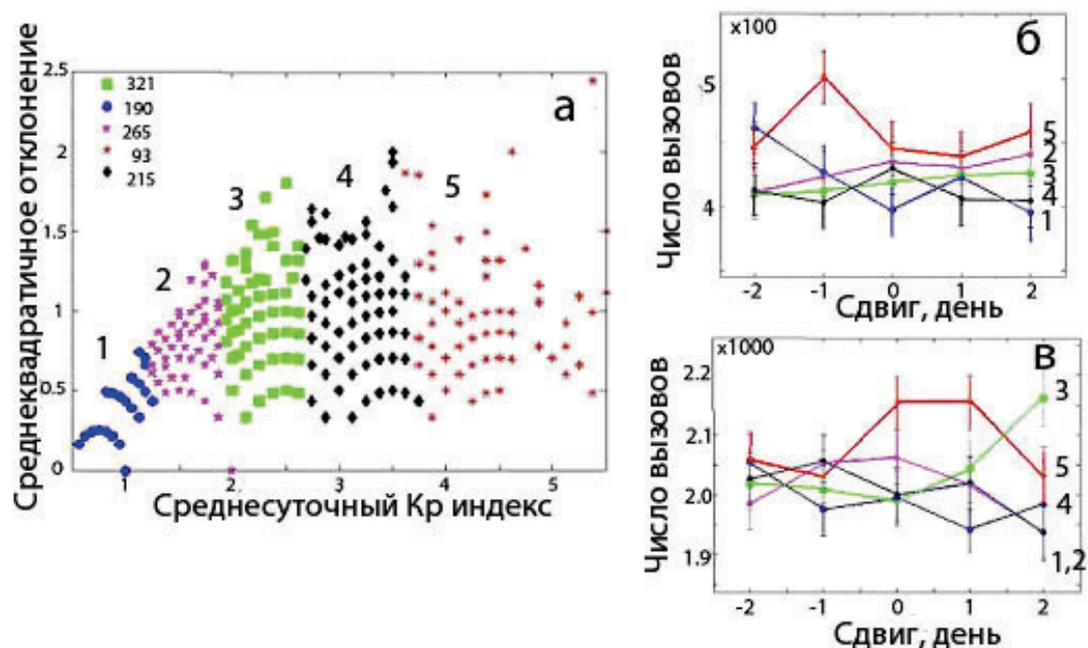


Рис. 4. Кластерный анализ посуточных значений Кр-индекса (а) и распределения числа вызовов скорой медицинской помощи относительно сдвига от дня элемента кластера для заболеваний инфаркт миокарда (б) и стенокардия (в)

Fig. 4. Cluster analysis of daily Kp-index values (a) and the distribution of the number of ambulance calls relative to a shift from the cluster element day for patients with myocardial infarction (б) and stenocardia (в)

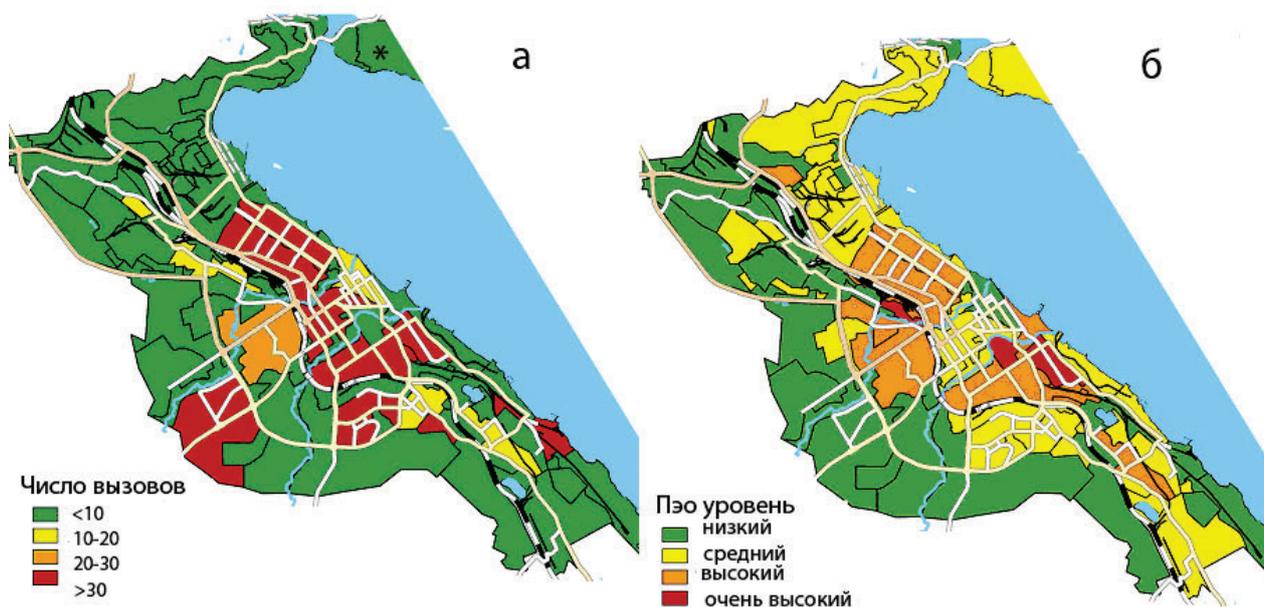


Рис. 5. Распределение вызовов бригад скорой медицинской помощи к пациентам с диагнозом бронхиальная астма по территории Петрозаводска (а) и распределение показателя экологической опасности – характеристики загрязнения почв (б). Звездочкой отмечено положение геофизической обсерватории «Петрозаводск»

Fig. 5. Distribution of emergency ambulance calls for patients with brochial asthma in Petrozavodsk (а) and environmental hazard index distribution (б). The asterisk marks the position of the Petrozavodsk geophysical observatory

женный суммой средневзвешенных значений коэффициентов концентраций загрязняющих элементов As, Pb, Zn, Cd, Co, Cu, V, W. На рис. 5 приведены карты Петрозаводска, отражающие распределения числа вызовов скорой помощи к пациентам с диагнозом бронхиальная астма (а) и показателя экологической опасности (б). Коэффициенты корреляции пространственных распределений вызовов скорой помощи с диагнозами отмеченных заболеваний и показателя экологической опасности по этим зонам представлены в табл. 2.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно профилю кардиозаболеваний (табл. 1) число вызовов скорой помощи по приведенным заболеваниям по годам изучаемого периода находится на одном уровне. Небольшое снижение числа вызовов наблюдается для стенокардии, ишемической болезни сердца. Максимумы числа вызовов скорой помощи к пациентам с диагнозами данной группы заболеваний (рис. 1, б–е) не обязательно приходятся на дни магнитных бурь. Циклы, близкие к 3 и 6 суткам (рис. 2), можно связать с активностью гормонов щитовидной железы, близкие к 4 суткам – глюкокортикоидных гормонов, катализирующих процессы метаболизма [4]. Циркадным циклам приписывают универсальный характер или считают их проявлением нежелания людей в выходные дни попадать в больницу [14]. При инфаркте миокарда последний фактор не действует, помощь требуется безотлагательно, а в спектре временной зависимости вызовов недельный пик присутствует (рис. 2, г). Для инфаркта миокарда характерны гендерные различия пациентов при вызовах скорой помощи (рис. 3, а, с), наличие максимумов и минимумов в распределении вызовов по возрасту [32]. Малое число вызовов скорой помощи больными 72–75, 85 лет отражает убыль населения, спад рождаемости во время Великой Отечественной войны и голода тридцатых годов.

Эффект выходного дня (рис. 3, б, г–ж) можно интерпретировать на основе свойств гормона стресса – кортизола [35]. При нормальной концентрации в крови гормон регулирует минеральный и водный обмен, расщепляет жиры, препятствует выработке холестерина, синтезирует инсулин и гликоген. При стрессе его выброс в кровь вызывает ее приток к сердцу, мышцам, заставляя мгновенно реагировать на опасность, провоцируя заболевания. Отдых от производственной деятельности снижает уровень кортизола и число

вызовов скорой помощи по поводу сердечно-сосудистых заболеваний в выходные дни.

Пики в распределениях суточной динамики вызовов скорой помощи можно объяснить загазованностью воздуха выхлопами автотранспорта в часы пик (9–10, 13–14, 18–19 часов) и околочасовой задержкой развития заболевания и обращения в службу скорой помощи. В пределах небольшого города нерегулярное в выходные и праздничные дни движение автотранспорта становится интенсивным в часы пик рабочих дней. Работающие на малых оборотах двигателя стоящих в «пробках» автомобилей в максимальном количестве выбрасывают в атмосферу угарный газ, окислы азота, свинца, бензапирен, другие вредные вещества и пыль.

Альтернативное объяснение эффекта выходного дня дает работа [5], в которой недельная цикличность трактуется как следствие воздействия на магнитосферу и литосферу индустриальной активности, подавляющей регулярные Pc магнитные вариации и снижающей сейсмическую активность в рабочие дни. Пики суточной динамики вызовов скорой помощи отражают рост потребления электроэнергии в определенные часы рабочих дней. Механизмом переноса электромагнитных воздействий на человека может быть изменение кластерной структуры и свойств воды [13]. Такими механизмами также считаются резонансы Шумана, вариации геомагнитного поля Pc1, имеющие биотропные частоты [7, 19], влияние геомагнитных возмущений на колебания атмосферы и связанные с этим изменения температуры и давления [9].

Данные рис. 4 свидетельствуют о нелинейности связи между временными изменениями Кр-индекса и числа вызовов скорой помощи по поводу сердечно-сосудистых заболеваний. Для нелинейной связи коэффициент корреляции не является подходящей характеристикой. К сильным возмущениям магнитного поля, доля которых невелика, чувствительны отдельные заболевания. С этих позиций осторожно, по-видимому, следует применять линейные модели заболеваемости с геомагнитной активностью на входе. Полученный результат и факты о влиянии магнитных полей на скорость седиментации эритроцитов и тромбообразование [6] указывают на адаптацию организма человека к распространенным вариациям геомагнитного поля.

Анализ пространственных распределений числа вызовов скорой помощи для группы сердечно-сосудистых заболеваний по районам города показал, что максимальное число вы-

Таблица 2. Матрица коэффициентов корреляции вызовов скорой медицинской помощи для пациентов с некоторыми заболеваниями и показателя экологической опасности (ПЭО)

Table 2. Correlation coefficients matrix of emergency calls for patients with certain diseases and environmental hazard indicator (EHI)

	I10	I21	I20	I25	I64	F10	F20	G90	G40	J	J45	C	ПЭО EHI
I10	1												
I21	0.94	1											
I20	0.98	0.96	1										
I25	0.99	0.94	0.99	1									
I64	0.96	0.96	0.99	0.98	1								
F10	0.54	0.61	0.53	0.55	0.62	1							
F20	0.62	0.62	0.67	0.63	0.67	0.44	1						
G90	0.99	0.93	0.98	0.98	0.97	0.54	0.64	1					
G40	0.97	0.94	0.99	0.97	0.97	0.59	0.67	0.98	1				
J	0.98	0.92	0.97	0.98	0.97	0.55	0.62	0.98	0.96	1			
J45	0.94	0.85	0.90	0.92	0.89	0.49	0.64	0.94	0.92	0.92	1		
C	0.95	0.90	0.93	0.96	0.94	0.61	0.55	0.94	0.93	0.95	0.88	1	
ПЭО EHI	0.24	0.21	0.25	0.24	0.23	0.10	0.16	0.26	0.26	0.22	0.26	0.23	1

зовов по поводу эссенциальной гипертензии (более 10 вызовов на 100 человек) приходится на районы неблагоустроенной застройки с преимущественно пожилым населением. Вызовы по стенокардии преобладают на окраинах в старых районах города. Число вызовов с диагнозом инфаркт миокарда повышено для территорий, прилегающих к действующим заводам, что может отражать качество воздушной среды. Ишемическая болезнь сердца распространена (более 20 вызовов на 1000 человек) в центральных районах города, микрорайонах, где велика доля проживающих молодых людей. Проверка коэффициентов корреляции (табл. 2) с  $p < 0.05$  для 52 жилых зон Петрозаводска показала, что они меньше порогового значения 0.27. Загрязненность почв металлами не влияет на число вызовов скорой помощи по рассматриваемым диагнозам.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Традиционные способы обработки данных применены для получения разнообразных распределений вызовов скорой помощи и оценки влияния на них факторов окружающей среды. Распределение вызовов скорой помощи по отдельным диагнозам складывается в общую динамическую картину заболеваемости городского населения. Тренды временных распределений вызовов отражают влияние сезонных факторов на частоту вызовов скорой помощи, а спектры остатков оказываются информативными в отношении цикличности заболе-

ваний. Распределение вызовов скорой помощи по возрасту и полу пациентов характеризует демографию населения, чувствительность к заболеваниям различных групп. Пространственное распределение вызовов скорой помощи показывает связь между заболеваемостью и условиями жизни населения. Снижение числа обращений в выходные дни пациентов с заболеваниями сердца может быть связано со снижением уровня гормона стресса кортизола в крови, меньшим влиянием деятельности человека на литосферу и магнитосферу. Пики распределения вызовов скорой помощи в суточной динамике рабочих дней могли отражать влияние выхлопов автотранспорта на болезни сердца, рост потребления электроэнергии в определенные часы. Отсутствие корреляции геомагнитной активности с количеством вызовов скорой помощи для пациентов с заболеваниями сердца может определяться нелинейной связью между ними, а также адаптацией организма человека к общим возмущениям магнитного поля Земли и малой долей геомагнитных вариаций с высоким дневным индексом Кр. Отсутствие корреляции между количеством вызовов скорой помощи из жилых зон для пациентов с распространенными заболеваниями и распределением показателя экологической опасности свидетельствует о низком уровне загрязнения тяжелыми металлами городских почв. Полученные результаты согласуются с выводами известных экологических моделей.

Авторы выражают благодарность главному врачу БСМП г. Петрозаводска А. И. Хейфецу за полезные обсуждения.

Исследование выполнено в рамках государственного задания КарНЦ РАН (Институт геологии КарНЦ РАН, тема № АААА-А18-118020690231-1).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вишератин К. Н., Карманов Ф. И. Практические методы оценки спектральных параметров. Обнинск: ИАТЕ, 2008. 60 с.
2. Войчук С. И., Подгорский В. С., Громозова Е. Н. Влияние радиочастотного электромагнитного излучения на физиологические особенности *Saccharomyces cerevisiae* УКМ У-517 // Микробиологический журнал. 2004. Т. 66, № 3. С. 51–57.
3. Гурфинкель Ю. И., Любимов В. В., Ораевский В. Н., Парфенова Л. М., Юрьев А. С. Влияние геомагнитных возмущений на капиллярный кровоток больных ишемической болезнью сердца // Биофизика. 1995. Т. 40, № 4. С. 793–799.
4. Диатроптов М. Е., Станкевич А. А., Диатроптова М. А., Джамилова Д. Ш., Диатроптов Е. В. Общие закономерности инфрареддианных (многосуточных) биоритмов у млекопитающих и птиц // Система «Планета-Земля». М.: Ленанд, 2018. С. 162–201.
5. Зотов О. Д., Гульями А. В. Проблемы синхронизма электромагнитных и сейсмических событий в динамической системе магнитосфера–техносфера–литосфера // Солнечно-земная физика. 2010. Вып. 16. С. 19–25.
6. Кизилова Н. Н. Агрегация и оседание тромбоцитов в магнитном поле // Биофизика. 1993. Т. 5, № 2. С. 34–36.
7. Клейменова Н. Г., Козырева О. В. Магнитные бури и инфаркты: всегда ли бури опасны? // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7, № 3. С. 5–24.
8. Крутских Н. В., Косинова И. И. Методика оценки трансформации природной среды по результатам эколого-геохимических исследований на примере г. Петрозаводска // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2014. № 3. С. 95–97.
9. Михайлова Г. А., Смирнов С. Э. Эффекты геомагнитных возмущений в приземной атмосфере и возможный биофизический механизм их влияния на сердечно-сосудистую систему человека // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9, № 3. С. 66–80.
10. Пикин Д. А., Гурфинкель Ю. И., Ораевский В. Н. Влияние геомагнитных возмущений на свертывающую систему крови у больных ишемической болезнью сердца и возможности медикаментозной терапии // Биофизика. 1998. Т. 43, № 4. С. 617–622.
11. Птицына Н. Г., Виллорези Дж., Копытенко Ю. А., Тясто М. И. Магнитные поля электротранспорта и экология человека. СПб.: Нестор-История, 2010. 122 с.
12. Товкач М. Н. Заболеваемость населения и условия ее снижения: региональный аспект (на примере Карелии) // Вестник РГГУ. 2008. № 2. С. 264–274.
13. Цетлин В. В., Файнштейн Г. С. О влиянии космофизических, геофизических и радиационных факторов на электрофизические и биологические свойства воды // Метафизика. 2012. № 2(4). С. 81–99.
14. Черешнев В. А., Гамбурицев А. Г., Сигаичев А. В., Верхотурова Л. Ф., Горбатенко Е. В., Гамбурицева Н. Г. Внешние воздействия. Стрессы. Заболеваемость. М.: Наука. 2016. 168 с.
15. Чижевский А. Физические факторы исторического процесса. Калуга: 1-я Гостиполитогр., 1924. 70 с.
16. Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1973. 352 с.
17. Шаров Н. В. Геофизическая обсерватория «Петрозаводск» // Труды КарНЦ РАН. 2014. № 1. С. 169–171.
18. Burg J. P. Maximum entropy spectral analysis: Proceed. 37<sup>th</sup> Meeting, Society of Exploration Geophysics, Oklahoma City, 1967.
19. Cherry N. J. Schumann resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of solar-geomagnetic activity // Nat. Hazards. 2002. Vol. 26, no. 3. P. 279–331. doi: 10.1023/A:1015 637127504
20. Goldberg M. S., Giannetti N., Burnett R. T., Mayo N. E., Valois M. F., Brophy J. M. A panel study in congestive heart failure to estimate the short-term effects from personal factors and environmental conditions on oxygen saturation and pulse rate // J. Occup. Environ. Med. 2008. Vol. 65. P. 659–666. doi: 10.1136/oem.2007.034934
21. Gupta A. Numerical methods using MATLAB. New York: Apress, 2014.
22. Helmholtz center Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences, Official Website. URL: <https://www.gfz-potsdam.de/en/kp-index> (дата обращения: 12.03.2020).
23. Hori A., Hashizume M., Tsuda Y., Tsukahara T., Nomiyama T. Effects of weather variability and air pollutants on emergency admissions for cardiovascular and cerebrovascular diseases // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2012. Vol. 22, no. 5. P. 416–430. doi: 10.1080/09603123.2011.650155

24. Jones S. S., Thomas A., Evans R. S., Welch S. J., Haug P. J., Snow G. L. Forecasting daily patient volumes in the emergency department // *Acad. Emerg. Med.* 2008. Vol. 15, no. 2. P. 159–170.
25. Kavanagh A., Denton M. High-speed solar-wind streams and geospace interactions // *Astronomy and Geophysics*. 2007. Vol. 48. P. 6.24–6.26. doi: 10.1111/j.1468-4004.2007.48624.x
26. Laboratory of X-ray Solar Astronomy FIAN, Official Website. URL: [http://tesis.lebedev.ru/en/magnetic\\_storms.html](http://tesis.lebedev.ru/en/magnetic_storms.html) (дата обращения: 12.02.2020).
27. Lessons and advices on Qgis // Qgis. 2016. Official Website. URL: <http://www.qgistutorials.com/ru> (дата обращения: 25.03.2020).
28. Menvielle M., Berthelier A. The K-derived planetary indices: description and availability // *Review of Geophysics*. 1991. Vol. 29. P. 415–432. doi: 10.1029/91RG00994
29. Otsuka K., Cornelissen G., Weydahl A., Holmeslet B., Hansen T. L., Shinagawa M., Kubo Y., Nishimura Y., Omori K., Yano S., Halberg F. Geomagnetic disturbance associated with decrease in heart rate variability in a subarctic area // *Biomed. Pharmacother.* 2001. Vol. 55, no. 1. P. 51–56. doi: 10.1016/S0753-3322(01)90005-8
30. Palmer S., Rycroft M., Cermack M. Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface // *Surveys in Geophysics*. 2006. Vol. 27. P. 557–595. doi: 10.1007/s10712-006-9010-7
31. Peters A., Frohlich M., Doring A., Immervoll T., Wichmann H. E., Hutchinson W. L., Pepys M. B., Koenig W. Particulate air pollution is associated with an acute phase response in men (MONICA–Augsburg Study) // *Eur. Heart J.* 2001. Vol. 22. P. 1198–1204.
32. Pilote L., Dasgupta K., Guru V., Humphries K., McGrath J. J., Norris C. M., Rabi D., Tremblay J., Alamian A., Barnett T., Cox J., Ghali W. A., Grace Sh., Hamet P., Ho T., Kirkland S., Lambert M., Libersan D., O'Loughlin J., Paradis G., Petrovich M., Tagalakis V. A comprehensive view of sex-specific issues related to cardiovascular disease // *Can. Med. Ass. J.* 2007. Vol. 176, no. 6. P. S1–S44. doi: 10.1503/cmaj.051455
33. Pressinger M. A. Mental processes and disorders: a neurobehavioral perspective in human biometeorology // *Experientia*. 1987. Vol. 43. P. 39–48.
34. Shaposhnikov D., Revich B., Gurfinkel Yu., Naumova E. The influence of meteorological and geomagnetic factors on acute myocardial infarction and drain stroke in Moscow, Russia // *Int. J. Biometeorol.* 2014. Vol. 58, no. 6. P. 799–808. doi: 10.1007/s00484-013-0660-0
35. Taves M. D., Gomez-Sanchez C. E., Soma K. K. Extra-adrenal glucocorticoids and mineralocorticoids: evidence for local synthesis, regulation and function // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2011. Vol. 301, no. 1. P. 11–24. doi: 10.1152/ajpendo.00100.2011
36. Vencloviene J., Babarskiene R., Doboziuskas P., Siurkaite V. Effects of weather conditions on emergency ambulance calls for acute coronary syndromes // *Int. J. Biometeorol.* 2014. Vol. 59, no. 8. P. 1083–1093. doi: 10.1007/s00484-014-0921-6
37. Wang X. Y., Barnett A. G., Hu W., Tong S. Temperature variation and emergency hospital admissions for stroke in Brisbane, Australia, 1996–2005 // *Int. J. Biometeorol.* 2009. Vol. 53. P. 535–541. doi: 10.1007/s00484-009-0241-4
38. Wichmann J., Ketzel M., Ellermann T., Loft S. Apparent temperature and acute myocardial infarction hospital admissions in Copenhagen, Denmark: a case-crossover study // *Environ. Health*. 2012. P. 11–19. doi: 10.1186/1476-069X-11-19
39. Wolf K., Schneider A., Breitner S., Von Klot S., Meisinger C., Cyrys J., Hymer H., Wichmann H.-E., Peters A., Cooperative Health Research in the Region of Augsburg Study Group. Air temperature and the occurrence of myocardial infarction in Augsburg, Germany // *Circulation*. 2009. Vol. 120, no. 9. P. 735–742.

Поступила в редакцию 07.04.2020

## REFERENCES

1. Visheratin K. N., Karmanov F. I. Prakticheskie metody otsenki spektral'nykh parametrov [Practical methods for assessing spectral parameters]. Obninsk: IATE, 2008. 60 p.
2. Voichuk S. I., Podgorskii B. C., Gromozova E. N. Vliyanie radiochastotnogo

elektromagnitnogo izlucheniya na fiziologicheskie osobennosti *Saccharomyces cerevisiae* UKM Y-517 [Effect of radio-frequency electromagnetic radiation on physiological features of *Saccharomyces cerevisiae* strain UCM Y-517]. *Mikrobiol. zhurn.* [Microbiol. J.]. 2004. Vol. 66, no. 3. P. 51–57.

3. Gurfinkel' Yu. I., Lyubimov V. V., Oraevskii V. N., Parfenova L. M., Yur'ev A. S. Vliyanie geomagnitnykh vozmushchenii na kapillyarnyi krovotok bol'nykh ishemicheskoi bolezni serdtsa [Effect of geomagnetic disturbances on the capillary blood flow in patients with ischemic heart disease]. *Biofizika* [Biophysics]. 1995. Vol. 40, no. 4. P. 793–799.
4. Diatropov M. E., Stankevich A. A., Diatropova M. A., Dzhililova D. Sh., Diatropov E. V. Obshchie zakonomernosti infradiannykh (mnogosutochnykh) bioritmov u mlekopitayushchikh i ptits [General patterns of infradian (multi-day) biorhythms in mammals and birds]. *Sistema «Planeta-Zemlya»* [Planet Earth System]. Moscow: Lenand, 2018. P. 162–201.
5. Zotov O. D., Gul'emi A. V. Problemy sinkhronizma elektromagnitnykh i seismicheskikh sobytii v dinamicheskoi sisteme magnitosferatekhnosfera-litosfera [Problems of synchronism of electromagnetic and seismic events in the magnetosphere-technosphere-lithosphere dynamic system]. *Solnechno-zemnaya fizika* [Solar-Terrestrial Physics]. 2010. Iss. 16. P. 19–25.
6. Kizilova N. N. Agregatsiya i osedanie trombocitov v magnitnom pole [Platelet aggregation and sedimentation in a magnetic field]. *Biofizika* [Biophysics]. 1993. Vol. 5, no. 2. P. 34–36.
7. Kleimenova N. G., Kozyreva O. V. Magnitnye buri i infarkty: vsegda li buri opasny? [Magnetic storms and heart attacks: are storms always dangerous?]. *Geofizicheskie protsessy i biosfera* [Geophysical Processes and Biosphere]. 2008. Vol. 7, no. 3. P. 5–24.
8. Krutskikh N. V., Kosinova I. I. Metodika otsenki transformatsii prirodnoi sredy po rezul'tatam ekologo-geokhimicheskikh issledovaniy na primere g. Petrozavodsk [Methodology for assessing the transformation of the environment according to the results of ecological and geochemical studies on the example of the city of Petrozavodsk]. *Vestnik VGU. Ser. Geol.* [Proceed. Voronezh St. Univ. Ser.: Geol.]. 2014. No. 3. P. 95–97.
9. Mikhailova G. A., Smirnov S. E. Effekty geomagnitnykh vozmushchenii v prizemnoi atmosfere i vozmozhnyi biofizicheskii mekhanizm ikh vliyaniya na serdechno-sosudistuyu sistemu cheloveka [Impact of geomagnetic disturbances in the surface atmosphere and the possible biophysical mechanism of their influence on the human cardiovascular system]. *Geofizicheskie protsessy i biosfera* [Geophysical Processes and Biosphere]. 2010. Vol. 9, no. 3. P. 66–80.
10. Pikin D. A., Gurfinkel' Yu. I., Oraevskii V. N. Vliyanie geomagnitnykh vozmushchenii na svertyvayushchuyu sistemu krovi u bol'nykh ishemicheskoi bolezni serdtsa i vozmozhnosti medikamentoznoi terapii [The effect of geomagnetic disturbances on the blood coagulation system in patients with coronary heart disease and the possibility of drug therapy]. *Biofizika* [Biophysics]. 1998. Vol. 43, no. 4. P. 617–622.
11. Ptitsyna N. G., Villorezi Dzh., Kopytenko Yu. A., Tyasto M. I. Magnitnye polya elektrotransporta i ekologiya cheloveka [Magnetic fields of electric vehicles and human ecology]. St. Petersburg: Nestor-Istoriya, 2010. 122 p.
12. Tovkach M. N. Zabolevaemost' naseleniya i usloviya ee snizheniya: regional'nyi aspekt (na primere Karelii) [The sickness rate of the population and the conditions for its decrease: a regional aspect (the case of Karelia)]. *Vestnik RGGU* [Proceed. Russ. St. Univ. Humanities]. 2008. No. 2. P. 264–274.
13. Tsetlin V. V., Fainshtein G. S. O vliyaniy kosmofizicheskikh, geofizicheskikh i radiatsionnykh faktorov na elektrofizicheskie i biologicheskie svoystva vody [On the impact of cosmophysical, geophysical, and radiation factors on the electrophysical and biological properties of water]. *Metafizika* [Metaphysics]. 2012. No. 2(4). P. 81–99.
14. Chereshev V. A., Gamburtsev A. G., Sigachev A. V., Verkhoturova L. F., Gorbatenko E. V., Gamburtseva N. G. Vneshnie vozdeistviya. Stressy. Zabolevaemost' [External impact. Stress. Sickness rate]. Moscow: Nauka, 2016. 168 p.
15. Chizhevskii A. Fizicheskie faktory istoricheskogo protsessa [Physical factors of the historical process]. Kaluga: 1-ya Gostipolitogr., 1924. 70 p.
16. Chizhevskii A. L. Zemnoe ekho solnechnykh bur' [Terrestrial echoes of solar storms]. Moscow: Mysl', 1973. 352 p.
17. Sharov N. V. Geofizicheskaya observatoriya «Petrozavodsk» [Petrozavodsk geophysical observatory]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2014. No. 1. P. 169–171.
18. Burg J. P. Maximum entropy spectral analysis: Proceed. 37<sup>th</sup> Meeting, Society of Exploration Geophysics, Oklahoma City, 1967.
19. Cherry N. J. Schumann resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of solar-geomagnetic activity. *Nat. Hazards*. 2002. Vol. 26, no. 3. P. 279–331. doi: 10.1023/A:1015 637127504
20. Goldberg M. S., Giannetti N., Burnett R. T., Mayo N. E., Valois M. F., Brophy J. M. A panel study in congestive heart failure to estimate the short-term effects from personal factors and environmental conditions on oxygen saturation

- and pulse rate. *J. Occup. Environ. Med.* 2008. Vol. 65. P. 659–666. doi: 10.1136/oem.2007.034934
21. Gupta A. Numerical methods using MATLAB. New York: Apress, 2014.
  22. Helmholtz center Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences, Official Website. URL: <https://www.gfz-potsdam.de/en/kp-index> (дата обращения: 12.03.2020).
  23. Hori A., Hashizume M., Tsuda Y., Tsukahara T., Nomiya T. Effects of weather variability and air pollutants on emergency admissions for cardiovascular and cerebrovascular diseases. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2012. Vol. 22, no. 5. P. 416–430. doi: 10.1080/09603123.2011.650155
  24. Jones S. S., Thomas A., Evans R. S., Welch S. J., Haug P. J., Snow G. L. Forecasting daily patient volumes in the emergency department. *Acad. Emerg. Med.* 2008. Vol. 15, no. 2. P. 159–170.
  25. Kavanagh A., Denton M. High-speed solar-wind streams and geospace interactions. *Astronomy and Geophysics.* 2007. Vol. 48. P. 6.24–6.26. doi: 10.1111/j.1468-4004.2007.48624.x
  26. Laboratory of X-ray Solar Astronomy FIAN, Official Website. URL: [http://tesis.lebedev.ru/en/magnetic\\_storms.html](http://tesis.lebedev.ru/en/magnetic_storms.html) (accessed: 12.02.2020).
  27. Lessons and advices on Qgis. Qgis. 2016. Official Website. URL: <http://www.qgistutorials.com/ru> (accessed: 25.03.2020).
  28. Menvielle M., Berthelier A. The K-derived planetary indices: description and availability. *Review of Geophysics.* 1991. Vol. 29. P. 415–432. doi: 10.1029/91RG00994
  29. Otsuka K., Cornelissen G., Weydahl A., Holmeslet B., Hansen T. L., Shinagawa M., Kubo Y., Nishimura Y., Omori K., Yano S., Halberg F. Geomagnetic disturbance associated with decrease in heart rate variability in a subarctic area. *Biomed. Pharmacother.* 2001. Vol. 55, no. 1. P. 51–56. doi: 10.1016/S0753-3322(01)90005-8
  30. Palmer S., Rycroft M., Cermack M. Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface. *Surveys in Geophysics.* 2006. Vol. 27. P. 557–595. doi: 10.1007/s10712-006-9010-7
  31. Peters A., Frohlich M., Doring A., Immervoll T., Wichmann H. E., Hutchinson W. L., Pepys M. B., Koenig W. Particulate air pollution is associated with an acute phase response in men (MONICA–Augsburg Study). *Eur. Heart J.* 2001. Vol. 22. P. 1198–1204.
  32. Pilote L., Dasgupta K., Guru V., Humphries K., McGrath J. J., Norris C. M., Rabi D., Tremblay J., Alamian A., Barnett T., Cox J., Ghali W. A., Grace Sh., Hamet P., Ho T., Kirkland S., Lambert M., Libersan D., O'Loughlin J., Paradis G., Petrovich M., Tagalakis V. A comprehensive view of sex-specific issues related to cardiovascular disease. *Can. Med. Ass. J.* 2007. Vol. 176, no. 6. P. S1–S44. doi: 10.1503/cmaj.051455
  33. Pressinger M. A. Mental processes and disorders: a neurobehavioral perspective in human biometeorology. *Experientia.* 1987. Vol. 43. P. 39–48.
  34. Shaposhnikov D., Revich B., Gurfinkel Yu., Naumova E. The influence of meteorological and geomagnetic factors on acute myocardial infarction and drain stroke in Moscow, Russia. *Int. J. Biometeorol.* 2014. Vol. 58, no. 6. P. 799–808. doi: 10.1007/s00484-013-0660-0
  35. Taves M. D., Gomez-Sanchez C. E., Soma K. K. Extra-adrenal glucocorticoids and mineralocorticoids: evidence for local synthesis, regulation and function. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2011. Vol. 301, no. 1. P. 11–24. doi: 10.1152/ajpendo.00100.2011
  36. Vencloviene J., Babarskiene R., Doboziuskas P., Siurkaite V. Effects of weather conditions on emergency ambulance calls for acute coronary syndromes. *Int. J. Biometeorol.* 2014. Vol. 59, no. 8. P. 1083–1093. doi: 10.1007/s00484-014-0921-6
  37. Wang X. Y., Barnett A. G., Hu W., Tong S. Temperature variation and emergency hospital admissions for stroke in Brisbane, Australia, 1996–2005. *Int. J. Biometeorol.* 2009. Vol. 53. P. 535–541. doi: 10.1007/s00484-009-0241-4
  38. Wichmann J., Ketzel M., Ellermann T., Loft S. Apparent temperature and acute myocardial infarction hospital admissions in Copenhagen, Denmark: a case-crossover study. *Environ. Health.* 2012. P. 11–19. doi: 10.1186/1476-069X-11-19
  39. Wolf K., Schneider A., Breitner S., Von Klot S., Meisinger C., Cyrys J., Hymer H., Wichmann H-E., Peters A., Cooperative Health Research in the Region of Augsburg Study Group. Air temperature and the occurrence of myocardial infarction in Augsburg, Germany. *Circulation.* 2009. Vol. 120, no. 9. P. 735–742.

Received April 07, 2020

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

**Белашев Борис Залманович**  
ведущий научный сотрудник, д. т. н.  
Институт геологии КарНЦ РАН,  
Федеральный исследовательский центр  
«Карельский научный центр РАН»  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,  
Республика Карелия, Россия, 185910  
эл. почта: belashev@krc.karelia.ru  
тел.: (8142) 782753

**Крутских Наталья Владимировна**  
старший научный сотрудник, к. г. н.  
Институт геологии КарНЦ РАН,  
Федеральный исследовательский центр  
«Карельский научный центр РАН»  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск,  
Республика Карелия, Россия, 185910  
эл. почта: natkrut@gmail.com  
тел.: (8142) 782753

**Герасимова Анна Александровна**  
геофизик  
эл. почта: 79116679520@yandex.ru  
тел.: +79116679520

## CONTRIBUTORS:

**Belashev, Boris**  
Institute of Geology, Karelian Research Centre,  
Russian Academy of Sciences  
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,  
Karelia, Russia  
e-mail: belashev@krc.karelia.ru  
tel.: (8142) 782753

**Krutsikh, Natalia**  
Institute of Geology, Karelian Research Centre,  
Russian Academy of Sciences  
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,  
Karelia, Russia  
e-mail: natkrut@gmail.com  
tel.: (8142) 782753

**Gerasimova, Anna**  
e-mail: 79116679520@yandex.ru  
tel.: +79116679520