

УДК 519.237.5:004.43:303.7:616.28-001.1(470.55)
<https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-3-39-50>

Пространственно-статистический анализ данных о нарушениях слуха у жителей Челябинской области

А. А. Корнеев¹, С. В. Рязанцев¹, С. В. Левин¹, А. В. Храмов², Е. Э. Вяземская¹,
И. Н. Скирпичников³, Е. А. Левина¹, С. С. Павлова¹

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи,
Санкт-Петербург, 190013, Россия

² Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д. Ф. Устинова,
Санкт-Петербург, 190005, Россия

³ Челябинская областная клиническая больница,
Челябинск, 454048, Россия

Spatial and statistical analysis of hearing impairment data of Chelyabinsk region residents

A. A. Korneenkov¹, S. V. Ryazantsev¹, S. V. Levin¹, A. V. Khramov², E. E. Vyazemskaya¹,
I. N. Skirpichnikov³, E. A. Levina¹, S. S. Pavlova¹

¹ Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech,
Saint Petersburg, 190013, Russia

² Baltic State Technical University "VOENMEH",
Saint Petersburg, 190005, Russia

³ Chelyabinsk Regional Clinical Hospital,
Chelyabinsk, 454048, Russia

Целью исследования является пространственный и статистический анализ тугоухости различных типов (кондуктивной, сенсоневральной, смешанной) и глухоты у взрослого населения Челябинской области, оценка ее динамики и влияния экологической напряженности в месте проживания. Материалами исследования являлись данные областного сурдологопедического центра Челябинской областной клинической больницы за период 2016–2020 гг. Эпидемиологические вопросы распространения заболеваний изучались с помощью методов пространственного анализа с использованием программной среды R. Основными задачами пространственного анализа являлись визуализация точечного образа из географических координат мест проживания пациентов, оценка свойств пространственного процесса, который порождает этот точечный образ, проверка гипотезы о пространственной случайности этого процесса и влиянии на него экологической ситуации. Установлено, что из всех первичных обращений более половины составили пациенты с двусторонней сенсоневральной потерей слуха. Число обратившихся пациентов за год в течение периода наблюдений колеблется в пределах среднего. Из всех нарушений слуха наибольшие значения относительной инцидентности характерны для сенсоневральной тугоухости, которая имеет прямую зависимость от возраста. Интенсивность выявления пациентов с нарушениями слуха и глухотой прямо связана с численностью проживающего населения. Имеющееся деление на зоны с разной экологической ситуацией не оказывает статистически значимого ($p < 0,05$) влияния на показатель отношения числа пациентов с нарушениями слуха к численности населения.

Ключевые слова: пространственный анализ, нарушения слуха и глухота, сенсоневральная тугоухость, эпидемиология нарушений слуха, относительная инцидентность, программа R, экологическое районирование, картографирование.

Для цитирования: Корнеев А. А., Рязанцев С. В., Левин С. В., Храмов А. В., Вяземская Е. Э., Скирпичников И. Н., Левина Е. А., Павлова С. С. Пространственно-статистический анализ данных о нарушениях слуха у жителей Челябинской области. *Российская оториноларингология*. 2021;20(3):39–50. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-3-39-50>

The aim of the study is a spatial and statistical analysis of hearing loss of various types (conductive, sensorineural, mixed) and deafness in the adult population of the Chelyabinsk region, assessment of its dynamics and the impact of environmental stress in the place of residence. The study materials were data from the regional audiological center of the Chelyabinsk regional clinical hospital for the period from 2016–2020. Epidemiological issues of the spread of diseases were studied using the methods of spatial analysis, in the R software environment. The main tasks of spatial analysis were to visualize a point pattern from the geographical coordinates of the patient's places of residence, assess the properties of the spatial process that generates this point pattern, test the hypothesis about the spatial randomness of this process and the influence of the ecological situation on it. It was found that more than half of all primary visits were patients with bilateral sensorineural hearing loss. The number of patients who applied for the year during the observation period fluctuates within the average. Of all hearing impairments, the highest values of relative incidence are characteristic of sensorineural hearing loss, which has a direct relationship with age. The intensity of detection in patients with hearing impairment and deafness is directly related to the size of the living population. The existing division into zones with different ecological situations does not have a statistically significant ($p < 0.05$) effect on the ratio of the number of patients with hearing impairments to the population.

Keywords: spatial analysis, hearing loss and deafness, sensorineural hearing loss, epidemiology of hearing loss, relative incidence, program R, ecological zoning, mapping.

For citation: Korneenkov A. A., Ryazantsev S. V., Levin S. V., Khramov A. V., Vyazemskaya E. E., Skirpichnikov I. N., Levina E. A., Pavlova S. S. Spatial and statistical analysis of hearing impairment data of Chelyabinsk region residents. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2021;20(3):39-50. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-3-39-50>

Введение

Широкое распространение заболеваний, сопровождающихся нарушениями слуха (НС), представляет серьезную проблему для здоровья населения, общественного здравоохранения [1] и требует значительных затрат для оказания медицинской помощи, реабилитации и абилитации. К сожалению, показатели распространенности инвалидизирующих НС только увеличиваются (от 1% населения в 1985 году до 6,1% населения к 2018 году [2]). Что касается легкой или односторонней потери слуха, то ситуация еще драматичнее: численность населения с потерей слуха в мировом масштабе выросло с 1,2 миллиарда (17,2%) в 2008 году до 1,4 миллиарда (18,7%) в 2017 году [3]. Для населения России такие негативные тенденции имеют еще большее значение. В условиях территориальной протяженности, неоднородности инфраструктуры, разной интенсивности факторов риска развития НС эпидемиологическая картина НС в разных регионах и внутри них может значительно различаться. В связи с этим эффективность медицинской помощи зависит от гибкости, адаптации к местным потребностям, системы ее оказания. Местоположение, место проживания (пространственные координаты) человека определяет интенсивность многих других факторов риска развития НС и выступает как самостоятельный фактор, так и конфаундер, который необходимо изучать и учитывать.

Пространственный фактор для России имеет огромное значение в доступности оказания медицинской помощи. Пространственный анализ (ПА) определяет основной смысл понятия «адресность медицинской помощи». В оториноларингологии этот метод анализа использовался, напри-

мер, в работе «Пространственный анализ данных в эпидемиологии сенсоневральной тугоухости», автор А. А. Корнеенков [4]. К сожалению, пространственный анализ как совокупность методов, сформировавшаяся в последние годы для изучения пространственных аспектов эпидемиологии неинфекционных заболеваний, очень редко используется в оториноларингологии, и область исследований НС не является исключением.

В настоящей работе проводится исследование случаев НС, зарегистрированных в Челябинской области, известной своей неблагоприятной экологической ситуацией [5], высокой численностью, плотностью и урбанизацией населения [6].

Цель исследования

Пространственный анализ заболеваемости тугоухостью различных типов (кондуктивной, сенсоневральной, смешанной) и глухотой у взрослых жителей Челябинской области с учетом динамики ее изменения и влияния экологической напряженности места проживания.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов исследования использованы обезличенные данные областного сурдологического центра (далее сурдоцентр) на базе Челябинской областной клинической больницы за период 2016–2020 гг. С помощью методов пространственного анализа изучались эпидемиологические вопросы распространения заболеваний с использованием программной среды R. Основными задачами пространственного анализа являлись: визуализация точечного образа (англ. point pattern), формируемого географическими координатами мест проживания

пациентов с НС; оценка различных статистических показателей пространственного процесса, порождающего эти точечные образы; проверка гипотезы о пространственной случайности этого процесса и влиянии на него экологической ситуации на территории Челябинской области.

В качестве основного программного продукта для решения пространственных задач был использован программный пакет R, который хорошо себя зарекомендовал для решения широкого круга статистических задач [7]. Для обработки и визуализации пространственных данных применялись различные библиотеки R (ggplot2, rdal и другие). Данные об административно-территориальном делении Челябинской области получены в виде пространственных многоугольников (полигонов) в формате «geojson» через сервис Overpass Turbo (<http://overpass-turbo.eu/>) и экспортированы в R. Данные о населении Челябинской области получены из публикаций Федеральной службы государственной статистики с сайта <https://chelstat.gks.ru/population> [6].

Результаты исследования

1. Общая характеристика обратившихся пациентов

За период 2016–2019 гг. в сурдоцентр за сурдологической помощью обратилось 8415 человек в возрасте 18 лет и старше. Из всех первичных обращений более половины (57,5%) составили пациенты с двусторонней сенсоневральной тугоухостью (H90.3), а остальные доли представлены в табл. 1.

Среди обратившихся большинство составили женщины (53,69%) по сравнению с пациентами мужчинами (46,31%). Средний возраст (среднее арифметическое) всех пациентов составил 59,1 года, медиана (1 и 3 квартили) – 61 (51;69).

Среди первично обратившихся за четыре года за медицинской помощью у мужчин средний возраст составил $56,7 \pm 0,5$ года (95%-ный доверительный интервал, ДИ) и у женщин – $61,1 \pm 0,4$ лет. Гистограмма возраста пациентов разного пола представлена на рис. 1.

При распределении пациентов по видам тугоухости, среди пациентов разных полов, независимо от пола чаще наблюдалась сенсоневральная тугоухость (среди женщин в 66,1% случаев, среди мужчин в 76,1%), реже кондуктивная тугоухость (среди женщин в 21,9% случаев, среди мужчин в 15,6%) и еще реже – смешанная тугоухость (среди женщин в 12% случаев, среди мужчин в 8,3%). Среди пациентов с кондуктивной тугоухостью женщины составили 61,9%, мужчины – 38,1%, с сенсоневральной тугоухостью женщины составили 50,2%, мужчины – 49,8%, со смешанной тугоухостью женщины составили 62,7%, мужчины – 37,3%.

Во всех возрастных диапазонах чаще всего наблюдалась сенсоневральная тугоухость с тенденцией к увеличению ее доли с возрастом пациента, кондуктивная тугоухость с возрастом занимала все меньшую долю среди обратившихся, а доля пациентов со смешанной тугоухостью не имела четко выраженного тренда и колебалась от 2,4 до 13,7% в разных диапазонах возраста (табл. 2, 3).

Кондуктивная тугоухость чаще всего встречалась у пациентов в возрасте 50–59 лет (27,5% всех пациентов с этим видом тугоухости), сенсоневральная и смешанная – у пациентов 60–69 лет (29,2 и 39,1% соответственно от всех пациентов с соответствующим видом тугоухости).

Среди всех обратившихся чаще наблюдалась сенсоневральная потеря слуха двусторонняя (в 57,5% случаев), реже – сенсоневральная потеря слуха односторонняя с нормальным слухом

Т а б л и ц а 1

Структура по МКБ обратившихся с нарушениями слуха в областной сурдологопедический центр

Table 1

Reasons for referral are structured according to ICD-10 among patients with hearing impairments in the regional audiological center

МКБ	МКБ-диагноз	Доля, %
H90.0	Кондуктивная потеря слуха двусторонняя	10,9
H90.1	Кондуктивная потеря слуха односторонняя с нормальным слухом на противоположном ухе	8,1
H90.3	Сенсоневральная потеря слуха двусторонняя	57,5
H90.4	Сенсоневральная потеря слуха неуточненная	0,04
H90.5	Сенсоневральная потеря слуха односторонняя с нормальным слухом на противоположном ухе	13,16
H90.6	Смешанная кондуктивная и сенсоневральная тугоухость двусторонняя	7,8
H90.7	Смешанная кондуктивная и сенсоневральная тугоухость односторонняя, с нормальным слухом на противоположном ухе	2,5
Всего:		100

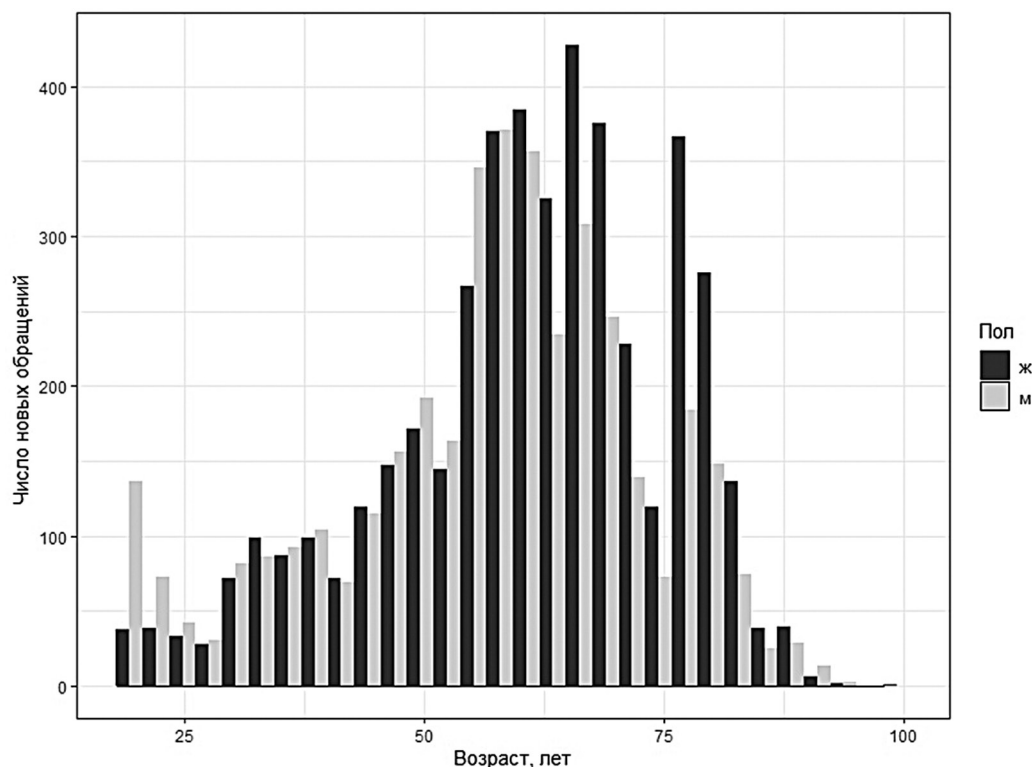


Рис. 1. Гистограмма возраста обратившихся в сурдоцентр пациентов разного пола («Ж» – женщины, «М» – мужчины)

Fig. 1. Age and gender histogram of patients who applied to the regional audiologic center («Ж» – women, «М» – men)

Доля разных видов тугоухости у пациентов разных возрастов, %

Таблица 2

Table 2

Proportions of different types of hearing loss in patients of different ages, %

Диапазон возраста, лет	Вид тугоухости			Всего, %
	кондуктивная	сенсоневральная	смешанная	
10–19	35,41	60,42	4,17	100,00
20–29	35,24	62,35	2,41	100,00
30–39	36,29	59,36	4,35	100,00
40–49	29,05	63,89	7,06	100,00
50–59	22,98	68,18	8,84	100,00
60–69	15,85	70,41	13,74	100,00
70–79	7,09	79,74	13,17	100,00
80–89	4,45	84,84	10,71	100,00
90+	0,00	96,15	3,85	100,00

на противоположном ухе (в 13,1% случаев), еще реже – кондуктивная потеря слуха двусторонняя (10,9% случаев). Доли этих болезней у мужчин и женщин статистически значимо не различаются ($p > 0,05$).

За период наблюдения была оценена динамика показателей по годам и по месяцам. Суммарное число первично обратившихся в сур-

доцентр составило в 2016 году – 1977 обращений, в 2017 – 2207, 2018 – 2126, 2019 – 2105. Среднее значение за 4 года наблюдений – 2103 (стандартное отклонение, $SD = 95$) пациентов. Учитывая, что в исследовании были доступны данные за четыре года наблюдений, достоверных оценок колеблемости и центральной тенденции за эти годы получить трудно. Число обратившихся в те-

Таблица 3

Удельный вес пациентов (%) разного возраста при разных видах тугоухости

Table 3

Relative weights of patients (%) of different ages with different types of hearing loss

Диапазон возраста, лет	Вид тугоухости		
	кондуктивная	сенсоневральная	смешанная
10–19	3,19	1,46	0,69
20–29	7,33	3,48	0,92
30–39	13,59	5,97	3,00
40–49	15,72	9,28	7,01
50–59	27,49	21,90	19,47
60–69	24,48	29,19	39,06
70–79	6,51	19,65	22,24
80–89	1,69	8,65	7,49
90+	0,00	0,42	0,12
Всего	100,00	100,00	100,00

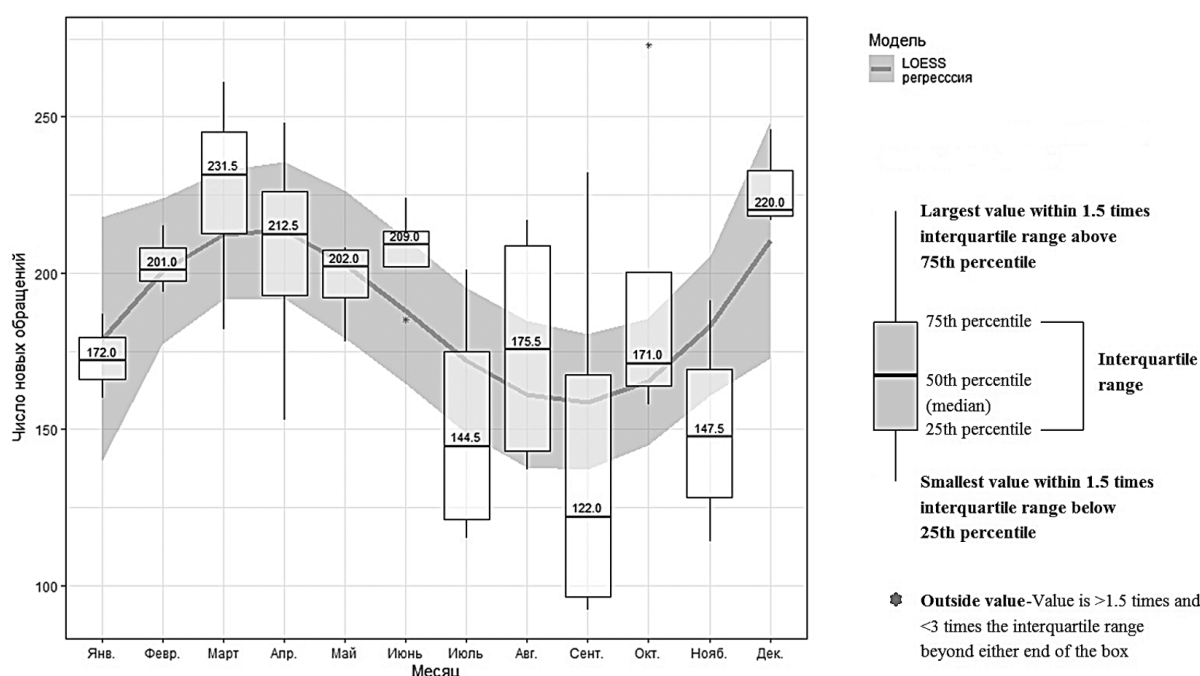


Рис. 2. График с диаграммами размаха числа новых обращений в сурдологический центр ежемесячно в течение 2016–2019 гг. наблюдений, дополненный сглаживающей loess-моделью

Fig. 2. Graph with diagrams of the range of the number of new visits to the regional audiological center on a monthly basis during 2016–2019 (observations are supplemented by a smoothing loess-model)

чение одного года пациентов с НС в течение 4 лет наблюдений колеблется в пределах среднего – 2 стандартных отклонений. В среднем 2104 (SD = 95) пациента обращаются в сурдологический центр за помощью.

Изменений в структуре нарушений слуха (кондуктивная, сенсоневральная, смешанная) по годам также не происходит. В целом за 4 года разброс (min-max) значений долей отдельных типов потерь слуха наблюдался в пределах 70–73% – для сенсоневральной, 18–19% – для кондуктивной, 24–26% – для смешанной потери слуха.

Число первичных обращений в сурдоцентр колеблется в течение года. На рис. 2 представлен график с диаграммами размаха числа новых обращений ежемесячно в течение 2016–2019 гг. наблюдений. Визуально можно определить, что в первой половине года число первичных обращений растет, достигая максимума к марту и апрелю, а затем в 3–4-м квартале года происходит снижение числа обращений. Однако в декабре число обратившихся резко увеличивается. Диаграммы размаха на рисунке дополнены сглаживающей loess-моделью.

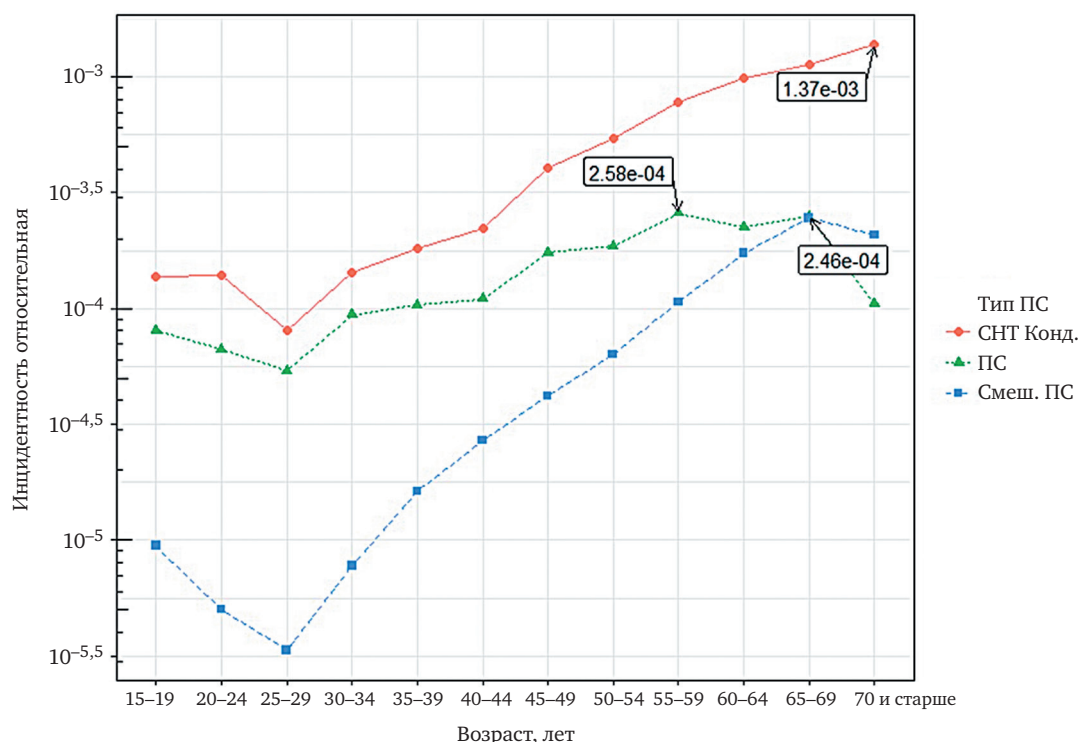


Рис. 3. Диаграмма значений (средних за 4 года) относительной инцидентности на основе числа новых обращений в сурдологический центр и по возрастной численности населения Челябинской области
Fig. 3. Diagram of incidence rate (IR) based on the number of new visits to the regional audiological center and the age-specific population of the Chelyabinsk region (average values over 4 years)

На основе имеющихся данных можно вычислить относительную инцидентность (англ., incidence rate, сокращенно IR) [8] – относительную частоту возникновения новых событий, т. е. первичных обращений в сурдоцентр по поводу НС, в популяции. Она вычисляется путем деления числа первичных обращений в сурдоцентр по поводу НС за год на численность популяции, подвергающейся риску в этот период времени. Исходя из данных о численности населения Федеральной службы государственной статистики [6] была рассчитана относительная инцидентность нарушений слуха различных типов для разных возрастных групп населения.

Как видно на диаграмме (рис. 3), наибольшие значения IR характерны для сенсоневральной тугоухости. Она имеет прямую зависимость от возраста, изменяясь практически на порядок: с менее чем $1 \cdot 10^{-4}$ в восемнадцатилетнем возрасте до $1 \cdot 10^{-3}$ (точнее $1,37 \cdot 10^{-3}$) для населения в возрасте 70 лет и старше. IR для кондуктивной тугоухости также растет с возрастом, однако максимальные значения наблюдаются в возрастном диапазоне населения 55–59 лет ($2,6 \cdot 10^{-4}$).

Смешанная форма НС имеет меньшую относительную инцидентность, чем все остальные типы НС, практически во всех диапазонах возрастов, но для лиц старше трудоспособного возраста она приближается к уровню IR кондуктивного типа НС ($2,5 \cdot 10^{-4}$).

II. Пространственный анализ

Общие принципы пространственного анализа заболеваемости, использованные в настоящем исследовании, были достаточно подробно описаны в работе [4]. Места проживания пациентов, обратившихся первично в сурдоцентр, могут быть представлены на карте в виде отдельных точек, которые формируют точечный образ, паттерн определенной формы. Места проживания пациентов с НС, поступивших первично в сурдоцентр, обозначены точками синего цвета (рис. 4), и контуры или изолинии красного цвета показывают области с одинаковой плотностью вероятности появления пациентов с НС. Для определения плотности вероятности был использован метод ядерной оценки плотности (англ. Kernel Density Estimation, KDE), предназначенный для сглаживания данных.

Можно выделить несколько достаточно крупных районов, объединяющих крупные города и населенные пункты, где наблюдается наибольшая плотность случаев первичного обращения НС: 1) Усть-Катав, Трехгорный, Бакал, Сатка; 2) Златоуст, Миасс, Чебаркуль; 3) Челябинск, Копейск, Коркино, Еманжелинск, Красногорский, Южноуральск, Пласт; 4) Троицк. Интенсивность выявления в этих зонах пациентов с НС прямо связана с численностью проживающего населения.

К сожалению, IR для отдельных районов ЧО по имеющимся данным не может быть рассчитана,

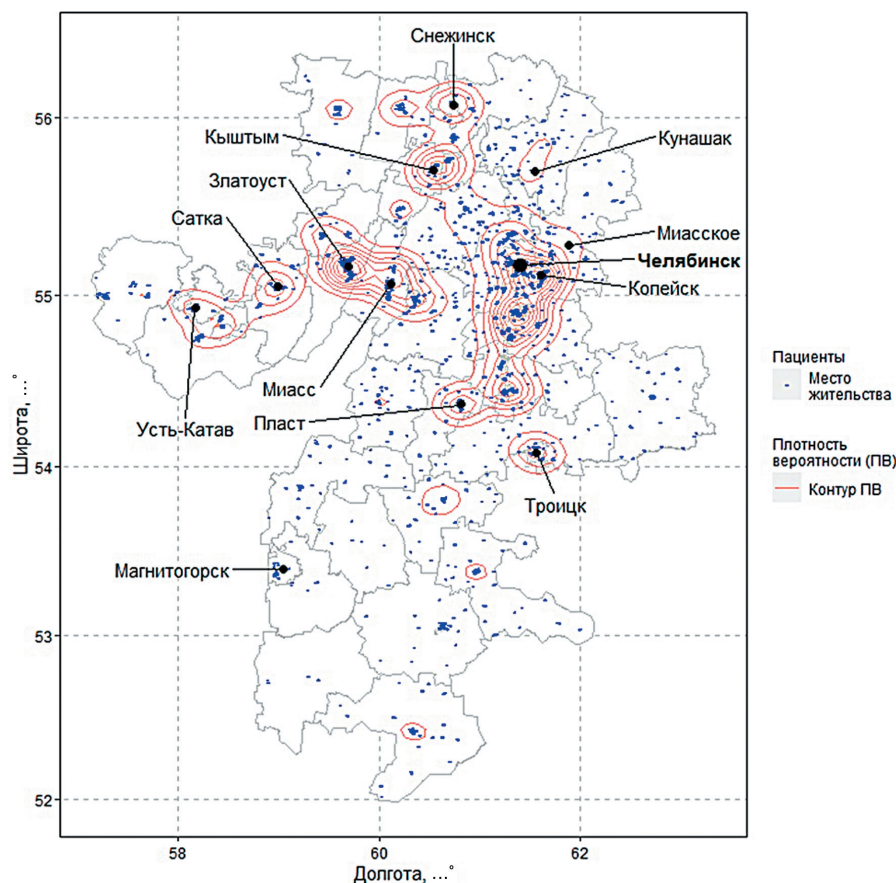


Рис. 4. Оценка вероятности (плотности вероятности) появления локации на карте (контурные линии определяют зоны с равной вероятностью появления первичных пациентов с НС)

Fig. 4. Evaluation of the probability (probability density) of the appearance of a location on the map (contour lines define areas with an equal probability of the appearance of primary patients with hearing loss)

так как данные ОСЦ содержат сведения о пациентах в возрасте 18 лет и старше, а доступных сведений о численности этой возрастной группы в отдельных районах Челябинской области нет. Поэтому вместо IR для оценки риска появления новых случаев НС был использован показатель отношения числа новых случаев НС к общей численности населения района, который для краткости обозначен аббревиатурой *NHLD* (англ. ratio of the number of primary patients with hearing loss to the population of the district).

На рис. 5 представлена интенсивность риска возникновения первичного обращения в разных районах Челябинской области. Чем темнее, тем более интенсивным является риск первичного обращения с НС в сурдоцентр. Наибольшие значения этого показателя наблюдались в районах Пластовский и Чесменский.

Проверка гипотезы о влиянии пространственного фактора (в нашем случае экологической напряженности, имеющей известную пространственную форму, распределение) на формирование точечного образа осуществлялась на примере экологического районирования Челябинской области. Для сопоставления интенсивности появле-

ния первичных обращений в сурдоцентр между жителями районов Челябинской области с разными экологическими ситуациями использовалась карта на основе материалов по экологическому районированию А. Левита [9]. На территории области выделены районы: с относительно удовлетворительной экологической ситуацией; напряженной экологической ситуацией; критической экологической ситуацией; кризисной экологической ситуацией.

На рисунке показана карта с районами разной экологической ситуации.

Чтобы рассчитать риск возникновения первичного обращения в разных экологических зонах, необходимо знать численность проживающего на данной территории населения. Сведений в государственных базах об этом нет, но она может быть вычислена примерно, на основе численности населения районов области и площади, которую занимает экологический район. В табл. 4 приведены показатели и методики их расчетов для получения значений численности населения и распространенности болезни.

При пересечении полигонов районов административного деления и зон с разной эко-

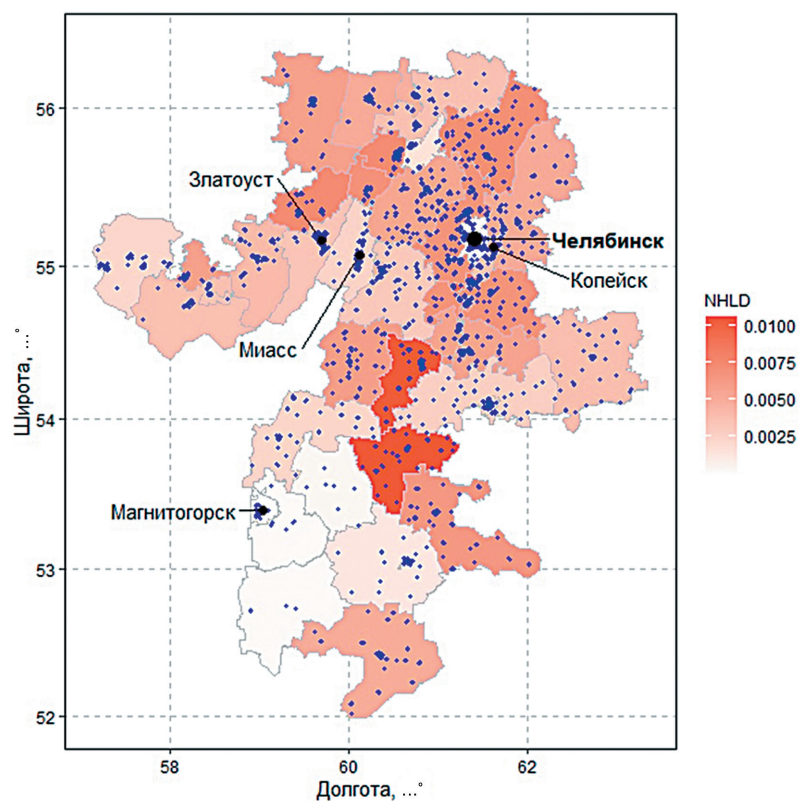


Рис. 5. Интенсивность риска возникновения первичного обращения в разных районах Челябинской области
Fig. 5. Intensity of the risk of primary treatment in different districts of the Chelyabinsk region

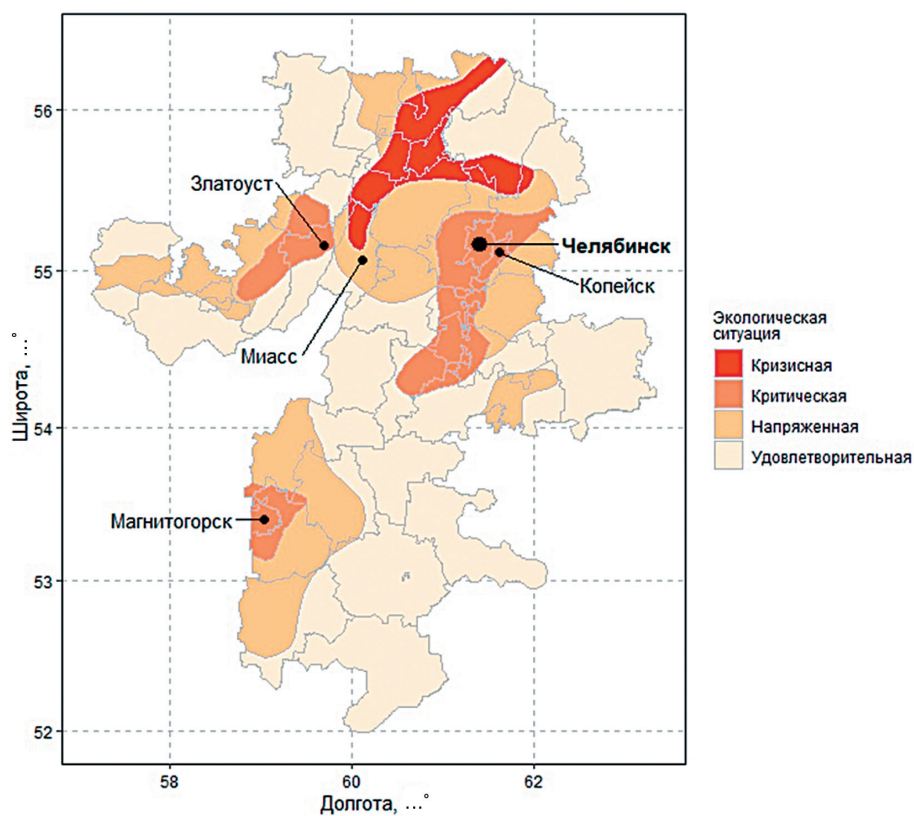


Рис. 6. Экологическая карта Челябинской области (по А. Левиту)
Fig. 6. Ecological map of the Chelyabinsk region (according to A. Levit)

Таблица 4

Алгоритм расчетов распространенности нарушений слуха и глухоты в экологической зоне

Table 4

Algorithm for calculating the prevalence of hearing loss in the ecological zone

Показатель	Обозначение (расчет)
Численность населения района Челябинской области (ЧО)	N_{rn}
Площадь района ЧО	S_{rn}
Площадь экологической зоны района	S_{EZr}
Плотность населения района ЧО	$D_{popr} = \frac{N_{rh}}{S_{rn}}$
Численность населения экологической зоны i -го района (считается, что плотность населения во всем районе одинакова)	$N_{EZri} = D_{popr} S_{EZr}$
Число зарегистрированных больных НС (hearing loss and deafness, $NHLD$), проживающих в экологической зоне района (рассчитывается программным образом)	$NHLD_{EZr}$
Соотношение (ratio) числа зарегистрированных больных НС к численности населения экологической зоны i -го района	$NHLD = NHLD_{EZr} : N_{EZr}$

гической ситуацией районы были поделены на разные экологические зоны (некоторые районы были целиком в одной зоне). В результате получилось 105 полигонов разной площади с разной интенсивностью $NHLD$ появления первичных обращений.

В кризисной экологической зоне медиана показателя $NHLD$ составила $1,65 \cdot 10^{-3}$ ($0; 9,01 \cdot 10^{-3}$) [в скобках указаны 1 и 3 квартили (Q_1 ; Q_3)], в критической зоне $6,74 \cdot 10^{-3}$ ($5,81 \cdot 10^{-5}; 8,82 \cdot 10^{-3}$), в напряженной $1,72 \cdot 10^{-3}$ ($0; 5,08 \cdot 10^{-3}$), а в условно-удовлетворительной $1,15 \cdot 10^{-3}$ ($0;$

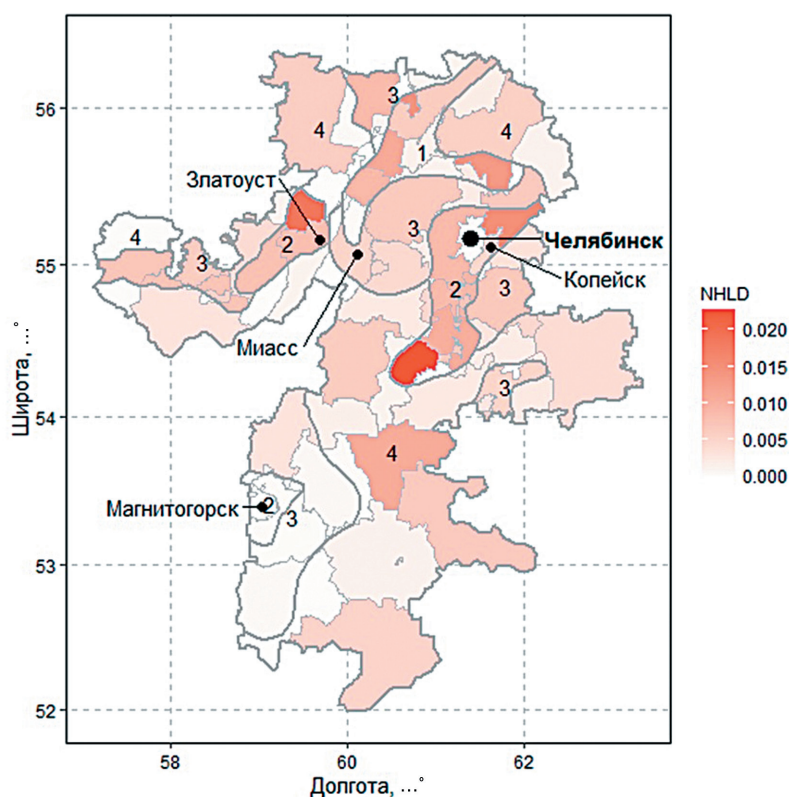


Рис. 7. Соотношение числа пациентов с НС к численности населения в разных экологических зонах административных районов Челябинской области (показатель $NHLD$). Цифрами обозначены экологические зоны: 1 – критическая; 2 – кризисная; 3 – напряженная; 4 – условно-удовлетворительная

Fig. 7. The ratio of the number of patients with hearing loss to the population in different ecological zones of the administrative districts of the Chelyabinsk region ($NHLD$ indicator). The numbers indicate the ecological zones: 1 – Critical; 2 – Crisis; 3 – Tense; 4 – Conditionally satisfactory

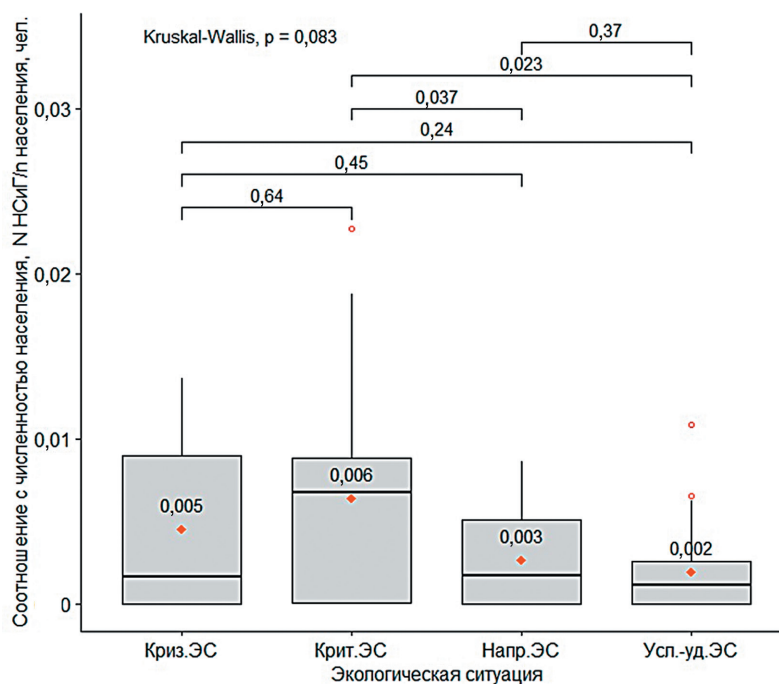


Рис. 8. Диаграмма размаха показателя *NHLД*. Границы ящика – первый и третий квартили (25-й и 75-й процентиля соответственно); линия в середине ящика — медиана (50-й перцентиль)

Fig. 8. Diagram of the range of the indicator of the ratio of the number of primary patients with hearing loss to the population of the territory. (Box boundaries are the first and third quartiles (25th and 75th percentiles, respectively); the line in the middle of the box is the median (50th percentile)

$2,59 \times 10^{-3}$). При статистическом анализе с применением критерия Краскела–Уоллиса (Kruskal–Wallis) не обнаружено статистически значимого ($p < 0,05$) влияния экологической ситуации на показатель *NHLД* в целом.

Однако для уточнения того, между какими экологическими зонами имеются статистически значимые различия показателя *NHLД*, был проведен статистический тест на основе парного критерия Вилкоксона (Wilcoxon) для независимых выборок. На рисунке представлена диаграмма размаха, или «ящик с усами» (box plot), показателя *NHLД* в районах с разной экологической ситуацией и значения *p*-value для попарных сравнений *NHLД* между отдельными экологическими зонами, а также для всех типов зон в целом. Статистически значимые различия ($p < 0,05$) показателя обнаружены между районами с критической и напряженной экологической ситуацией, а также между районами с критической и условно-удовлетворительной ситуацией. Между другими районами статистически значимые различия не обнаружены ($p > 0,05$).

В верхней части диаграммы горизонтальные линии соединяют попарно сравниваемые группы. Число на горизонтальных линиях – *p*-значение по парному критерию Вилкоксона для независимых выборок. *P*-уровень, полученный по критерию Краскела–Уоллиса – 0,083.

Выводы

Из всех первичных обращений в сурдолого-педический центр Челябинской области более половины (57,5%) составили пациенты с двусторонней сенсоневральной потерей слуха (Н90.3). Во всех диапазонах возраста чаще всего наблюдалась сенсоневральная тугоухость с тенденцией к увеличению ее доли с возрастом пациента, кондуктивная тугоухость с возрастом занимала все меньшую долю среди обратившихся, а доля пациентов со смешанной тугоухостью не имела четко выраженного тренда и колебалась от 2,4 до 13,7% в разных диапазонах возраста.

Число обратившихся в течение одного года пациентов с тугоухостью и глухотой в течение 4 лет колеблется в пределах среднего. В целом за период наблюдения разброс (min-max) значений долей отдельных типов потерь слуха наблюдался в пределах 70–73% – для сенсоневральной, 18–19% – для кондуктивной, 24–26% – для смешанной потери слуха.

Из всех нарушений слуха наибольшие значения относительной инцидентности (IR) характерны для сенсоневральной тугоухости. Она имеет прямую зависимость с возрастом, изменяясь практически на порядок с 1 на 10^{-4} в восемнадцатилетнем возрасте до 1 на 10^{-3} (точнее $1,37 \cdot 10^{-3}$) в возрасте 70 лет и старше. IR для кондуктивной тугоухости также растет

с возрастом, однако максимальные значения наблюдаются в возрастном диапазоне 55–59 лет ($2,6 \cdot 10^{-4}$).

Смешанная форма НС имеет меньшую относительную инцидентность чем все остальные типы НС практически во всех диапазонах возрастов, но для лиц старше трудоспособного возраста она принимает значения, характерные для кондуктивной НС ($2,5 \cdot 10^{-4}$).

Интенсивность обращений в сурдоцентр взрослых пациентов с нарушениями слуха прямо связана с численностью проживающего населения. Можно выделить несколько достаточно крупных районов, объединяющих крупные города и населенные пункты, в которых наибольшая плотность вероятности появления первичных пациентов с тугоухостью и глухотой:

- 1) Усть-Катав, Трехгорный, Бакал, Сатка;
- 2) Златоуст, Миасс, Чебаркуль;
- 3) Челябинск, Копейск, Коркино, Еманжелинск, Красногорский, Южноуральск, Пласт;
- 4) Троицк.

Проверка гипотезы о влиянии экологической напряженности на формирование точечного образа осуществлялась на основе сопоставления интенсивностей появления первичных обращений в сурдоцентр взрослых пациентов из районов Челябинской области с разными экологическими зонами. Имеющееся деление на зоны с разной экологической ситуацией не оказывает статистически значимого ($p > 0,05$) влияния на показатель соотношения нарушений слуха к популяции (NHLD).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Davis A. C., Hoffman H. J. Hearing loss: rising prevalence and impact. *Bull World Health Organ.* 2019;97:646–646A. Accessed January 26, 2021. <https://www.who.int/bulletin/volumes/97/10/19-224683.pdf>
2. Addressing the rising prevalence of hearing loss. Geneva: World Health Organization; 2018. Accessed January 26, 2021. <http://www.who.int/pbd/deafness/estimates/en/>
3. GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators; GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease study 2017. *Lancet.* 2018 11 10;392(10159):1789–858. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32279-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32279-7) PMID: 30496104.
4. Корнеев А. А., Рязанцев С. В., Фанта И. В., Вяземская Е. Э., Левин С. В., Левина Е. А. Пространственный анализ данных в эпидемиологии сенсоневральной тугоухости. *Российская оториноларингология.* 2020;19(4):13–20. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-4-13-20>
5. Национальный экологический рейтинг. Общероссийская общественная организация «Зеленый патруль», greenpatrol.ru. Доступна на 15.01.2021. <https://greenpatrol.ru/ru/stranica-dlya-obshchego-reytinga/ekologicheskij-reyting-subektov-rf?tid=405>
6. Численность и состав населения Челябинской области. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Челябинской области. Ссылка активна на 15.01.2020. <https://chelstat.gks.ru/population>
7. Корнеев А. А. Визуализация результатов метаанализа клинических исследований. *Российская оториноларингология.* 2019;18(1):8–15. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-1-8-15>
8. Prevalence and incidence. *Bull World Health Organ.* 1966;35(5):783–4. PMID: 5297812; PMCID: PMC2476236. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5297812/>
9. Левит А. И. Южный Урал: география, экология, природопользование: учебное пособие. Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 2005. 246 с. <https://www.geokniga.org/books/6576>

REFERENCES

1. Davis A. C., Hoffman H. J. Hearing loss: rising prevalence and impact. *Bull World Health Organ.* 2019;97:646–646A. Accessed January 26, 2021. <https://www.who.int/bulletin/volumes/97/10/19-224683.pdf>
2. Addressing the rising prevalence of hearing loss. Geneva: World Health Organization; 2018. Accessed January 26, 2021. <http://www.who.int/pbd/deafness/estimates/en/>
3. GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators; GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease study 2017. *Lancet.* 2018 11 10;392(10159):1789–858. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32279-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32279-7) PMID: 30496104.
4. Korneev A. A., Ryazantsev S. V., Fanta I. V., Vyazemskaya E. E., Levin S. V., Levina E. A. Spatial Data Analysis in the epidemiology of sensorineural hearing loss. *Rossiiskaya otorinolaringologiya.* 2020;19(4):13–20. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-4-13-20>
5. National environmental rating. All-Russian Public Organization “Green Patrol”, greenpatrol.ru. Accessed January 15, 2020. (In Russ.) <https://greenpatrol.ru/ru/stranica-dlya-obshchego-reytinga/ekologicheskij-reyting-subektov-rf?tid=405>
6. The size and composition of the population of the Chelyabinsk region. Territorial organ of the Federal State Statistics Service in the Chelyabinsk region. Accessed January 15, 2020. (In Russ.) <https://chelstat.gks.ru/population>
7. Korneev A. A. Visualization of the results of a meta-analysis of clinical studies. *Rossiiskaya otorinolaringologiya.* 2019; 18 (1): 8–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-1-8-15>

8. Prevalence and incidence. Bull World Health Organ. 1966;35(5):783-4. PMID: 5297812; PMCID: PMC2476236. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5297812/>
9. Levit A.I. *Yuzhnyi Ural: Geografiya, ekologiya, prirodopol'zovanie*. Tutorial. Chelyabinsk: Yuzhno-Ural'skoe knizhnoe izdatel'stvo, 2005. 246 p. (In Russ.) <https://www.geokniga.org/books/6576>

Сведения об авторах

✉ **Корнеев Алексей Александрович** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией информатики и статистики, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи (190013, Россия, Санкт-Петербург, Бронницкая ул., д. 9); e-mail: korneyenkov@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5870-8042>

Рязанцев Сергей Валентинович – заслуженный врач РФ, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научно-координационной работе, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи (190013, Россия, Санкт-Петербург, Бронницкая ул., д. 9); тел. +7 (812) 316-28-52, e-mail: professor.ryazantsev@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1710-3092>

Левин Сергей Владимирович – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи (190013, Россия, Санкт-Петербург, Бронницкая ул., д. 9); тел. +7 (812) 495-36-71, e-mail: sergeyln@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9770-7739>

Храмов Алексей Владимирович – профессор кафедры «Экология и производственная безопасность», Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д. Ф. Устинова (190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1); e-mail: khralex@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5645-128X>

Вяземская Елена Эмильевна – инженер лаборатории информатики и статистики, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи (190013, Россия, Санкт-Петербург, Бронницкая ул., д. 9); e-mail: vyazemskaya.elena@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4141-2226>

Скирипичников Илья Николаевич – заведующий ЛОР-отделением, Челябинская областная клиническая больница (454048, Россия, г. Челябинск, ул. Воровского, д. 70); тел.: +7 (351) 749-37-05, e-mail: 070173@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0285-6526>

Левина Елена Алексеевна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи (190013, Россия, Санкт-Петербург, Бронницкая ул., д. 9); тел. +7 (812) 495-36-71, e-mail: xramoval@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0285-6526>

Павлова Светлана Сергеевна – младший научный сотрудник организационно-методического отдела, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи (190013, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9), тел.: 8 (812) 316-54-29, e-mail: s-ultraviolet@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9976-3830>

Information about authors

✉ **Alexei A. Korneyenkov** – MD, Professor, Head of the Laboratory of Informatics and Statistics, Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech (9, Bronnitskaya str, Saint Petersburg, 190013, Russia); e-mail: korneyenkov@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5870-8042>

Sergei V. Ryazantsev – MD, Professor, Deputy Director for Science, Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech (9, Bronnitskaya str, Saint Petersburg, 190013, Russia); phone: +7 (812) 316-28-52, e-mail: 3162852@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1710-3092>

Sergei V. Levin – PhD, Researcher, Saint-Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech (9, Bronnitskaya str, Saint Petersburg, 190013, Russia); phone: +7(812)495-36-71, e-mail: sergeyln@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9770-7739>

Alexei V. Khramov – MD, Professor, The department of Ecology and Industrial Safety, Baltic State Technical University „VOENMEH“ named after D. F. Ustinov (1, 1st Krasnoarmeyskaya st., St. Petersburg, 190005, Russia); e-mail: khralex@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5645-128X>

Elena E. Vyazemskaya – engineer of the Laboratory of Informatics and Statistics, Saint-Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech (9, Bronnitskaya str, Saint Petersburg, 190013, Russia); e-mail: vyazemskaya.elena@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4141-2226>

Il'ya N. Skirpichnikov – Head of ENT Department, Chelyabinsk Regional Clinical Hospital (70, Vorovsky str., Chelyabinsk, 454048, Russia); e-mail: 070173@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0285-6526>

Elena A. Levina – PhD, Researcher, Saint-Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech (9, Bronnitskaya str, Saint Petersburg, 190013, Russia); phone: +7(812)495-36-71, e-mail: xramoval@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0285-6526>

Pavlova Svetlana S. – junior researcher of the organizational and methodical department, Saint-Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech (9, Bronnitskaya str, Saint Petersburg, 190013, Russia); phone: 8-812-316-54-29, e-mail: s-ultraviolet@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9976-3830>