

УДК 614.76:616.00

## ВЫЯВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА СВЯЗИ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ В СУБЪЕКТАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Мешков Н.А., Рахманин Ю.А., Вальцева Е.А., Скворонская С.А.,  
Иванова С.В., Андрушин И.Б., Прилипко Н.С., Мацюк А.В.**

*ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации,  
Москва, e-mail: professor121@rambler.ru*

В большинстве арктических регионов Российской Федерации наблюдаются негативные демографические тенденции, связанные с природно-климатической и антропогенной нагрузкой на организм человека. Цель работы – выявление взаимосвязи между смертностью населения и экологическими условиями в субъектах Арктической зоны Российской Федерации. Методы: расчет среднегодовых величин численности и смертности населения, валовых объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и антропогенной нагрузки в килограммах на одного жителя за период с 2010 по 2018 г. Для выполнения исследования использованы методы статистического анализа. Результаты: выявлены различия между распределением субъектов Арктической зоны Российской Федерации по объему выбросов и по уровню антропогенной нагрузки. По объему выбросов первые три места занимают Мурманская область, Республика Коми и Ямало-Ненецкий автономный округ, а по уровню антропогенной нагрузки доминируют Республика Саха (Якутия), Республика Коми и Ненецкий автономный округ. Установлена зависимость смертности населения от уровня антропогенной нагрузки на одного жителя в Красноярском крае, Архангельской области и Ненецком автономном округе. Вывод: Полученные математические модели взаимосвязи между уровнем смертности населения и факторными признаками в трех субъектах Арктической зоны могут быть использованы для прогноза развития в них демографических процессов.

**Ключевые слова:** численность, смертность, объем выбросов загрязняющих веществ, антропогенная нагрузка

## IDENTIFICATION AND ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN DEMOGRAPHIC PROCESSES AND ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN THE CONSTITUENT ENTITIES OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Meshkov N.A., Rakhmanin Yu.A., Valtseva E.A., Skovronskaya S.A.,  
Ivanova S.V., Andryushin I.B., Prilipko N.S., Matsyuk A.V.**

*Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, e-mail: professor121@rambler.ru*

In most Arctic regions of the Russian Federation, there are negative demographic trends related to the natural, climatic and anthropogenic burden on the human body. The aim of the work is to identify the relationship between population mortality and environmental conditions in the constituent entities of the Arctic zone of the Russian Federation. Methods: calculation of average annual values of population size and mortality, gross emissions of pollutants into the atmospheric air and anthropogenic load in kilograms per resident for the period from 2010 to 2018. Statistical analysis methods were used to carry out the study. Results: differences were identified between the distribution of the Arctic zone of the Russian Federation by emission volume and anthropogenic load level. In terms of emissions, the first three places are occupied by the Murmansk Region, the Republic of Komi and the Yamalo-Nenets Autonomous District, and in terms of anthropogenic load the Republic of Saha (Yakutia), the Republic of Komi and the Nenets Autonomous District dominate. The dependence of population mortality on the level of anthropogenic load per resident in Krasnoyarsk Krai, Archangel region and Nenets Autonomous District has been established. Conclusion: The obtained mathematical models of the relationship between the mortality rate of the population and factor characteristics in the three subjects of the Arctic zone can be used to predict the development of demographic processes in them.

**Keywords:** population, mortality, volume of pollutant emissions, anthropogenic load

Арктическая зона Российской Федерации (АЗ РФ) характеризуется экстремальными природно-климатическими условиями, очаговой концентрацией промышленности и экологическими проблемами, обусловленными освоением минерально-сырьевых ресурсов [1–3]. Так, в ходе исследований, проведенных на Кольском полуострове, выявлено наличие в атмосферном воздухе серосодержащих загрязнителей [4]. В других

регионах АЗ РФ определяются выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, связанных с добычей нефти и газа, а также сезонным сжиганием древесины, используемой для отопления частных домов [5]. Главной проблемой освоения являются демографические процессы в субъектах АЗ РФ, характеризующиеся убылью населения [6]. Сокращение численности населения связано с природно-климатической и антропогенной

нагрузкой на организм человека. Сложные природно-климатические условия негативно сказываются на устойчивости экосистем [7], что в свою очередь повышает риск для жизни и здоровья населения, проживающего на территории Арктики [8–10]. Выполнение государственных планов по устойчивому экономическому развитию Арктики требует привлечения значительных трудовых ресурсов. Поэтому особую значимость приобретает проблема сохранения здоровья человека в северных регионах страны, решение которой должно быть основано на понимании взаимосвязи состояния здоровья с воздействием природно-климатических, экологических факторов и социально-гигиеническими условиями жизнедеятельности в Арктической зоне России [11].

В связи с этим целью исследования явилось выявление взаимосвязи между смертностью населения и экологическими условиями в субъектах Арктической зоны Российской Федерации.

#### Материалы и методы исследования

Численность и смертность населения, а также экологическую ситуацию в субъектах Арктической зоны Российской Федерации изучали по данным Росстата. Рассчитывали среднегодовые величины численности и смертности населения, объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и антропогенной нагрузки в кг на одного жителя с 95% доверительными интервалами (95%CI) за период с 2010 по 2018 г.

Динамика временных рядов оценивалась по среднему уровню ряда, среднему

абсолютному приросту, среднему темпу роста и среднему темпу прироста (убыли).

Оценка значимости различий между изучаемыми показателями в сравниваемых регионах выполнена с помощью критерия У Манна – Уитни.

Анализ связи между численностью и смертностью населения, а также антропогенной нагрузкой и смертностью населения выполнен методом корреляционно-регрессионного анализа. Критериями адекватности уравнения регрессии являлись  $R > 0,7$  и  $R^2 > 0,5$ , а статистической значимости –  $p < 0,05$ .

Статистическая обработка данных проводилась с помощью ППП Statistica 10.0.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Анализ показателей смертности от всех причин в субъектах АЗ РФ представлен на рис. 1. Показано, что по численности населения первые три места занимают Красноярский край, Архангельская область и Республика Саха (Якутия). По уровню смертности на 1-м месте находится Архангельская область, 2-е и 3-е места занимают Красноярский край и Республика Коми соответственно. При сравнительном анализе установлено, что смертность в Архангельской области достоверно выше ( $p < 0,05$ ), чем в других субъектах АЗ РФ. В Красноярском крае уровень смертности также выше по сравнению со всеми субъектами АЗ РФ, за исключением Архангельской области, а в Республике Коми – по сравнению с Мурманской областью, Чукотским и Ненецким АО, Республикой Саха (Якутия) и Ямало-Ненецким АО ( $p < 0,05$ ).

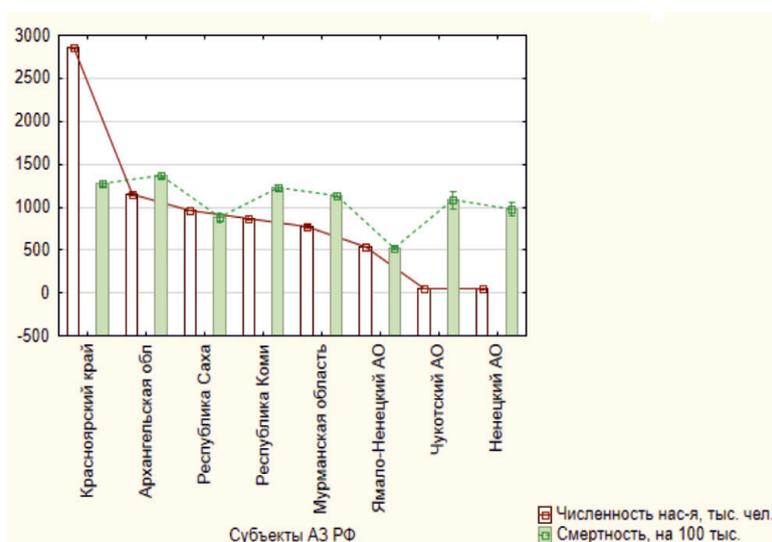


Рис. 1. Среднегодовые показатели численности и смертности населения в субъектах Арктической зоны Российской Федерации от всех причин в период 2010–2018 гг.

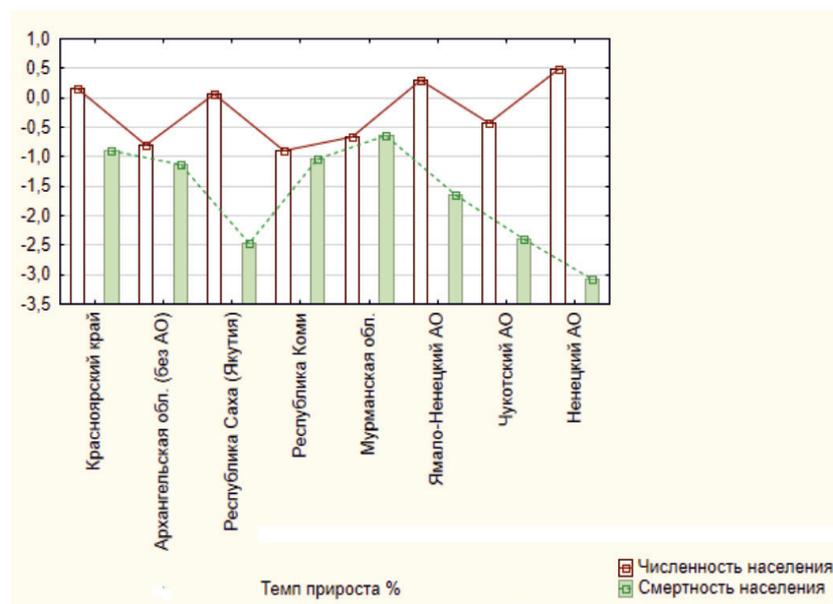


Рис. 2. Темпы прироста численности и смертности населения в субъектах Арктической зоны Российской Федерации от всех причин в период 2010–2018 гг.

Темпы прироста численности и смертности населения в субъектах АЗ РФ представлены на рис. 2.

Как показано на рис. 2, в Красноярском крае, Республике Саха (Якутия), Ямало-Ненецком и Ненецком автономных округах темпы прироста численности населения положительные, а смертности – отрицательные. Отрицательные темпы прироста численности и смертности населения выявлены в Республике Коми, Архангельской и Мурманской областях, а также в Чукотском автономном округе.

Корреляционный анализ (табл. 1) выявил достоверную обратную связь между численностью и смертностью населения в Красноярском крае и Ненецком АО, а в Архангельской области и Республике Коми – прямую. Прямая корреляционная связь свидетельствует о том, что снижение численности населения обусловлено в основном естественными причинами (смертностью), а обратная связь между этими показателями указывает на влияние других факторов, в том числе экологической ситуации.

Характеристика экологической ситуации по среднегодовым величинам объема выбросов загрязняющих веществ и антропогенной нагрузки на 1-го жителя в субъектах АЗ РФ представлена на рис. 3.

На рис. 3 видно, что 1-е место по объему выбросов занимает Мурманская область, а 2-е и 3-е – Республика Коми и Ямало-Ненецкий АО. Распределение субъектов

АЗ РФ по уровню антропогенной нагрузки иное: на 1-м месте находится Республика Саха (Якутия), на 2-м и 3-м – Республика Коми и Ненецкий АО.

Результаты корреляционного анализа связи между антропогенной нагрузкой и смертностью населения в субъектах Арктической зоны Российской Федерации представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что прямая связь между анализируемыми величинами выявлена в Красноярском крае, Архангельской области, Мурманской области и Ненецком АО.

Учитывая результаты корреляционного анализа (табл. 2), связь между антропогенной нагрузкой и смертностью населения оценивали методом регрессионного анализа только в тех субъектах, где установлена статистически значимая корреляционная связь.

Результаты анализа связи между антропогенной нагрузкой и смертностью населения в Красноярском крае представлены на рис. 4, а в Архангельской области – на рис. 5, в Ненецком автономном округе – на рис. 6. Как показано на рис. 4–6, смертность населения в Красноярском крае, Архангельской области и Ненецком автономном округе возрастает с увеличением антропогенной нагрузки.

Уравнения связи между антропогенной нагрузкой и смертностью населения от всех причин в Красноярском крае, Архангельской области и Ненецком АО приведены в табл. 3.

**Таблица 1**  
Коэффициенты корреляции между численностью и смертностью населения в субъектах Арктической зоны Российской Федерации

Субъекты АЗ РФ	r	p
Красноярский край	-0,904	< 0,05
Архангельская область (без АО)	0,828	< 0,05
Республика Саха	-0,554	> 0,05
Республика Коми	0,729	< 0,05
Мурманская область	0,483	> 0,05
Ямало-Ненецкий АО	-0,591	> 0,05
Чукотский АО	0,522	< 0,05
Ненецкий АО	-0,857	< 0,05

**Таблица 2**  
Коэффициенты корреляции между антропогенной нагрузкой и смертностью населения в субъектах Арктической зоны Российской Федерации

Субъекты АЗ РФ	r	p
Красноярский край	0,949	< 0,05
Архангельская область (без АО)	0,919	< 0,05
Республика Саха	-0,779	< 0,05
Республика Коми	-0,016	> 0,05
Мурманская область	0,464	> 0,05
Ямало-Ненецкий АО	-0,806	< 0,05
Чукотский АО	0,098	> 0,05
Ненецкий АО	0,709	< 0,05

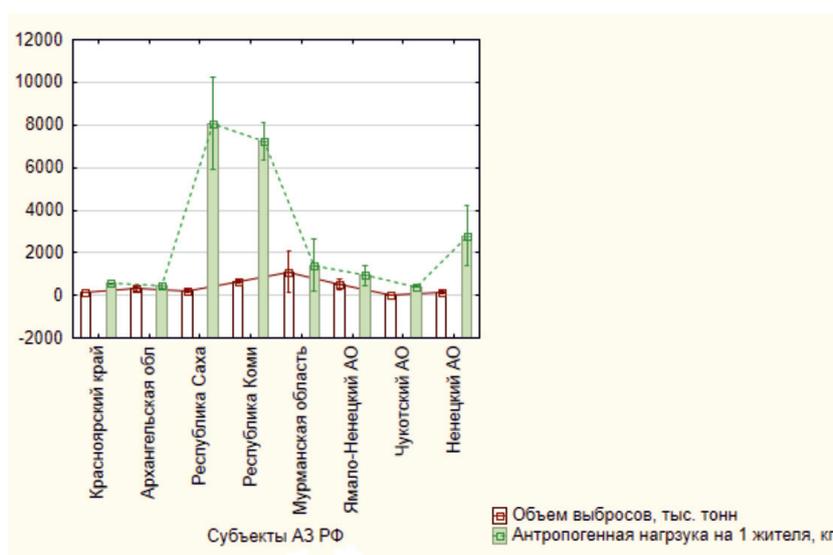


Рис. 3. Среднегодовые объемы выбросов и антропогенной нагрузки в субъектах Арктической зоны Российской Федерации от всех причин в период 2010–2018 гг.

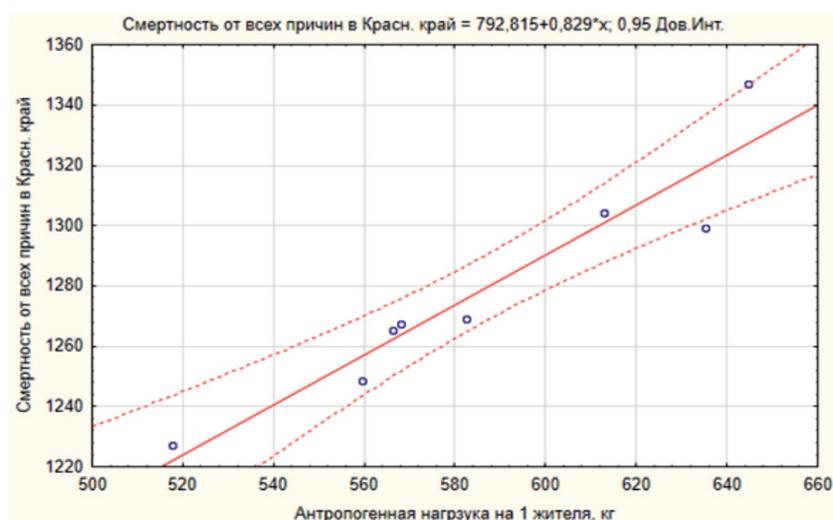


Рис. 4. Связь смертности населения в Красноярском крае от всех причин с антропогенной нагрузкой

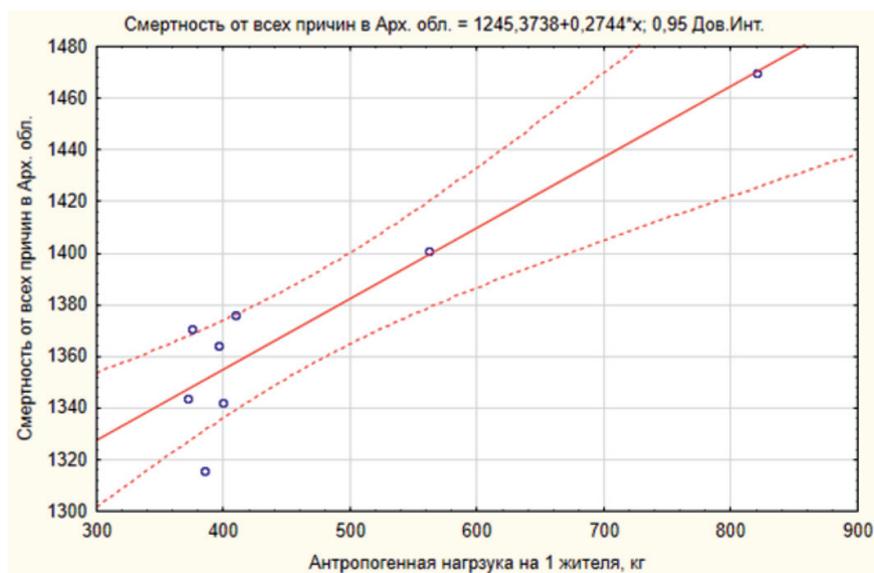


Рис. 5. Связь смертности населения в Архангельской области от всех причин с антропогенной нагрузкой

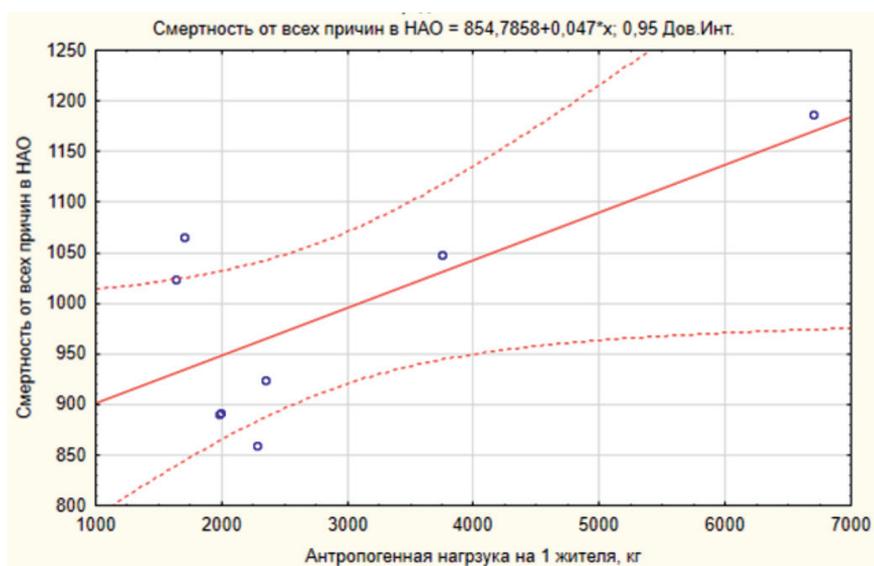


Рис. 6. Связь смертности населения в Ненецком автономном округе от всех причин с антропогенной нагрузкой

Таблица 3

Показатели адекватности и статистической значимости уравнений связи между антропогенной нагрузкой и смертностью населения в Ненецком АО, Архангельской области и Красноярском крае

Субъекты АЗ РФ	Уравнение	Показатели адекватности и статистической значимости		
		R	R <sup>2</sup>	p
Красноярский край	$y = 792,816 + 0,829 \times \text{Антропогенная нагрузка}$	0,949	0,900	< 0,001
Архангельская область	$y = 1245,374 + 0,274 \times \text{Антропогенная нагрузка}$	0,919	0,844	0,001
Ненецкий АО	$y = 854,786 + 0,047 \times \text{Антропогенная нагрузка}$	0,709	0,503	0,048

Из табл. 3 видно, что уравнения связи между антропогенной нагрузкой и смертностью населения в Красноярском крае, Архангельской области и Ненецком АО адекватны и статистически значимы. В Красноярском крае доля дисперсии смертности населения от всех причин, объясненная воздействием выбросов, составляет 90,0%. В Архангельской области и Ненецком АО – соответственно 84,4% и 50,3%.

Построенные математические модели могут быть использованы для прогноза развития ситуации. Вместе с тем следует отметить, что взаимосвязь между антропогенной нагрузкой и показателями состояния здоровья, в данном случае смертности, не может служить основанием для принятия управленческих решений, так как для этого необходимо выявление приоритетных факторов риска с применением методов экологической эпидемиологии.

### Выводы

1. Выявлены различия между распределением субъектов Арктической зоны РФ по объему выбросов и по уровню антропогенной нагрузки. По объему выбросов первые три места занимают Мурманская область, Республика Коми и Ямало-Ненецкий автономный округ, а по уровню антропогенной нагрузки на одного жителя – Республика Саха (Якутия), Республика Коми и Ненецкий автономный округ соответственно.

2. Установлена зависимость смертности населения от уровня антропогенной нагрузки на одного жителя в Красноярском крае ( $p < 0,001$ ), Архангельской области ( $p = 0,001$ ) и Ненецком автономном округе ( $p = 0,048$ ). Математические модели связи между этими факторными признаками могут быть использованы для прогноза развития демографических процессов в субъектах Арктической зоны РФ.

*Исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБУ «ЦСП» Минздрава России на 2019–2020 гг.*

### Список литературы

1. Красулина О.Ю. Арктическая зона Российской Федерации: особенности природно-экономических и демографических ресурсов // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2016. № 4 (48). С. 51–58.
2. Север как объект комплексных региональных исследований: монография / Отв. ред. В.Н. Лажечнев. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2005. 512 с.
3. Чашин В.П., Деденко И.И. Труд и здоровье человека на Севере. Мурманск, 1990. 104 с.
4. Prank M., Sofiev M., Denier van der Gon HAC, Kaasik M., Ruuskanen T.M., Kukkonen J. A refinement of the emission data for Kola Peninsula based on inverse dispersion modeling. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2010. V. 10. P. 10849–10865.
5. Stohl A., Klimont Z., Eckhardt S., Kupiainen K., Shevchenko V., Kopeikin V.M., Novigatsky A.N. Black carbon in the Arctic: The underestimated role of gas flaring and residential combustion emissions. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2013. № 13. P. 8833–8855.
6. Руденко Д.Ю. Анализ демографических процессов в Российской Арктике // МИР (Модернизация, Инновации, Развитие). 2015. Т. 6. № 4–1 (24). С. 51–57.
7. Law K.S., Roiger An., Thomas J.L., Marelle L., Raut J.-Ch., Dalsoren S., Fuglestedt J., Tuccella P., Weinzierl B., Schlager H. Local Arctic air pollution: Sources and impacts. *Ambio*. 2017. V. 46 (Suppl 3). P. 453–463.
8. Белишева Н.К., Петров В.Н. Проблема здоровья населения в свете реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации // Труды Кольского научного центра РАН. 2013. № 6 (19). С. 152–173.
9. Попова А.Ю. Гигиенические аспекты обеспечения безопасности здоровья человека при освоении и развитии Арктической зоны российской федерации // Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Арктике: материалы научно-практической конференции с международным участием (Санкт-Петербург, 5–6 октября 2017 г.). СПб.: ООО «ИПК «Коста», 2017. С. 5–7.
10. Порфирьев Б.Н., Терентьев Н.Е. Эколого-климатические риски социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации // Экологический вестник России. 2016. № 1. С. 32–39.
11. Мешков Н.А., Бобровницкий И.П., Юдин С.М., Скворонская С.А., Вальцева Е.А. Актуальные проблемы эпидемиолого-гигиенической оценки состояния окружающей среды и здоровья населения на территории Арктической зоны России // *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019. № 2. С. 40–73.