

УДК 504.05: 504.064

DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-2-22-38

## РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ГОРОДОВ В УСЛОВИЯХ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ МЕЖГОРНЫХ КОТЛОВИН

## REGIONAL ASPECT OF ECOLOGICAL SAFETY OF THE URBAN AIR ENVIRONMENT IN THE CONDITIONS OF INTERCONTINENTAL INTER-MOUNTAIN BOLSONS



*А. П. Щербатюк, Забайкальский государственный университет,  
г. Чита  
andrey.shcherbatyuk.63@mail.ru*

*A. P. Scherbatyuk, Transbaikal State University, Chita*

Актуальность исследования горных регионов детерминирована их экологическим, хозяйственным, экономическим и ресурсным потенциалом. В связи с этим возникает необходимость научного осмысления геоэкологических аспектов функционирования природно-технических систем в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин, в том числе взаимодействия природной и техногенной подсистем. В качестве объекта исследования рассматриваются природно-технические системы федерального уровня Российской Федерации. Задача исследования заключается в изучении аспектов экологической безопасности воздушной среды городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин, основанном на выявлении природных и антропогенных факторов. Цель исследования состоит в оценке экологической безопасности воздушной среды территорий Федеральных округов РФ. Методологию исследования составляют сравнительно-географический, картографический, метод географического районирования и метод дистанционных наблюдений. Автором сделаны следующие выводы: усовершенствована классическая и разработана новая методика геоэкологической оценки и прогноза качества атмосферного воздуха территорий федерального уровня; степень напряженности экологической ситуации территории (текущая оценка и прогноз) определяется пятью индикаторами, включающими 48 показателей. Установлена зависимость между суммарным выбросом загрязняющих веществ, расположением городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин и количеством заболеваний органов дыхания. Экологическая безопасность воздушной среды регионов РФ и городов, расположенных в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин, определяется при помощи интегрального критерия на основе учета природных и антропогенных факторов, влияющих на формирование загрязнений атмосферы. Представлены результаты геоэкологической оценки природно-технических систем федеральных округов Российской Федерации

*Ключевые слова: внутриконтинентальные межгорные котловины; атмосферный воздух; геоэкологическая оценка; природные и антропогенные факторы; экологическая безопасность; индикаторы безопасности; прогноз; методология исследования; методы; показатели*

The relevance of the study of mountain regions is determined by their ecological, economic, economic and resource potential. In this connection, there is a need for a scientific understanding of the geoecological aspects of natural-technical systems functioning in the conditions of intercontinental inter-mountain basins, including the interaction of natural and man-made subsystems. As a subject of research, natural-technical systems of the federal level of the Russian Federation are considered. The task of the study is to study the aspects of environmental safety of the urban air environment in the conditions of intercontinental inter-mountain basins, based on the identification of natural and anthropogenic factors. The purpose of the study is to assess the environmental safety of the air in the territories of the Federal Districts of the Russian Federation. The methodology of the study is comparative-

geographical, cartographic, method of geographical zoning and method of remote observations. The study allows us to formulate the following conclusions: the classical method has been improved and a new methodology for the geoecological assessment and forecast of the quality of atmospheric air at the federal level has been developed; the degree of intensity of the environmental situation in the territory (current assessment and forecast) are determined by five indicators, including 48 indicators. The work establishes the relationship between the total emission of pollutants, location of cities in the intercontinental inter-mountain basins and a number of respiratory diseases. The ecological safety of air environment of the RF regions and cities located in the conditions of intercontinental inter-mountain basins is determined by means of an integral criterion on the basis of taking into account natural and anthropogenic factors influencing the formation of air pollution. The results of a geoecological assessment of the natural-technical systems of the federal districts of the Russian Federation are presented

*Key words:* intercontinental inter-mountain basins; atmospheric air; geoecological assessment; natural and anthropogenic factors; environmental safety; safety indicators; forecast; research methodology; methods; exponents

**Введение.** В последние годы резко возрос интерес к горным регионам, как к специфическим территориям на планете, имеющим большой экологический, хозяйственный, экономический и ресурсный потенциал. Горные территории занимают около 40 % площади суши земного шара и на них проживают 10 % всего населения Земли [10; 12–24].

В Российской Федерации 85 субъектов, 44 в своих пределах имеют горные регионы, что составляет 53 % всей территории. Межгорные котловины являются территориальным ядром уже сложившегося административного деления и играют большую роль в хозяйственной деятельности, однако на них оказывается большое антропогенное воздействие. Межгорная котловина — «тектоническое понижение с плоским или складчатым дном, расположенное между крупными горными хребтами или системами». В России отмечены как минимум 14 неблагоприятных регионов, города которых в основном расположены в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин, где в атмосферном воздухе регистрируются предельно допустимые концентрации токсичных и вредных веществ, в несколько раз превышающие допустимые нормы. Состояние подобных экосистем урбанизированных территорий в условиях возрастающего антропогенного воздействия негативно влияет на устойчивость процессов развития на нашей планете [4–8].

Это требует научного изучения геоэкологических аспектов функционирования

природно-технических систем в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин, в том числе взаимодействия природной и техногенной подсистем.

*Цель и задача исследования.* Цель исследования — оценка экологической безопасности воздушной среды территорий Федеральных округов РФ.

*Задача исследования* — изучение аспектов экологической безопасности воздушной среды городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин на основе исследования природных и антропогенных факторов.

*Объект исследования* — природно-технические системы федерального уровня Российской Федерации.

*Методы и методология исследования.* Методологический аппарат проведенных исследований основан на традиционных, усовершенствованных и новых методах, разработанных автором.

Природные и антропогенные факторы анализировались с использованием как классических методов исследований: сравнительно-географического, картографического, исторического, географического районирования, так и методов дистанционных наблюдений (геоинформационных Internet-ресурсов: интерактивная карта России с высотами, системы спутникового позиционирования GPS). Для оценки среднемноголетнего режима климатических особенностей котловин использованы данные из справочников по климату СССР.

В работе использованы статистические данные из следующих официальных источников: Федеральной службы государственной статистики России, ЗАО «Региональный информационный центр» России, официальных сайтов субъектов федеральных округов и их муниципальных образований, Ежегодных государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации», ежегодных сборников «Социальное положение и уровень жизни населения России», статистических справочников ООН), географического, демографического и эколого-географического прогнозов и др.

*Результаты исследования и их об- суждение.* Россия и ее территория характеризуются большим географическим разнообразием форм местности, образующих земную поверхность, в том числе горных, которые являются важнейшими источниками ресурсов и представляют собой экосистемы, влияющие на устойчивость природных процессов на нашей планете. Межгорные котловины являются территориальными системами на естественно-географической основе, в которых располагаются населенные пункты.

В ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова» по данным наблюдений в 252 городах на 697 станциях сформирован список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха (Приоритетный список). Изучены природные и антропогенные факторы, влияющие на экологическую безопасность воздушной среды территорий России [1–3; 8–9].

Результаты геоэкологической оценки качества воздушной среды атмосферы городов Приоритетного списка представлены на рис. 1 и в табл. 1.

Природные факторы таких городов определяют потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА), перенос и рассеивание примесей, поступающих в воздушный бассейн с выбросами предприятий и автотранспорта. Низкий ПЗА наблюдается на северо-западе европейской части России. Особенно неблагоприятные условия для рассеивания (очень высокий потенциал) создают-

ся в Восточной Сибири [11]. За последние пять лет в Приоритетный список постоянно включались Братск, Магадан, Минусинск, Норильск, Улан-Удэ, Чита и др. В таких субъектах РФ индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) учитывает пять загрязняющих веществ из полного перечня контролируемых в городе, вносящих наибольший вклад в уровень загрязнения.

Для определения степени влияния антропогенных и природных факторов на атмосферный воздух выполнена оценка экологической безопасности воздушной среды геосистем в целом по Российской Федерации и по девяти Федеральным округам (ФО): Центральному, Северо-Западному, Южному, Северо-Кавказскому, Приволжскому, Уральскому, Сибирскому, Дальневосточному, Крымскому.

Автором усовершенствована классическая и разработана новая методика геоэкологической оценки и прогноза качества атмосферного воздуха территории как сложного многопараметрического объекта.

Особенности усовершенствованной и новой методики оценки качества воздушной атмосферы заключаются в следующем:

1. Методы, применяемые при геоэкологической оценке, базируются на географическом подходе с использованием уже имеющихся статистических данных систем мониторинга окружающей природной среды, статистического учета Федеральной службы государственной статистики России и ООН.

2. Антропогенная нагрузка территории (текущая оценка) определялась по параметрам 41 показателя. Для сравнения и использования, оценки и прогноза степени влияния антропогенных и природных факторов на качество воздушной среды предложена балльная система оценки, позволяющая анализировать показатели, имеющие разные физические единицы измерения. Анализируемый показатель Российской Федерации принимается за 100 баллов, а анализируемый показатель федерального округа РФ – составлением математической пропорции.

Результаты оценки показателей антропогенной нагрузки приведены на примере Центрального ФО (табл. 2). Аналогичная оценка исследуемых показателей проведена по девяти Федеральным округам.

3. Степень напряженности экологической ситуации территории определялась по пяти индикаторам (текущего и прогнозного качества воздушной среды), включающим 48 показателей.

Индикаторы текущего качества воздушной среды геосистемы с учетом допол-

нительных источников ТВ и ВВ, обусловленных региональными географическими и климатическими условиями территории: I индикатор – устойчивого развития территории (показатели 1-17), который зависит от степени влияния таких антропогенных факторов, как демографическая нагрузка, промышленная нагрузка, радиационная нагрузка, транспортная нагрузка (рис. 2); II индикатор – деструкции территории (показатели 18-37) (рис. 3).

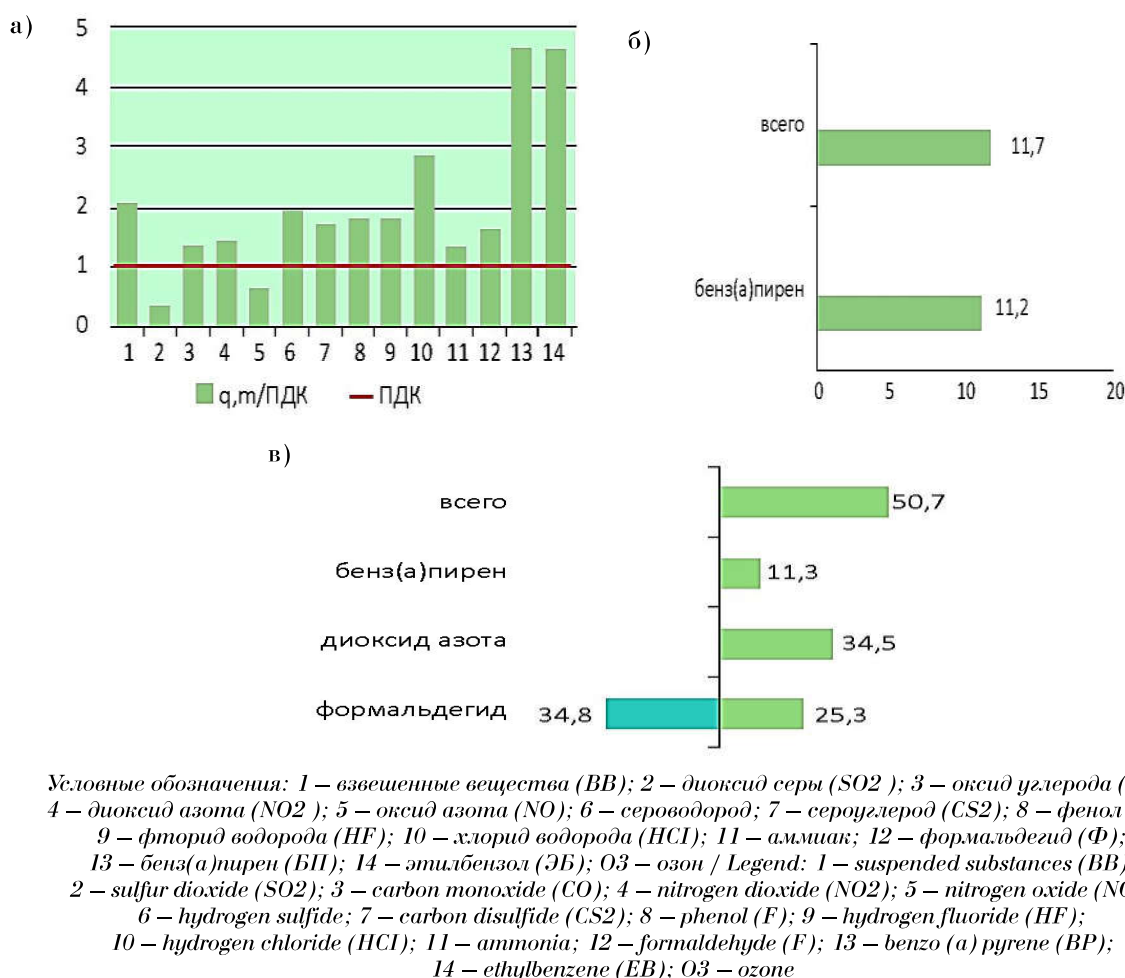


Рис. 1. Текущие потоки выделения вредных веществ: а) средние из максимальных концентраций примесей в городах России; б) число жителей в городах (млн чел.), находящиеся под воздействием максимальных концентраций примесей в воздухе выше 10 ПДК (всего) и 5 ПДК бенз(а)пирена; в) число жителей в городах (млн чел.), находящиеся под воздействием средних концентраций примесей в воздухе выше 1 ПДК – формальдегид с учетом прежней и новой ПДК (по данным Росгидромета) / Fig. 1. Current fluxes of harmful substances allocation (MRS): a) average of the maximum impurity concentrations in Russian cities; b) number of inhabitants in cities (million people) who are under the influence of maximum concentrations of impurities in the air above 10 MRS (total) and 5 MRS of benz (a) pyrene; c) number of inhabitants in cities (million people) under the influence of average concentrations of impurities in the air above 1 MAC-formaldehyde, taking into account the old and new MPC (according to Roshydromet) results of a geoecological assessment of the air quality of the atmosphere in the cities of the Priority List (according to Roshydromet with the author's changes)

Таблица 1

Результаты геоэкологической оценки качества воздуха городов Приоритетного списка (по данным Росгидромета с изменениями автора / Results of geoeological assessment of the air quality of atmosphere in the cities of the Priority List (according to Roshydromet with the author's changes)

Города с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы – Приоритетный список, 2015 / Cities with the highest level of contamination of atmosphere – Priority list, 2015	Высотные отметки рельефа местности по топографическим картам городов определены автором в режиме онлайн с использованием инновационных космических технологий на сайте программы высот / Elevation marks of topography of the topographic maps of cities are determined by the author in on-line mode using innovative space technologies on the site of the height program		Территория, км <sup>2</sup> / Territory, km <sup>2</sup>	Численность населения на 01.01.2016 г. / Population on the date of 01.01.2016	Плотность населения, чел./км <sup>2</sup> / Density of population, people / km <sup>2</sup>	Вещества, определяющие уровень загрязнения атмосферы / Substances, defining pollution level of atmosphere
	минимум, м / minimum, m	максимум, м / maximum, m				
Биробиджан / Birobidzhan	77	160	169,38	74 791	444,18	БП, ВВ, NO <sub>2</sub> , CO, сажа / soot
Братск / Bratsk	338	510	428	234 147	5580,02	CS <sub>2</sub> , Ф, БП, HF, NO <sub>2</sub>
Зима / Zima	455	480	52,85	31283	591,92	БП, NO <sub>2</sub> , HCL, Ф, CO
Кызыл / Kyzyl	622	910	11,6	114 181	9843,19	БП, сажа / soot, ВВ, NO <sub>2</sub> , CO
Минусинск / Minusinsk	250	560	17,7	68270	3857,06	БП, NO <sub>2</sub> , Ф, ВВ, CO
Норильск / Norilsk	44	700	23,16	176 251	7610,15	SO <sub>2</sub>
Петровск-Забайкальск / Petrovsk-Zabaykalsk	788	1000	8,7	18501	2126,55	БП, ВВ, CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>
Селенгинск / Selenginsk	470	560	-	16 300	-	БП, ВВ, O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , Ф,
Улан-Удэ / Ulan-Udeh	498	1440	377,12	430 550	1141,68	БП, ВВ, O <sub>3</sub> , Ф, NO <sub>2</sub>
Черногорск / Chernogorsk	242	549	117,9	73187	620,75	БП, Ф, NO <sub>2</sub> , ВВ, CO
Чита / Chita	632	1039	538	343511	638,50	БП, ВВ, NO <sub>2</sub> , Ф, сажа

Таблица 2

**Результаты оценки показателей, влияющих на качество воздушной среды территорий Российской Федерации на примере Центрального ФО / Results of the estimation of some indicators, which influence on the quality of air environment of the territories of the Russian Federation on the example of the Central Federal District**

Номер п/п / Number	Показатели / Indicators	Центральный Федеральный округ / Central Federal district	
1	Численность постоянного населения, чел. / Number of resident population, pers.	38819874	26,6
2	Плотность населения, чел./км <sup>2</sup> / Population density, people/sq. km	59,47	20,9
3	Естественный прирост (+), убыль (-), чел. / Natural increase (+), decrease (-), people	-68475	-62,0
4	Миграционный прирост (+), убыль (-) с государствами-участниками СНГ, чел. / Migration increase (+), decrease (-) with the CIS member states, people	90784	35,8
5	Миграционный прирост (+), убыль (-) со странами ближнего зарубежья, чел. / Migration growth (+), decrease (-) with neighboring countries, people	4238	42,8
6	Добыча полезных ископаемых, % / Extraction of minerals, %	11,8	11,8
7	Обрабатывающие производства, % / Manufacturing, %	32	32
8	Производство и распределение электроэнергии, газа, воды, % / Production and distribution of electricity, gas, water, %	30,7	30,7
9	Сельское хозяйство, % / Agriculture, %	25,2	25,2
10	Другие виды экономической деятельности, % / Other economic activities, %	0,3	0,3
11	Мощность экспозиционной дозы, мк <sup>3</sup> в/г / Exposure dose rate, m <sup>3</sup> / g	0,11	10,5
12	Объемная активность в воздухе <sup>137</sup> Cs 10 <sup>-7</sup> Бк/м <sup>3</sup> / Volumetric activity in the air <sup>137</sup> Cs 10 <sup>-7</sup> Bq / m <sup>3</sup>	13,4	29,0
13	Объемная активность в воздухе <sup>90</sup> Cs 10 <sup>-7</sup> Бк/м <sup>3</sup> / Volumetric activity in the air <sup>90</sup> Cs 10 <sup>-7</sup> Bq / m <sup>3</sup>	1,1	15,2
14	Выпадение из атмосферы <sup>137</sup> Cs 10 <sup>-7</sup> Бк/ м <sup>2</sup> ·год / Fallout from the atmosphere <sup>137</sup> Cs 10 <sup>-7</sup> Bq / m <sup>2</sup> · year	1	31,7
15	Выпадение из атмосферы <sup>3</sup> H Бк/ м <sup>2</sup> ·год / Fallout from the atmosphere <sup>3</sup> H Bq / m <sup>2</sup> · year	791,2	13,7
16	Обеспеченность легковыми автомобилями на 1000 жителей, шт. / Provision of cars per 1000 inhabitants, pcs.	296	103,9
17	Удельный вес автомобильных дорог с твердым покрытием / Specific gravity of highways with a hard surface	11	122,2
18	Количество выбросов ЗВ, отходящих от стационарных источников, тыс. т / Number of emissions of pollutants emitted from stationary sources, kt	1531	8,8
19	Удельные нагрузки выбросов от стационарных источников, т/чел. / Specific loads of emissions from stationary sources, t / person	0,039	3,6
20	Выбросы основных загрязняющих веществ от автотранспорта, тыс. т / Emissions of major pollutants from vehicles, thousand tonnes	3620,6	26,2
21	Суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников, тыс. т / Total emissions of pollutants from stationary and mobile sources, kt	5151,6	16,6
22	Количество городов с ИЗА>7 / Number of cities with ISA> 7	1	2,3
23	Количество городов с Q>ПДК / Number of cities with Q> MRC	20	13,6
24	Количество городов с Cu>10 / Number of cities with Cu> 10	0	0
25	Количество городов с НП>0 / Number of cities with NP> 0	1	8,3
26	Население в городах с высоким уровнем загрязнения, % / Population in cities with a high level of pollution, %	3	17,6
27	Выбросы SO <sub>2</sub> от автотранспорта, тыс. т / SO <sub>2</sub> emissions from motor vehicles, thousand ton	19,6	25,1

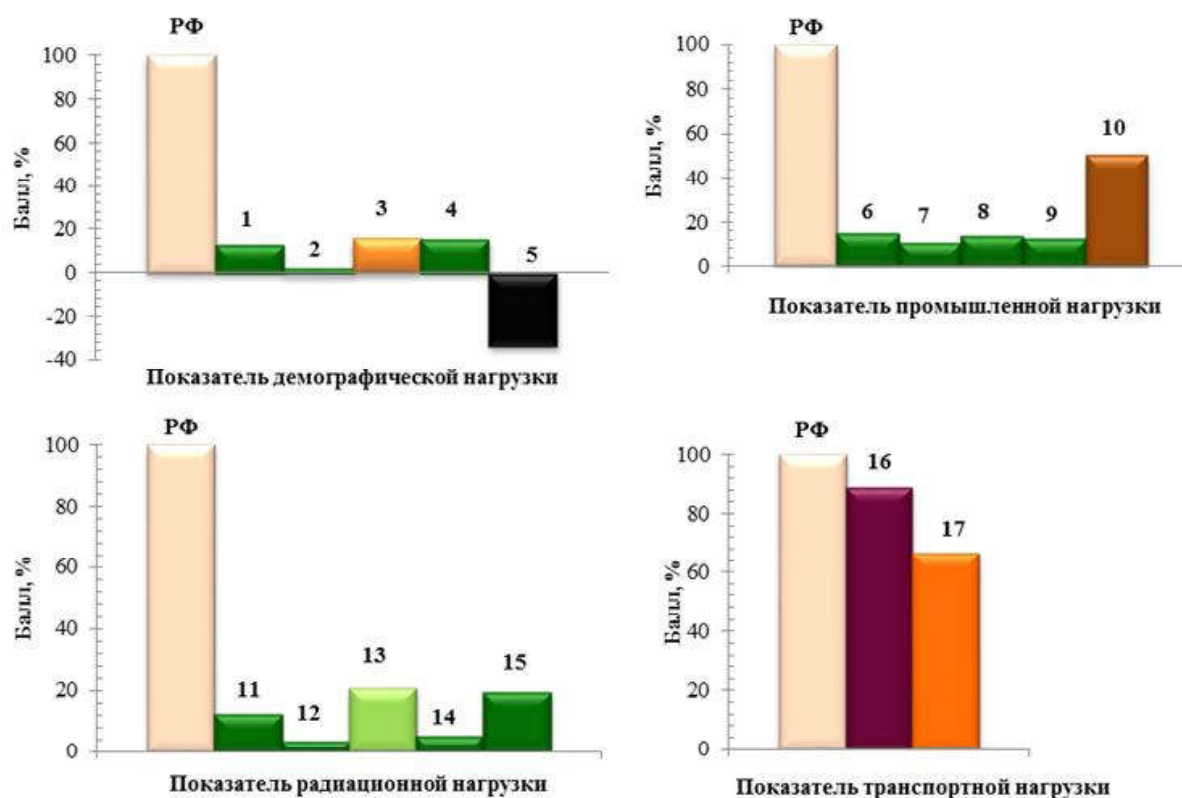
Окончание табл. 2

Номер п/п / Number	Показатели / Indicators	Центральный Федеральный округ / Central Federal district	
28	Выбросы NO <sub>x</sub> от автотранспорта, тыс. т / NO <sub>x</sub> emissions from motor vehicles, thousand ton	376,2	25,0
29	Выбросы ЛОС от автотранспорта, тыс. т / VOC emissions from vehicles, thousand ton	368,7	26,1
30	Выбросы CO от автотранспорта, тыс. т / CO emissions from motor vehicles, thousand ton	2825,3	26,4
31	Выбросы C от автотранспорта, тыс. т / C emissions from motor vehicles, thousand ton;	6,5	25,1
32	Выбросы NH <sub>3</sub> от автотранспорта, тыс. т / NH <sub>3</sub> emissions from motor vehicles, thousand ton	9,3	25,5
33	Выбросы CH <sub>4</sub> от автотранспорта, тыс. т / CH <sub>4</sub> emissions from motor vehicles, thousand ton	15,1	26,6
34	Число умерших в трудоспособном возрасте от всех причин, чел. / Number of deceased persons of working age from all causes, pers.	112550	24,6
35	Число умерших по причине болезни органов дыхания, чел. / Number of deaths due to respiratory disease, pers.	4592	23,0
36	Коэффициент смертности населения в трудоспособном возрасте от всех причин (на 100 тыс. населения) / Mortality rate of the working-age population from all causes (per 100,000 population)	493,7	92,0
37	Коэффициент смертности населения по причине болезни органов дыхания / Mortality rate due to respiratory disease	20,1	85,9
38	Количество улавливаемых загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, тыс. т / Number of air pollutants trapped from stationary sources, thousand ton	5618	10,8
39	Удельные нагрузки улавливания загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, тыс. т/чел. / Specific loads for trapping atmospheric pollutants from stationary sources, thousand tons / pers.	0,145	1,9
40	Утилизировано загрязняющих веществ, тыс. т / Thousands of polluting substances have been recycled, thousand ton	3 960,8	14,6
41	Удаление потоков загрязняющих веществ посредством применения комбинированного комплекса инженерной защиты территорий, тыс. т / Removal of pollutant flows through the application of a combined complex of engineering protection of territories, thousand ton	1668	24,5
Средний балл / Average Score			27,1
Суммарный балл / Total score		1001,3	% от РФ

Индикаторы прогнозного качества воздушной среды: III индикатор – снижения (удаления и поглощения) потоков ТВ и ВВ, в том числе на основе использования комбинированного комплекса инженерной защиты (показатели 38-41) (рис. 4); IV индикатор – увеличения демографических показателей за счет повышения качества воздушной среды территории, как результат принятых управленческих решений (показатели 42-45), который принят по данным го-

сударственной статистической информации для среднего и высокого вариантов прогноза за период с 2017 по 2030 гг. («Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г.»); V индикатор – экологической безопасности воздушной среды территории (показатель 46), он является целевым ориентиром, к которому необходимо стремиться, чтобы создавать благоприятные условия для жизни людей (рис. 4).





Условные обозначения: 1 – численность постоянного населения – 19 292 740 чел.; 2 – плотность населения – 3,77 чел./км<sup>2</sup>; 3 – естественный прирост + 22374 чел.; 4 – миграционный прирост + 39 057 чел. с государствами-участниками СНГ; 5 – миграционная убыль – 1163 чел. со странами ближнего зарубежья; 6 – добыча полезных ископаемых – 14,5 %; 7 – обрабатывающие производства – 10,3 %; 8 – производство и распределение электроэнергии, газа, воды – 13,0 %; 9 – сельское хозяйство – 12,0 %; 10 – другие виды экономической деятельности – 50,2 %; 11 – мощность экспозиционной дозы – 0,13 м<sup>3</sup>/год; 12 – объемная активность в воздухе – <sup>137</sup>Cs 10<sup>-7</sup> 1,7 Бк/м<sup>3</sup>; 13 – объемная активность в воздухе – <sup>90</sup>Cs 10<sup>-7</sup> 1,5 Бк/м<sup>3</sup>; 14 – выпадение из атмосферы – <sup>137</sup>Cs 10<sup>-7</sup> 0,16 Бк/м<sup>2</sup>/год; 15 – выпадение из атмосферы – <sup>3</sup>H 1135,6 Бк/м<sup>2</sup>/год; 16 – обеспеченность легковыми автомобилями на 1000 жителей – 254 шт.; 17 – удельный вес автомобильных дорог с твердым покрытием – 6

Степени влияния показателей антропогенных и природных факторов на напряженность экологической ситуации территории по балльной системе

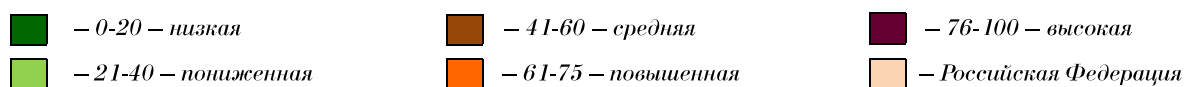
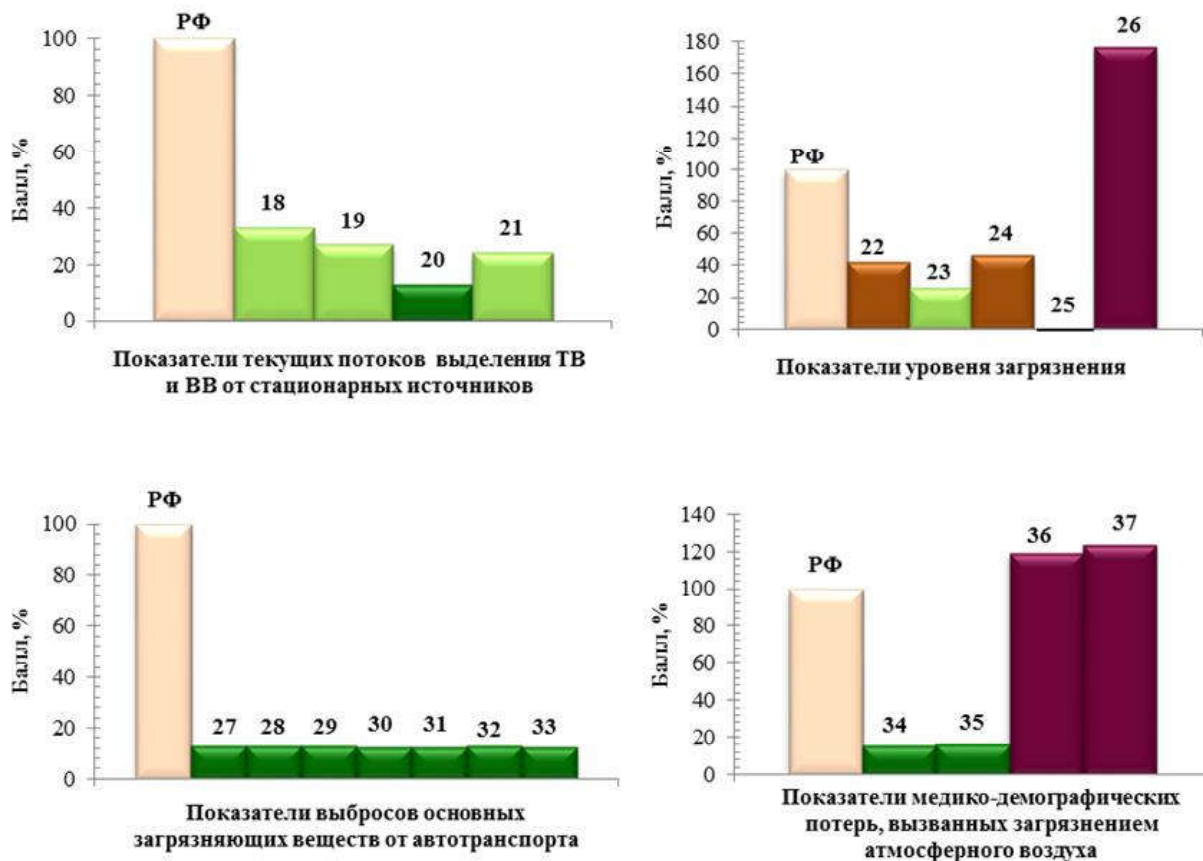


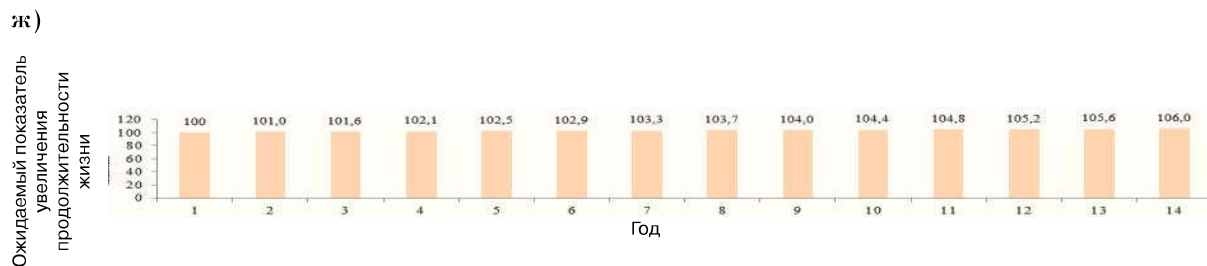
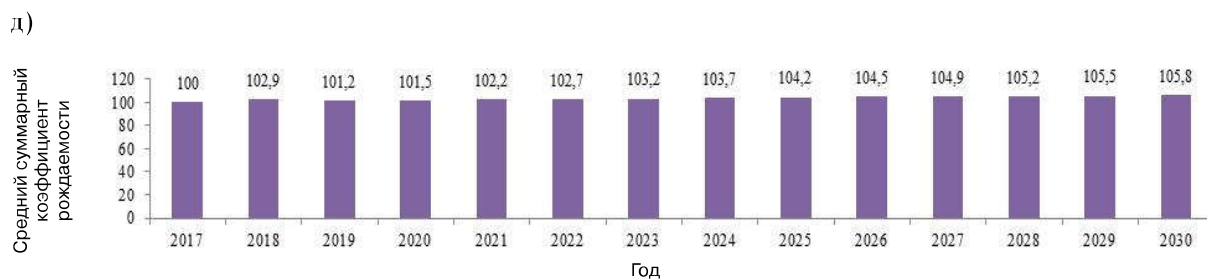
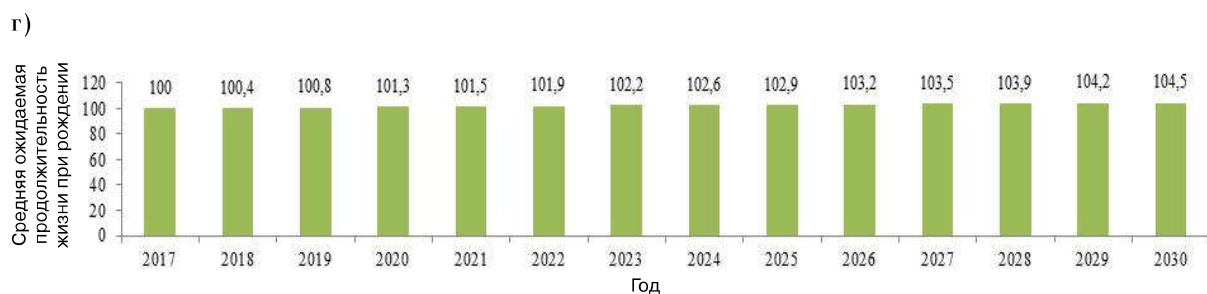
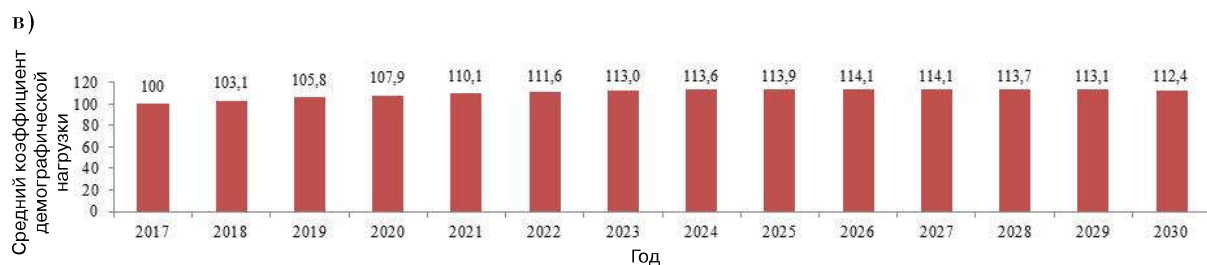
Рис. 2. Индикатор устойчивого развития территории (на примере Сибирского Федерального округа, 2015 г.): демографическая нагрузка (показатели 1-5); промышленная нагрузка (показатели 6-10); радиационная нагрузка (показатели 11-15); транспортная нагрузка (показатели 16-17) (составлено автором) / Fig. 2. Indicator of sustainable development of the territory (on the example of the Siberian Federal District, 2015): demographic load (indicators 1-5); industrial load (indicators 6-10); radiation load (indicators 11-15); transport load (indicators 16-17) (compiled by the author)





Условные обозначения: 18 – количество выбросов ЗВ, отходящих от стационарных источников – 5688 тыс. т; 19 – удельные нагрузки выбросов от стационарных источников – 0,295 т/чел.; 20 – выбросы основных загрязняющих веществ от автотранспорта – 1775,5 тыс. т; 21 – суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников – 7463,5 тыс. т; 22 – количество городов с ИЗА>7-19; 23 – количество городов с Q>ПДК-39; 24 – количество городов с СИ>10-16; 25 – количество городов с НП>0-0; 26 – население в городах с высоким уровнем загрязнения – 30 %; 27 – выбросы SO<sub>2</sub> от автотранспорта – 10,10 тыс. т; 28 – выбросы NO<sub>x</sub> от автотранспорта – 198,00 тыс. т; 29 – выбросы ЛОС от автотранспорта – 182,6 тыс. т; 30 – выбросы CO от автотранспорта – 1369,40 тыс. т; 31 – выбросы C от автотранспорта – 3,3 тыс. т; 32 – выбросы NH<sub>3</sub> от автотранспорта – 4,9 тыс. т; 33 – выбросы CH<sub>4</sub> от автотранспорта – 7,3 тыс. т; 34 – число умерших в трудоспособном возрасте от всех причин – 71 681 чел.; 35 – число умерших по причине болезни органов дыхания – 3265 чел.; 36 – коэффициент смертности населения в трудоспособном возрасте от всех причин (на 100 тыс. населения) – 637,6; 37 – коэффициент смертности населения по причине болезни органов дыхания – 29

Рис. 3. Индикатор деструкции территории (на примере Сибирского Федерального округа, 2015 г.): текущие потоки выделения ВВ от стационарных источников (показатели 18-21); уровень загрязнения (показатели 22-26); выбросы основных загрязняющих веществ от автотранспорта (показатели 27-33); показатели медико-демографических потерь, вызванных загрязнением атмосферного воздуха (показатели 34-37) (составлено автором) / Fig. 3. Indicator of the territory destruction (on the example of the Siberian Federal District, 2015): current flows of HS from stationary sources (indicators 18-21); level of pollution (indicators 22-26); emissions of the main pollutants from vehicles (indicators 27-33); indicators of medical-demographic losses caused by air pollution (indicators 34-37) (compiled by the author)



и)



Рис. 4. Индикаторы: а) снижения потоков ВВ (на примере Сибирского Федерального округа, 2015 г.): 38 – количество улавливаемых загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников – 18 497 тыс. т; 39 – удельные нагрузки улавливания загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников – 0,959 тыс. т/чел.; 40 – утилизировано загрязняющих веществ – 9729,67 тыс. т; 41 – удаление потоков загрязняющих веществ посредством применения комбинированного комплекса инженерной защиты территорий – 1064 тыс. т. Индикатор увеличения демографических показателей: б) 42 – среднее изменение численности населения от 146 865,5 до 147 267 тыс. чел.; в) 43 – средний коэффициент демографической нагрузки (на 1000 лиц трудоспособного возраста) – от 764 до 859; г) 44 – средняя ожидаемая продолжительность жизни при рождении (от 71,9 до 75,1 лет); д) 45 – средний суммарный коэффициент рождаемости (число детей в расчете на одну женщину: от 1,786 до 1,890). Индикатор экологической безопасности воздушной среды территории, чел.: высокий вариант прогноза – 46 – ожидаемый показатель увеличения продолжительности жизни от 72,2 до 77,3 лет; показатели природных факторов: ж) 47 – среднегодовая температура воздуха, °С; и) 48 – среднегодовая сумма осадков, мм (по данным Росгидромета). Распределение субъектов РФ по доле проб атмосферного воздуха с содержанием химических примесей, превышающим ПДК (согласно данным Роспотребнадзора) (составлено автором) / Рис. 4. Indicators: a) of the decline in HS flows (on the example of the Siberian Federal District, 2015): 38 – number of trapped atmospheric pollutants departing from stationary sources – 18,497 thousand tons; 39 – specific loads for catching atmospheric pollutants from stationary sources – 0,959 thousand tons / person; 40 – pollutant substances were disposed of 9729,67 thousand tons; 41 – removal of pollutant flows through the application of a combined complex of engineering protection of territories – 1,064 thousand tons. Indicator of the increase in demographic indicators: b) 42 – average population change from 146 865,5 to 147 267 thousand people; v) 43 – average coefficient of demographic burden (per 1000 persons of working age) – from 764 to 859; g) 44 – average life expectancy at birth (from 71,9 to 75,1 years); d) 45 – average total fertility rate (the number of children per woman: from 1,786 to 1,890). Indicator of ecological safety of the air environment of the territory, people: high version of the forecast – 46 – expected indicator of life expectancy increase from 72,2 to 77,3 years; indicators of natural factors: e) 47 – average annual air temperature, °C; i) 48 – average annual precipitation, mm (according to Roshydromet). Distribution of RF subjects by the proportion of samples of atmospheric air with a content of chemical impurities exceeding MPCs (according to Rospotrebnadzor) (compiled by the author)

Индикаторы имеют разные цветовые оттенки в зависимости от степени влияния анализируемых показателей на напряженность экологической ситуации региона.

Также выделены наиболее важные показатели природных факторов — 47 и 48, которые оказывают влияние на комплексный индекс загрязнения атмосферы, индекс загрязнения атмосферы пятью приоритет-

ными веществами и потенциал загрязнения атмосферы (рис. 4) [11].

4. Составление матрицы индикаторов экологической безопасности воздушной среды территории ФО. Матрица индикаторов экологической безопасности воздушной среды территорий ФО РФ представлена на рис. 5.

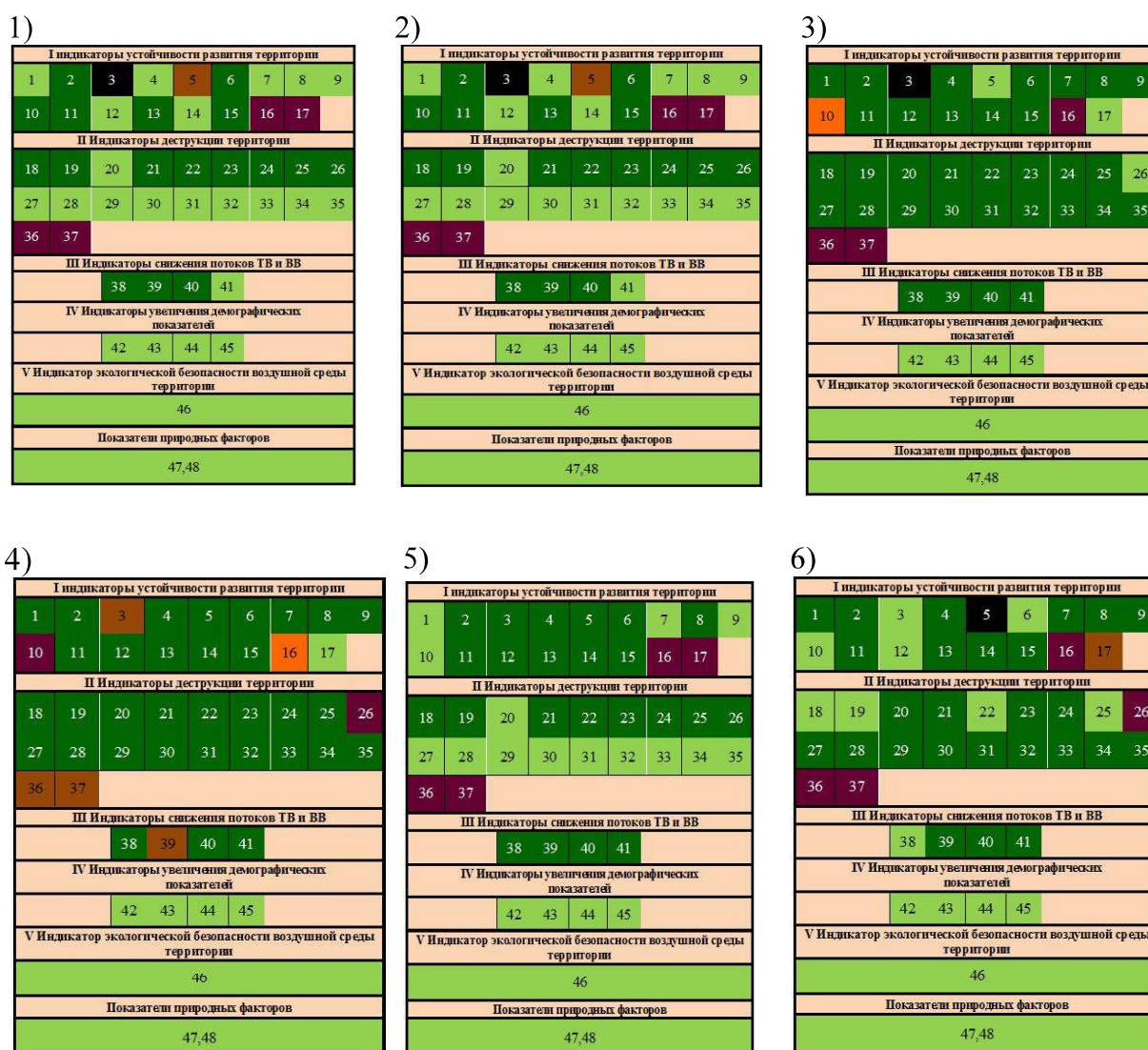
5. Геоэкологическая оценка текущего и прогнозного состояния качества атмосферы-

ры осуществлялась по интегральному критерию экологической безопасности воздушной среды территории [11].

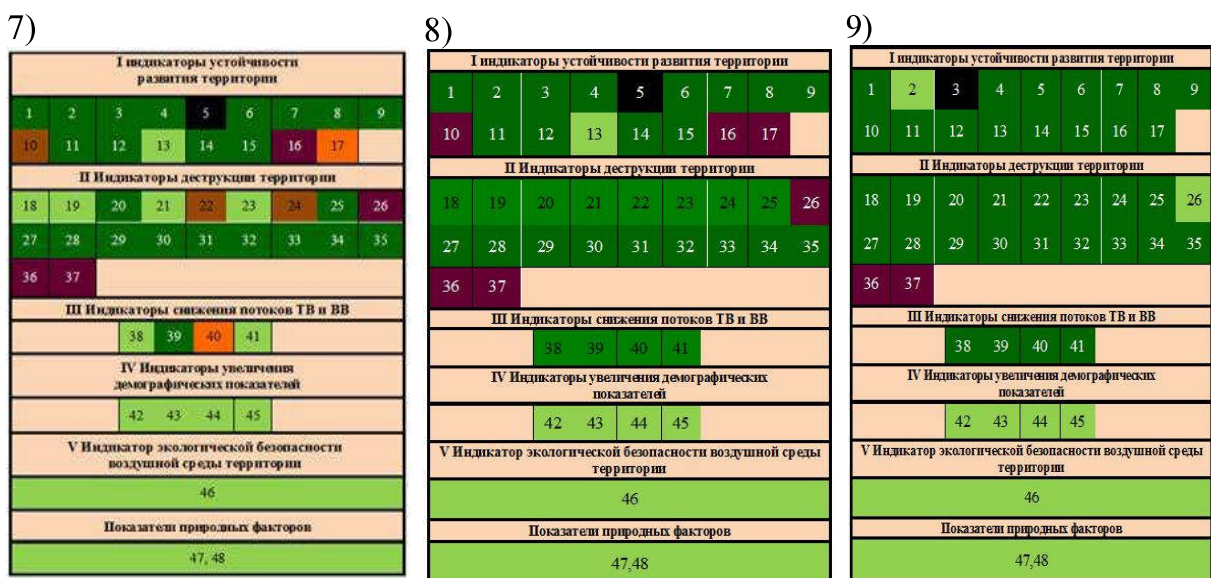
Оценка текущего состояния экологической безопасности воздушной среды федерального округа, который рассматривался как единая территория без деления на регионы, определялась по интегральному критерию, который рассчитывался как сумма и/или среднее значение балльных оценок показателей с 1 по 37 (рис. 6).

Оценка прогнозного состояния экологической безопасности воздушной среды федеральных округов определялась по интегральному критерию, который рассчитывался как разница сумм балльных оценок показателей 1–37 и 38–41.

6. Интегральный критерий текущего состояния воздушной среды территории является базисом для ранжирования федеральных округов по экологической безопасности.







Примечание: степень влияния анализируемых показателей на напряженность экологической ситуации территории по балльной системе

- 0-20 – низкая
- 21-40 – пониженная
- 41-60 – средняя
- 61-75 – повышенная
- 76-100 – высокая
- Российская Федерация

Федеральные округа РФ:

- 1 – Центральный
- 2 – Северо-Западный
- 3 – Южный
- 4 – Северо-Кавказский
- 5 – Приволжский
- 6 – Уральский
- 7 – Сибирский
- 8 – Дальневосточный
- 9 – Крымский

Рис. 5. Матрицы индикаторов экологической безопасности воздушной среды территорий ФО РФ (составлено автором) / Fig. 5. Matrices of indicators of ecological safety indicators of air environment of the RF Federal District (compiled by the author)

7. Заключительным этапом исследований является составление рейтинга федеральных округов по экологической безопасности воздушной среды. Ранжирование осуществлялось на основе расчета суммарного и среднего баллов интегрального критерия экологической безопасности воздушной среды с учетом средней продолжительности жизни людей на основе статистических данных Федеральной службы государственной статистики России (рис. 6).

В 2015 г. средняя продолжительность жизни людей в России достигла 71,4 г. (для мужчин – 65,9 лет, для женщин – 76,7).

В 2016 г. продолжительность жизни населения в России в 2016 г. увеличилась на 8,5 месяцев, достигнув отметки в 72,1 года. У женщин показатель продолжительности жизни превысил 77,3 года, у мужчин продолжительность жизни приблизилась к отметке 67 лет (сайт Федеральной службы государственной статистики). Однако, по мировым показателям, Россия занимает лишь 129-е место из 192 стран ООН. Явными лидерами по продолжительности жизни в 2015 г. являлись Андорра, Япония, Сингапур и Франция: 82,75; 82,15; 82 и 81 год соответственно.



Рис. 6. Рейтинг федеральных округов по экологической безопасности воздушной среды (составлено автором) / Fig. 6. Rating federal districts on environmental safety of the air (compiled by the author)

Федеральный округ / Federal County	Интегральный критерий экологической безопасности воздушной среды / Integral criterion environmental security of the air		Средняя продолжительность жизни людей, лет / Average life expectancy, years	Экологическая безопасность воздушной среды территории / Environmental air safety environment territories	
	суммарный балл / cumulative score	средний балл / average score		рейтинг / rating	условные обозначения / conventional symbols
Крымский (г. Севастополь) Crimean / city of Sevastopol	312,0	8,4	72,28	1	yellow
Северо-Кавказский / North-Caucasian	569,0	15,4	75,34	2	blue
Южный / Southern	660,8	17,9	72,02	3	green
Приволжский / Privolzhsky	892,4	24,1	70,71	4	brown
Северо-Западный / Northwestern	962,6	26,0	71,7	5	grey
Дальневосточный / Far Eastern	1001,1	27,1	68,68	6	pink
Центральный / Central	1001,3	27,1	72,72	7	orange
Уральский / Uralsky	1086,3	29,4	70,38	8	red
Сибирский / Siberian	1173,8	31,7	69,31	9	dark red

Результаты геоэкологической оценки 48 показателей, влияющих на качество воздушной атмосферы территорий, показали, что существует зависимость деструкции природной среды и ухудшения состояния

здоровья граждан России (уровень заболеваемости органов дыхания и уровень смертности) от степени воздействия техногенной нагрузки. В свою очередь, это воздействие возрастает в зависимости от географиче-

ского расположения субъекта РФ: к востоку от Урала количество возвышенностей и горных территорий в некоторых из них становится больше, а также увеличивается экологическая напряженность в этих регионах.

*Выводы.* Уровень трансформации урбанизированных территорий с высоким потенциалом концентрации населения определяется критериями качества атмосферного воздуха, которые оцениваются индикаторами устойчивого развития и деструкции территории, снижением потоков токсичных и вредных веществ, увеличением демографических показателей и экологической безопасности воздушной среды территории.

Предложенный автором интегральный критерий экологической безопасности воздушной среды городов, расположенных в

условиях внутриконтинентальных межгорных котловин, учитывает природные и антропогенные факторы, влияющие на формирование загрязнений атмосферы.

Геоэкологическая оценка по усовершенствованной и новой методике позволила выявить, что существует зависимость деструкции природной среды и ухудшения состояния здоровья граждан России (уровень заболеваемости органов дыхания и уровень смертности) от степени воздействия антропогенной нагрузки. В свою очередь, это воздействие возрастает в зависимости от географического расположения субъектов РФ: к востоку от Урала количество возвышенностей и горных территорий в некоторых из них становится больше, а также увеличивается экологическая напряженность в данных регионах.

---

### Список литературы

1. Абросимова Ю. Е., Ушаков В. А., Галицкая Е. Г., Ступин А. Б. Анализ влияния загрязнения атмосферного воздуха на показатели заболеваемости // Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России. СПб., 1994. С. 10–12.
2. Безуглая Э. Ю., Завадская Е. К. Исследования загрязнения атмосферы и связи с влиянием их на здоровье населения // Современные исследования Главной геофизической обсерватории к 150-летию со дня основания. 1999. Т. 1. С. 144–161.
3. Безуглая Э. Ю., Шуцкая А. Б. Влияние метеорологических условий на изменение содержания окислов азота в приземном слое атмосферы городов // Труды ГГО. 1991. Вып. 543. С. 44–52.
4. Борсук О. А., Тимофеев Д. А. Привлекательность как критерий эстетической геоморфологии // Геоморфология на рубеже XXI в.: сб. ст. М.: МГУ, 2000. С. 124–126.
5. Винокуров Ю. И., Красноярова Б. А., Овденко В. И., Суразакова С. П., Счастливец Е. Л. Устойчивое развитие Сибирских регионов. Новосибирск: Наука, 2003. 240 с.
6. Винокуров Ю. И., Цимбалей Ю. М., Красноярова Б. А. Физико-географическое районирование Сибири как основа разработки региональных систем природопользования // Ползуновский вестник. 2005. № 4. С. 3–13.
7. Гвоздецкий Н. А., Михайлов Н. И. Физическая география СССР. М.: Мысль, 1978. 512 с.
8. Данько Л. В., Кузьмин С. Б., Снытко В. А. Байкальские прибрежные геосистемы и их ландшафтно-геохимическая структура // География и природные ресурсы. 2000. № 3. С. 45–55.
9. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека // Региональные публикации ВОЗ. Европейская серия. 2005. № 85. 293 с.
10. Приоритетный список городов 2014 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.voei-kovmgo.ru> (дата обращения: 12.12.2017).
11. Рекомендации по качеству воздуха для Европы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.euro.who.int/air/activities/200502234> (дата обращения: 18.12.2017).
12. Air Quality in Major European Cities / ed. R. J. Sluyter. Part 1. National Institute of Public Health and Environment. № 722401004. Belthoven, 1995. P. 455–464.
13. Boogaard H., Janssen N., Fischer P. H., Kos G., Weijers E. P., Cassee F. R., S. C. van der Zee, J. J. de Hartog, Meliefste K., Wang M., Brunekreef B., Hoek G. Impact of low emission zones and local traffic policies on ambient air pollution concentrations // Science of the Total Environment. 2012. Vol. 435–436. P. 132–140.



14. Chan L. Y., Lau W. L., Zou S. C., Cao Z. X., Lai S. C. Exposure level of carbon monoxide and respirable suspended particulate in public transportation modes while commuting in urban area of Guangzhou, China // *Atmospheric Environment*. 2002. Vol. 36. P. 5831–5840.
15. Christos C., Evangelos C., Alexopoulos T., Linos A. Indoor and outdoor personal exposure to benzene in Athens, Greece // *Science of the Total Environment*. 2005. Vol. 349. P. 72–80.
16. Colvile R. N., Kaur S., Britter R., Robins A., Bell M. C., Shallercross D., Belcher S. E. Sustainable development of urban transport systems and human exposure to air pollution // *Science of the Total Environment*. 2004. Vol. 334–335. P. 481–489.
17. Hendl M., Marcinek J., Jager E. J. *Allgemeine Klima-, Hydro- und Vegetationsgeographie*. Gotha Leipzig: Hermann Haack, 1978. P. 112–166.
18. Jun Wu, Houston D., Lurmann F., Ong P., Winer A. Exposure of PM<sub>2.5</sub> and EC from diesel and gasoline vehicles in communities near the Ports of Los Angeles and Long Beach, California // *Atmospheric Environment*. 2009. Vol. 43. P. 1962–1971.
19. Lumbreras J, Valdes M., Borge R., Rodriguez M. E., Rodriguez M. E. Assessment of vehicle emissions projections in Madrid (Spain) from 2004 to 2012 considering several control strategies // *Transportation Research. Part A*. 2008. Vol. 42. P. 646–658.
20. Milne L. J., Milne M. *The mountains*. New York: Time incorporated, 1962.
21. Rennen M. A. J., Bouwman T., Wilschut A., Bessems J. G. M., Heer C. Oral-to-inhalation route extrapolation in occupational health risk assessment: a critical assessment // *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2004. Vol. 39. P. 5–11.
22. Seinfeld J. H. Urban air pollution: state of the science // *Science*. 1989. P. 745–752.
23. Vardoulakis S., Fisher E. A., Pericleous K., Gonzalez-Flesca N. Modelling air quality in street canyons: a review // *Atmospheric Environment*. 2003. Vol. 37. P. 155–182.
24. Vogel B., Corsmeier U., Vogel H., Fiedler F., Ktühlwein J., Friedrich R., Obermeier A., Weppner J., Kalthoff N., Baumer D., Bitzer A., Jay K. Comparison of measured and calculated motorway emission data // *Atmospheric Environment*. 2000. Vol. 34. P. 2437–2450.

## References

1. Abrosimova Yu. E., Ushakov V. A., Galitskaya Ye. G., Stupin A. B. *Ezhegodnik sostoyaniya zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii* (Yearbook of the state of atmospheric pollution in cities in Russia). St. Petersburg, 1994. P. 10–12.
2. Bezuglaya E. Yu., Zavadskaya E. K. *Sovremennye issledovaniya Glavnoy geofizicheskoy observatorii k 150-letiyu so dnya osnovaniya* (Modern studies of the Main Geophysical Observatory on the 150th anniversary of the foundation), 1999, vol. 1, pp. 144–161.
3. Bezuglaya E. Yu., Shutskaya A. B. *Trudy GGO* (Proc. of GGO), 1991, Issue 543, pp. 44–52.
4. Borsuk O. A., Timofeev D. A. *Privlekatelnost kak kriteriy esteticheskoy geomorfologii* (Geomorphology at the turn of the XXI century: Sat. Art). Moscow: MSU, 2000. P. 124–126.
5. Vinokurov Yu. I., Krasnoyarova B. A., Ovdenko V. I., Surazakova S. P., Schastlivtsev Ye. L. *Ustoychivoe razvitie Sibirskih regionov* (Sustainable development of the Siberian Regions). Novosibirsk: Nauka, 2003. 240 p.
6. Vinokurov Yu. I., Tsybalev Yu. M., Krasnoyarova B. A. *Polzunovskiy vestnik* (Polzunovsky Bulletin), 2005, no. 4, pp. 3–13.
7. Gvozdetsky N. A., Mikhailov N. I. *Fizicheskaya geografiya SSSR* (Physical Geography of the USSR). Moscow: Mysl, 1978. 512 p.
8. Danko L. V., Kuzmin S. B., Snytko V. A. *Geografiya i prirodnye resursy* (Geography and natural resources), 2000, no. 3, pp. 45–55.
9. *Regionalnye publikatsii VOZ. Evropeyskaya seriya* (Regional Publications WHO. European series), 2005, no. 85, 293 p.
10. *Prioritetny spisok gorodov 2014 g.* (Priority list of cities in 2014). Available at: <http://www.voeikovmgo.ru> (Date of access: 12.12.2017).
11. *Rekomendatsii po kachestvu vozduha dlya Evropy* (Recommendations on air quality for Europe). Available at: <http://www.euro.who.int/air/activities/200502234> (Date of access: 18.12.2017).
12. *Air Quality in Major European Cities* (Air Quality in Major European Cities) / ed. R. J. Sluyter. Part 1. National Institute of Public Health and Environment. No. 722401004. Belthoven, 1995. P. 455–464.
13. Boogaard H., Janssen N., Fischer P. H., Kos G., Weijers E. P., Cassee F. R., S. C. van der Zee, J. J. de Hartog, Meliefste K., Wang M., Brunekreef B., Hoek G. *Science of the Total Environment* (Science of the Total Environment), 2012, vol. 435–436, pp. 132–140.
14. Chan L. Y., Lau W. L., Zou S. C., Cao Z. X., Lai S. C. *Atmospheric Environment* (Atmospheric Environment), 2002, vol. 36, pp. 5831–5840.

15. Christos C., Evangelos C., Alexopoulos T., Linos A. *Science of the Total Environment* (Science of the Total Environment), 2005, vol. 349, pp. 72–80.
16. Colville R. N., Kaur S., Britter R., Robins A., Bell M. C., Shallcross D., Belcher S. E. *Science of the Total Environment* (Science of the Total Environment), 2004, vol. 334–335, pp. 481–489.
17. Hendl M., Marcinek J., Jager E. J. *General Climate, Hydro and Vegetation Geography* (General Climate, Hydro and Vegetation Geography). Gotha Leipzig: Hermann Haack, 1978. P. 112–166.
18. Jun Wu., Houston D., Lurmann F., Ong P., Winer A. *Atmospheric Environment* (Atmospheric Environment), 2009, vol. 43, pp. 1962–1971.
19. Lumbreras J., Valdes M., Borge R., Rodriguez M., Rodriguez M. *Transportation Research* (Transportation Research). Part A, 2008, vol. 42, pp. 646–658.
20. Milne L. J., Milne M. *The mountains* (The mountains). New York: Time incorporated, 1962.
21. Rennen M. A. J., Bouwman T., Wilschut A., Bessems J. G. M., Heer C. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* (Regulatory Toxicology and Pharmacology), 2004, vol. 39, pp. 5–11.
22. Seinfeld J. H. *Science* (Science), 1989, pp. 745–752.
23. Vardoulakis S., Fisher E. A., Pericleous K., Gonzalez-Flesca N. *Atmospheric Environment* (Atmospheric Environment), 2003, vol. 37, pp. 155–182.
24. Vogel B., Corsmeier U., Vogel H., Fiedler F., Ktihlwein J., Friedrich R., Obermeier A., Weppner J., Kalthoff N., Baumer D., Bitzer A., Jay K. *Atmospheric Environment* (Atmospheric Environment), 2000, vol. 34, pp. 2437–2450.

**Коротко об авторе**

**Briefly about the author**

**Щербатюк Андрей Петрович**, канд. техн. наук, доцент, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: геоэкология, география  
andrey.shcherbatyuk.63@mail.ru

**Andrey Shcherbatyuk**, candidate of engineering sciences, associate professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: geoecology, geography

**Образец цитирования**

Щербатюк А.П. Региональный аспект экологической безопасности воздушной среды городов в условиях внутриконтинентальных межгорных котловин // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2018. Т. 24. № 2. С. 22–38. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-2-22-38.

Scherbatyuk A. Regional aspect of ecological safety of the urban air environment in the conditions of intercontinental inter-mountain basins // *Transbaikal State University Journal*, 2018, vol. 24, no. 2, pp. 22–38. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-2-22-38.

Статья поступила в редакцию: 15.01.2018 г.  
Статья принята к публикации: 28.02.2018 г.

