

УДК 551.5:574.24

**ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ КОМФОРТНОСТЬ КЛИМАТА  
ОСТРОВА ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН****Андреева Е.С., Андреев С.С.**<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону,  
e-mail: [espmeteo@yandex.ru](mailto:espmeteo@yandex.ru);<sup>2</sup>ЧОУ ВО «Ростовский институт защиты предпринимателя», Ростов-на-Дону,  
e-mail: [rggmurd@yandex.ru](mailto:rggmurd@yandex.ru)

Статья посвящена изучению особенностей биоклимата о. Шпицберген, формирующихся на фоне особенностей погодно-климатического режима острова в целом и вклада метеорологических параметров в рассеивание антропогенных примесей приземного слоя воздуха атмосферы. Архипелаг Свальбард (его западная часть) является одним из стратегических районов российского сектора Арктики, имеющего не только важное экономическое, но и уникальное научно-теоретическое значение, что актуализирует тему исследования. В настоящее время к основным факторам, оказывающим влияние на окружающую среду острова, относятся добыча угля и, в последнее время, увеличение туристической индустрии. Поэтому одной из наиболее важных проблем западной части архипелага можно считать загрязнение воздушной среды. Существенную роль в формировании качества окружающей среды играют погодно-климатические условия, которые определяют условия накопления и рассеивания загрязняющих веществ и качество атмосферного воздуха и соответственно имеют немаловажное значение в формировании эколого-географической комфортности климата. Отсюда цель исследования связана с осуществлением оценки эколого-географической комфортности климата в российском арктическом секторе архипелага (поселок Баренцбург). Для достижения цели работы были рассмотрены физико-географические условия острова Западный Шпицберген; проведено исследование погодно-климатического режима острова за 2006 – 2015 гг.; определены основные источники воздействия на воздушный бассейн. Оценено формирование эколого-географической комфортности климата о. Западный Шпицберген по данным за 2006–2015 гг. Авторам представляется, что исследования метеорологического потенциала рассеивания антропогенных примесей в арктической зоне Российской Федерации весьма актуальны, имеют практическое значение и перспективы для дальнейшего промышленного освоения указанной зоны.

**Ключевые слова:** эколого-географическая комфортность климата, метеорологические параметры, рассеивание антропогенных примесей, качество атмосферного воздуха, погодно-климатический режим, метеорологический потенциал рассеивания антропогенных примесей, оценка комфортности климата, арктическая атмосфера

**ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL COMFORT CLIMATE  
OF THE ISLAND WEST SPITSBERGEN****Andreeva E.S., Andreev S.S.**<sup>1</sup>Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: [espmeteo@yandex.ru](mailto:espmeteo@yandex.ru);<sup>2</sup>Rostov Institute of Entrepreneur Protection, Rostov-on-Don, e-mail: [rggmurd@yandex.ru](mailto:rggmurd@yandex.ru)

The article is devoted to studying of features of the bioclimate of the island of Spitsbergen, formed on the background of the peculiarities of the climatic regime of the island as a whole and the contribution of meteorological parameters in the dispersion of anthropogenic pollutants of the surface layer of the atmosphere. The Svalbard archipelago (its Western part) is one of the strategic areas of the Russian sector of the Arctic, which has not only an important economic but also a unique scientific and theoretical significance, which actualizes the research topic. Currently, the main factors affecting the environment of the island include coal mining and, more recently, the increase in the tourism industry. Therefore, one of the most important problems of the Western part of the archipelago can be considered air pollution. A significant role in shaping the quality of the environment playing weather conditions that define the conditions of accumulation and dispersion of pollutants and air quality, and therefore are of great importance in the formation of ecological-geographical comfort climate. Hence, the aim of the study is to assess the ecological and geographical comfort of the climate in the Russian Arctic sector of the archipelago (Barentsburg settlement). To achieve the goal of the work, the physical and geographical conditions of the island of West Svalbard were considered; a study of the weather and climatic regime of the island for 2006-2015 was conducted; the main sources of influence on the air basin were determined. The formation of ecological and geographical comfort of the climate of the island of West Svalbard according to the data for 2006-2015 is estimated. The authors believe that studies of the meteorological potential of anthropogenic impurities dispersion in the Arctic zone of the Russian Federation are very relevant, have practical significance and prospects for further industrial development of this zone.

**Keywords:** ecological and geographical comfort of climate, meteorological parameters, dispersion of anthropogenic impurities, atmospheric air quality, weather and climatic regime, meteorological potential of dispersion of anthropogenic impurities, assessment of climate comfort, Arctic atmosphere

В настоящее время проблемы загрязнения окружающей среды приобретают все большую актуальность. Несмотря на то, что архипелаг Шпицберген (Западный Шпиц-

берген является территорией Российской Федерации) находится в непосредственном удалении от промышленных районов Европы и Америки, он также подвержен антропо-

погенному преобразованию [1]. Так, основными факторами, оказывающими влияние на окружающую среду острова, на данный момент являются добыча угля и, в последнее время, увеличение туристической индустрии. Поэтому одной из наиболее актуальных проблем острова можно считать, загрязнение воздушной среды. Ухудшение состояния атмосферного воздуха на Шпицбергене или Свальбарде (норв.) имеет особое значение, так как в силу своего географического положения он является одним из уникальных регионов стратегического назначения современной России, на территории которого также осуществляются различные комплексные научные исследования в Арктике [2], осуществляются мероприятия в области обеспечения защиты окружающей среды Свальбарда от антропогенного воздействия, опираясь на законодательную базу Норвегии и России [3].

Существенную роль в формировании качества окружающей среды играют природно-климатические условия, которые определяют условия накопления и рассеивания загрязняющих веществ и качество атмосферного воздуха и, соответственно, имеют немаловажное значение в изменении уровня загрязнения атмосферного воздуха [4].

Цель исследования: изучение особенностей климата российской части острова Западный Шпицберген и его эколого-географической комфортности.

#### **Материалы и методы исследования**

В основу данной статьи положены данные, предоставленные Северо-Западным отделением ФГБУ НПО «Тайфун» за 2006–2015 гг.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Климат острова Западный Шпицберген уникален и зависит прежде всего от его физико-географических условий. Так, Шпицберген, или Свальбард, или Грумант, как известно, представляет собой достаточно обширный полярный архипелаг, расположенный в Северном Ледовитом океане между 76026' и 80050' северной широты и 100 и 320 восточной долготы, в состав которого входят как крупные острова: Западный Шпицберген (площадь 37 673 км<sup>2</sup>), Северо-Восточная Земля (14 443 км<sup>2</sup>), остров Эдж (более 5 000 км<sup>2</sup>); так и более мелкие, площадью от 1288 до 120 км<sup>2</sup>: остров Баренца, Белый, Земля Принца Карла, Конгсёйа, Медвежий, Свенсёйа, остров Вильгельма;

а также группы островов, мелкие островки и шхеры общей площадью около 621 км<sup>2</sup> [4].

Уникальность Свальбарда заключается не только в его расположении вблизи Северного полюса (расстояние до полюса около 1050 км), но и в размещении на территории архипелага 7 национальных парков, 6 природных и 15 птичьих заповедников; потому практически 65 % площади Свальбарда находится под защитой государства Норвегия.

Архипелаг был известен русским поморам и викингам, как показывают исторические летописные документы, с XII в. В более позднее время в районе Свальбарда активно развивался китобойный промысел, научные исследования. Экономический интерес в смысле развития горнодобывающей отрасли к архипелагу Шпицберген со стороны ряда европейских стран был проявлен в начале XX в. Тогда же, в 1920 г., в Париже был подписан так называемый Шпицбергенский трактат, который закрепил суверенитет Норвегии над архипелагом, определив условия хозяйственного использования территории Свальбарда.

В настоящее время наряду с туризмом и научными исследованиями на землях природоохранного назначения в пределах архипелага ведется и хозяйственная деятельность, связанная прежде всего с добычей каменного угля как со стороны Норвегии, так и со стороны России в разведанных каменноугольных толщах мезозойского и кайнозойского возраста. Рельеф острова представлен как островершинными зубчатыми хребтами на северо-востоке и северо-западе острова Западный Шпицберген высотой от 800 до 1200 м, так выположенными плато в центре. Возможно, наблюдение этих «острых гор» («spitz» – острый; «berg» – гора) позволило голландскому мореплавателю Виллему Баренцу в 1596 г. назвать архипелаг «Spitzbergen» или «Шпицберген» в русском варианте. На всей территории Свальбарда в геоморфологическом отношении развиты все виды ледниковой работы, включая ледниковую экзарацию, а также солифлюкцию, усиливаемую вечной мерзлотой.

Близость к Арктике, в свою очередь, и обуславливает уникальные особенности климата архипелага, которые для реализации цели исследования необходимо рассмотреть далее. Основными климатообразующими факторами арктических регионов, как и любых других на земном шаре, являются: солнечная радиация, циркуляция атмосферы, характер рельефа и влияние морей и океанов.

Так, баланс солнечной радиации в арктических условиях определяется ледяным покровом, существующим в течение всего года, добавляя затраты тепла на таяние снега, льда и многолетней мерзлоты. Следует отметить, что приход солнечной радиации на Свальбарде в период полярных ночей отсутствует, а в период полярного дня весьма высокий, однако практически 80% его отражается от поверхности снега и льда. Не менее важным климатообразующим фактором является циркуляция атмосферы, которая обуславливает перенос воздушных масс с разными физическими свойствами, то есть в конечном итоге инициируя перенос тепла и влаги. Наличие ледовых плато в центральных частях островов архипелага способствует формированию местной циркуляции, представленной холодными воздушными массами. В свою очередь над прибрежными районами архипелага, находящимися под воздействием северной ветви Гольфстрима, формируются теплые воздушные массы, что в свою очередь вызывает значительные контрасты в температурном режиме Свальбарда.

По классификации климатов, предложенной Б.П. Алисовым, Шпицберген (Западный Шпицберген) относится к арктическому климату.

Анализ основных метеорологических характеристик исследуемой территории, обеспечивающих эколого-географические обстоятельства его комфортности, произведем на основании данных, предоставленных Северо-Западным отделением ФГБУ НПО «Тайфун» за 2006–2015 гг. В частности, отмечены следующие уникальные особенности климата острова:

- преобладание антициклонального режима в течение года способствует накоплению примесей в приземном слое воздуха [5–8];

- смягчающее влияние на температурный режим острова оказывает северная ветвь Гольфстрима (среднегодовая температура воздуха достигает  $-5,9^{\circ}\text{C}$ );

- содержание влаги воздуха в течение всего года достаточно велико (до 83%);

- среднегодовая скорость ветра на острове достигает 3,4 м/с, при порывах может превышать 13 м/с;

- в течение года преобладают восточные ветры (повторяемость более 38%);

- нередко штили (повторяемость до 11% в году), способствующие накоплению примесей в нижнем слое воздуха в пределах острова;

- осадки выпадают преимущественно в твердом виде в холодную половину года.

Для реализации цели исследования далее рассмотрим не только биоклиматические особенности острова Западный Шпицберген.

Обычно в научных исследованиях для изучения и оценки биоклиматических условий применяют так называемые биоклиматические индексы или показатели, которые, в свою очередь, представляют собой своего рода индикаторы среды, характеризую прежде всего ее физические свойства: тепловые, влажностные, циркуляционные. Следует отметить при этом, что на организм человека среда оказывает воздействие всей совокупностью метеорологических элементов, по этой причине при оценке биоклиматических условий, как правило, рассчитывают и анализируют значения индекса метеорологической ситуации ( $I$ , баллы), который был предложен в конце XX в. В.Г. Бокшей и Б.В. Богуцким и позволил учитывать эффекты взаимодействия таких метеорологических величин, как температура воздуха, относительная влажность, скорость ветра, атмосферное давление и прочие на фоне суточной динамики. Полная формула для расчетов индекса метеорологической ситуации предусматривает учет возмущенности электромагнитного поля Земли.

В настоящее время известно более 30 биоклиматических индексов или показателей, условно разделенных на 7 групп [9].

Как показано в более ранних работах авторов [9–10], наибольшей весомостью из всего разнообразия известных биоклиматических показателей отличаются следующие: эквивалентно-эффективная температура, биологически активная температура, радиационная эквивалентно-эффективная температура, сальдо теплового баланса тела человека, индекс патогенности метеорологической ситуации, потенциал самоочищения атмосферы ( $K_m$ , абсолютные величины). Интересно отметить, что потенциал самоочищения атмосферы, разработанный в 1990 г. Т.С. Селегей и И.П. Юрченко, в первую очередь является тем физическим параметром, который показывает динамическое состояние нижнего слоя атмосферы в аспекте возможных аккумуляции/диффузии примесей, в том числе антропогенного происхождения. В математическом выражении потенциал самоочищения атмосферы ( $K_m$ , абсолютные величины) достаточно прост: он учитывает числа дней с туманами и штилем, а также с осадками, выпавшими слоем более 0,5 мм и скоростью ветра бо-

лее 0,6 м/с. Несмотря на дискуссионную формулу указанного показателя, логична мысль предложивших его авторов учитывать число дней со штилями и туманами, соотнося их с количеством выпавших осадков и интенсивностью ветрового потока в нижнем слое, так как существенное увеличение скорости ветра у земной поверхности будет способствовать активизации диффузии примесей.

Для адекватной интерпретации полученных в результате расчетов значений упомянутых выше биоклиматических показателей следует обозначить далее смысл понятий биоклиматический «комфорт», «субкомфорт», «дискомфорт». Так, физически «комфортные» биоклиматические условия обеспечивают оптимальное психофизиологическое состояние человека, при котором возможна его нормальная жизнедеятельность при краткосрочном или постоянном пребывании. «Субкомфортные» биоклиматические условия создают слабораздражающий организм человека фон, при котором еще возможна относительно нормальная жизнедеятельность при соблюдении определенных требований. Наконец, «дискомфортные» условия формируют крайне раздражающий фон, когда механизмы адаптации человеческого организма не в состоянии обеспечить ему нормальную жизнедеятельность.

В численном выражении «комфортные» или оптимальные с точки зрения психофизиологического состояния человека условия достигаются при описанном авторами [11–12] сочетании указанных выше биоклиматических показателей: для эквивалентно-эффективной температуры (ЭЭТ, °C) +18 °C; радиационной эквивалентно-эффективной температуры (РЭЭТ, °C) +21 °C; биологически активной температуры (БАТ, °C) +10 °C;

сальдо теплового баланса тела человека ( $Q_s$ , кВт/м<sup>2</sup>) –0,06 кВт/м<sup>2</sup>; индекса патогенности метеорологической ситуации ( $I$ , баллы) от 0 до 9 баллов; потенциала самоочищения атмосферы ( $K_m$ , абсолютные величины) менее 0,6 в абсолютных единицах.

Анализ полученных графиков динамики значений указанных выше показателей: эквивалентно-эффективной температуры, биологически активной температуры, радиационной эквивалентно-эффективной температуры, сальдо теплового баланса тела человека, индекса патогенности метеорологической ситуации, потенциала самоочищения атмосферы – не позволяет сделать вывод об эколого-географической комфортности климата острова Западный Шпицберген практически в отношении всех рассматриваемых биоклиматических показателей.

В частности, весьма далеки от «комфортных» значения рассчитанного за период времени с 2006 по 2015 г. индекса патогенности метеорологической ситуации, в сотни раз превышающие приемлемые значения в отдельные месяцы 2010 г., достигая 250 баллов при комфорте в 9 баллов, как показано на графике 1. «Комфорт» или, скорее, «субкомфорт» в отношении значений индекса патогенности метеорологической ситуации был зафиксирован лишь в течение небольшого числа месяцев внутри отдельных лет за рассматриваемый промежуток с 2006 по 2015 г. (рис. 1).

Представленные ниже (рис. 2) значения сальдо теплового баланса тела человека, кВт/м<sup>2</sup> также удалены от зоны «комфорта», что свидетельствует о необходимости интенсификации теплотворной функции организма в связи с превалированием холодной нагрузки практически в течение всего года периода 2006–2015 г. (рис. 2).

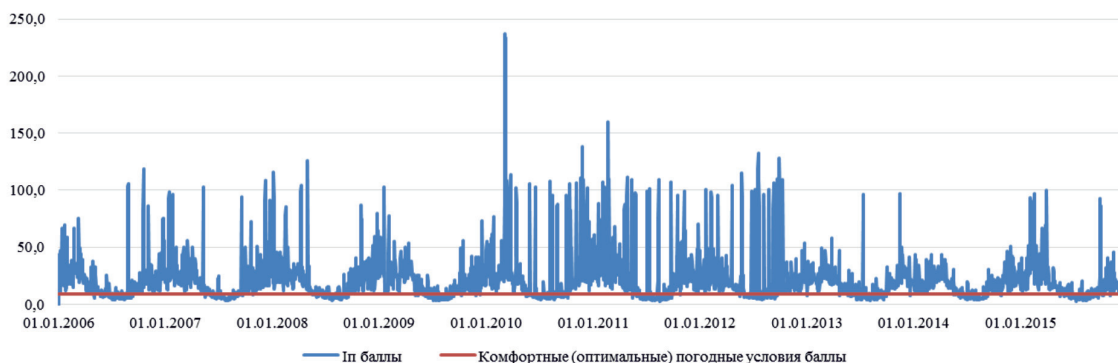


Рис. 1. Динамика значений индекса патогенности метеорологической ситуации, баллы за 2006–2015 гг.



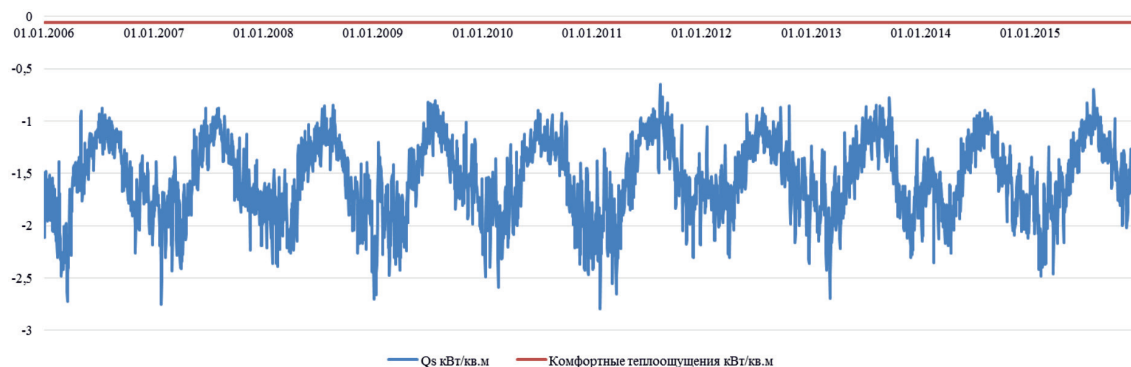


Рис. 2. Динамика значений сальдо теплового баланса тела человека, кВт/м² за 2006–2015 гг.



Рис. 3. Динамика значений эквивалентно-эффективной температуры, °C за 2006–2015 гг.

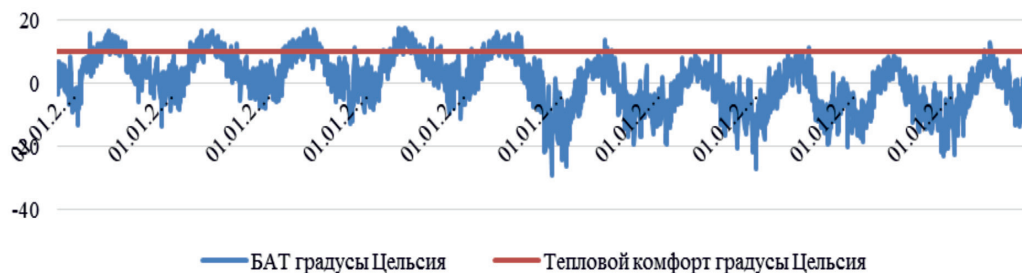


Рис. 4. Динамика значений биологически активной температуры, °C за 2006–2015 гг.

Однако на графиках биологически активной температуры (БАТ, °C), радиационной эквивалентно-эффективной температуры (РЭЭТ, °C) можно видеть в отдельные периоды 2006–2015 гг. кратковременное достижение «комфортных» условий (рис. 3, 4).

В этой связи общий вывод о «дискомфортности» климатических условий острова Западный Шпицберген выглядит не так однозначно. Представляется, что на фоне объективно неблагоприятных погодно-климатических особенностей острова его эколого-географическая «комфортность» вполне достижима в отношении ряда временных периодов. Последний вывод обуславливает

необходимость проведения дальнейших исследований климата острова и его биоклиматических особенностей.

### Заключение

Основываясь на полученных результатах, можно видеть, что наиболее «дискомфортные» эколого-географические особенности климата острова обеспечиваются не только неблагоприятными значениями индекса патогенности метеорологической ситуации, но и выявленной за период времени с 2006 по 2015 г. особенностью нижнего слоя атмосферы накапливать загрязняющие вещества на фоне действия

арктических и гренландских антициклонов, установления безветренной погоды с отсутствием осадков. Стоит отметить, что выводы и результаты данного исследования имеют практическое значение и их целесообразно учитывать при дальнейшем развитии производственной деятельности на Западном Шпицбергене.

### Список литературы / References

1. Демешкин А.С. Геоэкологическая оценка состояния природной среды в районе расположения Российского угледобывающего рудника Баренцбург на архипелаге Шпицберген: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36. Санкт-Петербург, 2017. 181 с.
2. Demeshkin A.S. Geoecological assessment of the state of the natural environment in the area of the Russian coal mine Barentsburg in the Svalbard archipelago: dis. ... kand. geogr. nauk: 25.00.36. SPb, 2017. 181 p. (in Russian).
3. Svalbard, Statistisk sentralbyrå. Population in the settlements. Oslo-Kongsvinger, 2017. 398 p.
4. Мохов И.И. Диагностика и моделирование особенностей арктического климата и его изменений. М.: Институт физики и атмосфера им. А.М. Обухова РАН, 2013. 120 с.
5. Mokhov I.I. Diagnostics and simulation features of the Arctic climate and its changes. M.: Institut fiziki i atmosfera im. A.M. Obukhova RAN, 2013. 120 p. (in Russian).
6. Клячкин С.В. Численное моделирование динамики ледяного покрова в районе архипелага Шпицберген // Метеорология и гидрология: сборник статей. М.: ФГБУ НИЦ «Планета», 2017. Вып. 4. С. 7–15.
7. Klyachkin S.V. Numerical modeling of ice cover dynamics in the area of Svalbard archipelago // Meteorologiya i gidrologiya: sbornik statej. M.: FGBU NIC «Planeta», 2017. Vyp. 4. P. 7–15 (in Russian).
8. Лазарева Е.О., Попова Е.С. Особенности пространственно-временной динамики антропогенных примесей воздуха г. Санкт-Петербурга за период времени с 1980 по 2012 гг. (на примере оксида углерода, диоксида азота, взвешенных веществ) // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2014. № 37. С. 204–215.
9. Lazareva E.O., Popova E.S. Features of space-time dynamics of anthropogenic air impurities in St. Petersburg for the period from 1980 to 2012 (on the example of carbon monoxide, nitrogen dioxide, suspended solids) // Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta. 2014. № 37. P. 204–215 (in Russian).
10. Андреев С.С., Попова Е.С. Оценка климатической комфортности прибрежной территории на примере г. Туапсе // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. Серия 7. Геология. География. 2015. № 4. С. 144–149.
11. Andreev S.S., Popova E.S. Assessment of the climatic comfort of the coastal area on the example of Tuapse // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta, seriya 7 «Geologiya. Geografiya». 2015. № 4. P. 144–149 (in Russian).
12. Селегей Т.С. Разработка усовершенствованного комплексного метеорологического показателя рассеивающий способности атмосферы. Отчет о научно-исследовательской работе по теме 1.43.15. Новосибирск: ФГБУ «СибНИГМИ», 2014. 131 с.
13. Seleguei T.S. Development of an improved integrated meteorological measure the scattering power of the atmosphere. Related Research Report 1.43.15. Novosibirsk: FGBU «SibNIGMI», 2014. 131 p. (in Russian).
14. Русанов В.В. Метеорологические условия загрязнения атмосферы // География и природные ресурсы. 1992. № 1. С. 60–65.
15. Rusanov V.V. Meteorological conditions of atmospheric pollution // Geografiya i prirodnye resursy. 1992. № 1. P. 60–65 (in Russian).
16. Андреев С.С., Андреева Е.С. Биоклиматическая характеристика Ростовской области по индексу патогенности метеорологической ситуации // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2003. № 9. С. 67.
17. Andreev S.S., Andreeva E.S. Bioclimatic characteristics of the Rostov region on the index of pathogenicity of the meteorological situation // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennye nauki. 2003. № 9. P. 67 (in Russian).
18. Андреева Е.С., Klimov P.V., Lipovitskaya I.N., Andreev S.S., Denisov O.V. Approaches to the assessment of non-carcinogenic risk to public health on the city of Rostov-on-Don. International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2019. T. 19. № 5–2. P. 115–122. DOI: 10.5593/sgem2019/5.2/S20.015.
19. Andreyev S.S., Popova E.S. Ecologic-geographical estimation of climatic comfortness of Rostov-on-Don. European Journal of Natural History. 2013. № 5. P. 32–34.
20. Андреева Е.С., Лазарева Е.О., Липовицкая И.Н. Прогноз уровня загрязнения воздуха в Санкт-Петербурге с применением алгоритма принятия решений // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2019. № 2. С. 55–60.
21. Andreeva E.S., Lazareva E.O., Lipovickaya I.N. Prediction of air pollution level in St. Petersburg using decision-making algorithm // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya. 2019. № 2. P. 55–60 (in Russian).