



УДК [502.36631.416.8] (470.44–25)

## ОЦЕНКА ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА ГОРОДА САРАТОВА ПО ДАННЫМ ПРЯМЫХ И КОСВЕННЫХ МЕТОДОВ НАБЛЮДЕНИЙ

В. З. Макаров, О. В. Суровцева, А. Н. Чумаченко

Саратовский государственный университет  
E-mail: makarovvz@rambler.ru

В статье рассмотрены причины и факторы сильной запыленности воздушного бассейна г. Саратова. Оценена пылевая составляющая загрязнения городской атмосферы. Выполнен анализ содержания пылевой фракции городского воздуха по типам урболодшафтных участков. Определены объёмы пылевых выпадений из атмосферы на разные участки города по данным снегогеохимических наблюдений, прямых замеров запылённости воздуха на пунктах непрерывного контроля состояния атмосферы и анализа пылевых выпадений на листву деревьев и тканые материалы.

**Ключевые слова:** пыль в городской атмосфере, урболодшафтное районирование, величины и ареалы пылевой нагрузки в Саратове, природоохранные мероприятия по пылезащите.

### Saratov Air Basin Dusty Rating According to the Direct and Indirect Methods of Research

V. Z. Makarov, O. V. Surovtseva, A. N. Chumachenko

The article discusses the causes and factors of Saratov air basin dusty. Dust pollution component of urban atmosphere was estimated. The analysis of the content of the dust fraction of urban air urbolandscape localities and types of urbolandscape sites was made based on snow-chemical observations, direct measurements of particulate air pollution on points of continuous monitoring of atmospheric conditions, analysis of dust deposition on the trees and woven materials

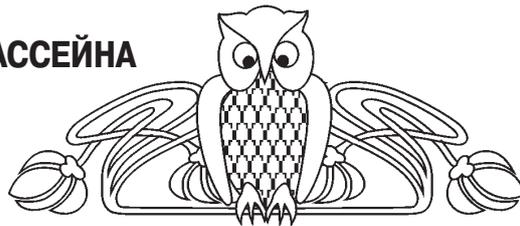
**Key words:** dust in the urban atmosphere, urbolandscape zoning, size and areas of dust load in Saratov, dust protection nature conservation measures.

**Цель** предлагаемого сообщения – обратить внимание на атмосферную пыль в Саратове как наиболее опасный компонент среди загрязнителей воздушного бассейна города, оценить региональные и локальные факторы запылённости воздушного бассейна Саратова в разные сезоны года, охарактеризовать общую и локальную запыленность городской атмосферы по отдельным урболодшафтным местностям и типам урболодшафтных участков.

#### Задачи работы:

– анализ данных о пылевой нагрузке на пунктах постоянного наблюдения загрязнения атмосферы и об источниках выбросов пыли за разные годы;

– анализ и сравнение материалов о запылённости воздушного бассейна Саратова, полученных авторами при проведении снегогеохимических съёмок в последнем десятилетии прошлого века и в начале текущего столетия, а также оценка



«пылевого потенциала» городской территории по данным прямых отборов городского воздуха аспираторами и пыленакопления на листве деревьев и тканых материалах.

### Определение понятия «пыль» в городской атмосфере, её источники и воздействие на организм человека

Пыль – это взвешенные частицы минерального, органического или смешанного происхождения размером от 0,1 до 100 микрон (одна тысячная часть миллиметра), некоторое время «плавающие» в воздухе на разной высоте [1]. Более мелкие частицы считаются дымом.

По своему генезису пыль делится на земную и космическую, естественную и искусственную, минеральную и органическую, растительную и животную, производственную, коммунально-бытовую и др. Пыль, соединяясь с водяным паром, различными техногенными газами, создает сложную аэродисперсную систему в городском воздухе, называемую смогом, дымкой, туманом, мглой. Основными источниками пыли являются процессы выветривания горных пород с последующим ветровым переносом мелких частиц минерального субстрата и почвы с распаханых полей, карьеров, насыпей. Собственно антропогенные аэрозоли составляют от 10 до 50 % содержания всех взвесей в атмосфере [2, с. 36]. Техногенная пыль образуется при работе транспорта и промышленных предприятий, сгорании топлива на ТЭС, обжиге цемента, лесных пожарах в бытовых печах и т. п. По химическому составу пыль состоит из различных минералов: силикатов, карбонатов, гипса, асбеста [3]. Это, как правило, природная составляющая пыли. Оксиды металлов – железа, марганца, кадмия, свинца, ванадия, мышьяка, молибдена сурьмы, селена и других тяжелых металлов, а также сажи – чаще являются техногенной составляющей пылевых фракций. Оксиды металлов образуют до 20% пылевых выбросов в атмосфере промышленного города [4, с. 17]. Они образуются при процессах, связанных со сжиганием топлива, содержащего металлы (главным образом уголь и нефть), металлообработке, работе транспорта.

Запыленный воздух уменьшает солнечную радиацию на 15% и на 10% увеличивает осадки в городе [4, с. 10]. Пыльная (твёрдая) фракция в общем объёме воздушного загрязнения городов



составляет примерно 10–11% [5, с. 8]. К сожалению, внимание к пылевой проблеме неоправданно снижено. Основные усилия обращены на контроль газовых выбросов. Анализ ежегодных «Докладов о состоянии окружающей природной среды в Саратовской области», подготавливаемых областным профильным комитетом, подтверждает сказанное [6–13]. В них, к примеру, в последние годы не даётся информация о запылённости воздуха на постах постоянного контроля. На недавно организованных городским муниципалитетом новых постах контроля пылевые выбросы не фиксируются. Между тем пыль по своей биотоксикологичности относится к третьему классу опасности. Пыль оказывает резорбтивное (всасывание в кровь и постепенное накопление в организме загрязняющих веществ) воздействие на организм, провоцирует развитие общетоксикологических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов [14]. Наиболее опасны пылевые частички величиной в несколько микрон и даже десятых долей микрона. Всемирная организация здравоохранения мельчайшую пыль (менее 50 микрон) обозначает индексом PM10. В этом случае пыль, подобно газу, проникает глубоко в легкие и вызывает различные заболевания: рак лёгких, сердечно-сосудистые заболевания, астму и др. Имеются факты о ведущей роли мелкой пыли в ускоренном старении организма и снижении иммунитета [15, 16]. Очень токсична пыль соединений свинца, цинка, меди, кадмия. Она становится особенно опасной, когда на её частицах адсорбируются токсические и радиоактивные вещества, патогенные микроорганизмы и вирусы. В органах дыхания задерживается от 40 до 80% пыли в зависимости от степени дисперсности. Чаще всего пыль, проникающая в лёгочные альвеолы, имеет размер от 0,1 до 10 микрон. Пыль раздражает кожу, органы зрения и слуха. Длительное дыхание в запыленном воздухе может привести к учащению заболеваний (в частности, органов дыхания), особенно у детей и подростков [1].

Отметим, что в отличие от выхлопных газов автотранспорта пыль висит в воздухе на небольшой высоте, то и дело оседает на почву и вновь поднимается ветром, поэтому это вредный фактор «многократного» действия. Из сказанного очевидно актуальность обсуждаемой в статье темы.

Проблемой общего загрязнения атмосферы городов в нашей стране занимались многие исследователи [17–20 и др.]. Из зарубежных авторов, изучавших процессы атмосферной диффузии, следует отметить О. Г. Сеттона [21]. Вопросы загрязнения воздуха рассматривались также в работах К. Уорка и С. Уорнера [22], Т. Сейнфельда (Seinfeld) и С. Пендиса (Pandis) [23], многих других авторов [24, 25]. В Саратове факторы загрязнения городского воздуха, условия возникновения неблагоприятных метеорологических обстановок изучали метеорологи и климатологи Саратовского государственного университета

[26, 27]. Проблема пылевого загрязнения воздуха в Саратове обсуждалась в статье И. Ю. Фролова, написанной по материалам снегомерной съёмки 1997 г. [28], однако полученные данные не были соотнесены с результатами пыленакопления листвой деревьев, тканями материалами и при непосредственном отборе воздуха на содержание пыли приборами-аспираторами. Минералогический состав пыли в воздушном бассейне Саратова рассмотрен З. А. Яночкиной и Т. Ф. Букиной [29].

### **Использованные источники и методы исследований**

При написании статьи авторы использовали разнообразный материал за ряд лет:

- опубликованные данные о состоянии воздушного бассейна на городских пунктах постоянного наблюдения (ПЗА) [6–13, 26, 27];
- научные отчёты и публикации о снегогеохимических съёмках за разные годы и десятилетия [30, 31];
- отчёты о загрязнённости городского воздуха, предоставленные сотрудниками мобильной экологической лаборатории СГУ (зав. лабораторией Н. А. Гусев);
- наблюдения разных лет за пыленакоплением на листве деревьев, тканых материалах [32];
- опубликованные сведения о метеорологической обстановке и опасных метеоявлениях в городе в разные сезоны года [6–13, 26, 31];
- данные об интенсивности транспортного потока на улицах Саратова за разные годы, полученные в лаборатории урбэкологии и регионального анализа географического факультета СГУ [33], другие опубликованные и фондовые материалы

### **Оценка пылевой нагрузки по данным прямых наблюдений на стационарных и передвижных постах**

Прежде рассмотрим уровень запыленности города на основании данных, полученных на постах постоянного круглогодичного наблюдения за загрязнением воздуха. В Саратове до недавнего времени было 6 постоянных постов наблюдения за загрязнением воздуха (ПНЗ). Конечно, это чрезвычайно мало для города со сложным, разновысотным и пересечённым рельефом, к тому же имеющим разнообразную функционально перемешанную, «чересполосную» застройку разной плотности, с разным сосредоточением промышленных предприятий и транспортных магистралей. С 2010 г. было организовано еще 4 поста. Это муниципальные ПНЗ-9, ПНЗ-10, ПНЗ-11 и ПНЗ-12. Новые посты расположены в районе Детского парка, 3-й городской клинической больницы, в крупном спальном микрорайоне «Солнечный» и



близ аэропорта. К сожалению, пылевую фракцию на указанных постах не фиксируют.

Охарактеризуем посты, где определяется пылевая нагрузка. Два первых поста расположены в южной промышленной части города в Заводском районе.

ПНЗ-1 размещён вблизи оживленной автомагистрали – Проспекта Энтузиастов, у края заброшенного испытательного аэродрома прекратившего существование авиационного завода. Данный пост – это бывшая метеостанция «Южная». Недалеко через дорогу находится промплощадка крупного действующего предприятия – подшипникового завода, а также довольно старой ТЭЦ – 1. Абсолютная высота площадки поста составляет 81 м. Она расположена на пролювиальном шлейфе в Центральной субкотловине Приволжской котловины и фиксирует транспортные и отчасти промышленные выбросы предприятий машиностроения и теплоэнергетики. На площадку возможен привнос пыли с оголенных склонов Лысогорского плато и навалов песка с речного порта в посёлке Юриш.

ПНЗ-2 также расположен в Заводском районе, можно сказать, в ядре промзоны – близ ТЭЦ-2 и нефтеперерабатывающего завода, а также неподалеку от химпредприятия ОАО «Нитрон». Абсолютная высота площадки поста равна 97 м. Она расположена также на пролювиальном шлейфе, но уже в Южной субкотловине Приволжской котловины. Пост фиксирует влияние выбросов крупных предприятий химии, нефтепереработки, теплоэнергетики в условиях котловинного рельефа и плохой проветриваемости.

ПНЗ-5 находится в Волжском районе на пересечении улиц Октябрьской и Московской с оживленным движением автотранспорта. Неподалёку расположены промплощадки ПО «Саратов – мебель» и фурнитурного завода. Абсолютная высота поста равна 50 м. Пост расположен на наклонной в сторону Волги и Глебучева оврага поверхности пролювиального шлейфа Северной субкотловины Приволжской котловины. Он отражает антропогенную ситуацию в плотной жилой застройке в исторической части города, создаваемую под воздействием автотранспорта в условиях плохой проветриваемости.

ПНЗ-6 и ПНЗ-7 размещены в Ленинском районе в северной части города. ПНЗ – 6 создан близ крупного стекольного производства – завода «Техстекло», на плоском водоразделе, между бассейнами малых рек Елшанка и 1-я Гусёлка. Его абсолютная высота 151 м. На посту фиксируют воздушное загрязнение в зоне выбросов крупного предприятия со сложной технологией, использующей как минеральное сырьё (кварцевый песок, соду, известняк, доломит), так и различные добавки, включая свинец. В данной зоне расположены жилая многоэтажная застройка, объекты соцназначения.

ПНЗ-7 оборудован на проспекте 50-летия Октября, в районе ОАО «Жиркомбинат». Его

абсолютная высота равна 132 м. Он расположен на вогнутой нижней части склона Лысогорского плато, переходящего в склон долины 1-й Гусёлки среди жилой среднеэтажной застройки. Пост фиксирует выбросы транспорта на оживленной автомагистрали, предприятий пищевой промышленности и точного машиностроения, а также воздействие железной дороги.

ПНЗ-8 находится в Кировском районе, в конце бульвара на ул. Астраханской и её пересечении с ул. Большой Горной, недалеко от Центрального колхозного рынка. Здесь находится одна из самых оживленных транспортных развязок в исторической части Саратова. Недалеко расположены предприятия «Саратоврезинотехника», «Лакокраска», мебельная фабрика. Абсолютная высота территории 68 м. Это поверхность пролювиального шлейфа Северной субкотловины – плотно застроенная, плохо проветриваемая, санитарно запущенная.

Наблюдения за загрязнением воздуха на постах проводятся по неполной программе в 07, 13, 19 часов местного времени за основными примесями: пылью, формальдегидом, сернистым газом, окисью углерода и двуокисью азота. Как видим, не фиксируется ночная ситуация. Правда, на всех постах отбираются пробы на специфические вредные примеси: на ПНЗ-1 фиксируется оксид азота, сероводород, хлорид водорода; на ПНЗ-2 – сероводород, аммиак, фенол, хлор; на ПНЗ-5 – фенол, хлор; на ПНЗ-6 – фенол, фторид водорода; на ПНЗ-7 – аммиак, хлор, хлорид водорода; на ПНЗ-8 – сероводород, фенол, фторид водорода, хлор, хлорид водорода [6–13].

### **Пылевая нагрузка на территорию Саратова по данным ПНЗ и замерам с передвижных лабораторий**

Согласно опубликованным материалам о концентрации пыли в воздушном бассейне Саратова с 1986 по 2012 г. [6–13] среднегодовое содержание пыли в воздухе города *не превышает* допустимые среднесуточные показатели (ПДКсс составляет 0,15 мг/м<sup>3</sup>). Исключением стали лишь 1986, 2001 и 2002 гг. (табл. 1). Более того, концентрация пыли в атмосфере Саратова по месяцам года также не превышает ПДКсс. Самые пыльные месяцы – апрель, май, август, в октябре концентрация пыли в основном соответствует среднесуточным значениям ПДК (табл. 2).

По материалам отчётов о запылённости городского воздуха, полученным на ПНЗ за 2004–2007 гг. [6–13]. Наиболее пыльными в 2004 г. оказались участки вокруг ПНЗ-6 (район завода «Техстекло» в Ленинском районе) и ПНЗ-1 (площадка вокруг бывшего авиазавода и завода подшипников). Максимальная разовая концентрация в 2,4 ПДК была зафиксирована в июле в районе расположения ПНЗ-1 в условиях облачной, жаркой, маловетреной погоды.



Таблица 1

## Среднегодовое содержание пыли в атмосфере по данным ПНЗ в г. Саратове за 1986–1996 гг. [26, с. 6–13]

Год	Пыль, мг/м <sup>3</sup>	Год	Пыль, мг/м <sup>3</sup>	Год	Пыль, мг/м <sup>3</sup>
1986	0.25	1996	0.04	2005	0.07
1987	0.09	1997	0.05	2006	0.06
1988	0.13	1998	0.07	2007	0.09
1989	0.11	1999	0.06	2008	0.08
1990	0.09	2000	0.10	2009	0.09
1991	0.13	<b>2001</b>	<b>0.21</b>	2010	0.08
1992	0.08	<b>2002</b>	<b>0.27</b>	2011	0.08
1993	0.05	2003	0.13	2012	0.06
1994	0.05	2004	0.13	ПДКсс	0.15

Таблица 2

## Концентрации пыли в атмосфере Саратова по месяцам года [26, с. 12]

Пыль	Месяц												ПДКс.с
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	0.15
	0.08	0.11	0.11	0.08	0.06	0.09	0.10	0.15	0.14	0.13	0.06	0.08	–

В 2005 г. значения среднемесячных концентраций пыли на ПНЗ-6 колебались от 0,5 до 1,7 ПДК. Однако максимально разовая концентрация в 2 ПДК была зафиксирована в апреле в районе ПНЗ-1 (Заводской район) при облачной, с низкой влажностью погоде и северо-западном ветре со стороны автомагистрали.

В 2006 г. наиболее запыленным был атмосферный воздух в зоне нахождения ПНЗ-1. Значения среднемесячных концентраций здесь колебались от 0,6 до 1,3 ПДК.

В 2007 г. среднемесячные концентрации пыли в тёплый период года в целом по городу составили от 0,6 до 1,1 ПДК. Наиболее запыленным был атмосферный воздух в зоне нахождения ПНЗ-1. Значения среднемесячных концентраций здесь колебались от 0,8 до 1,8 ПДК. Максимальная разовая концентрация в 2 ПДК была зафиксирована в мае в районе ПНЗ-2 (Заводской район) при ясной, с низкой влажностью погоде и слабым ветре со стороны автомагистрали.

Таковы официальные данные по взвешенным веществам в атмосфере, приводимые в «Докладах...» природоохранного комитета. Как видим, они вполне приемлемы в отношении пылевой нагрузки на город. Согласно указанным показателям среднесуточные ПДК пылевой нагрузки (именно они учитываются при оценке риска для здоровья горожан [32]) не вызывают беспокойства. Настораживает лишь ситуация в районе завода «Техстекло» и на проспекте Энтузиастов, близ бывшего авиазавода. Но, как известно, это две промышленные зоны с сосредоточением предприятий и активным движением автотранспорта. Между тем саратовцы хорошо знают: в летний период, в сентябре воздух в Саратове мутный от газа и пыли. Это особенно характерно для

городской котловины и участков, прилегающих к автомагистралям. Однако сильно запылённые участки в плотно застроенной исторической части города, территории, прилегающие к заводам стройматериалов в Заводском и Ленинском районах, в отчётах об экологической ситуации в Саратове не упомянуты. Между тем работы по анализу загрязнённости воздуха с помощью мобильной экологической лаборатории СГУ летом 2013 г. показали значительное превышение ПДК максимальной разовой по пыли практически на всей территории города, как в жилых кварталах, так и в промзонах, на автомагистралях, даже в зелёной зоне (табл. 3). Сотрудниками лаборатории было взято 26 проб на загрязнённость городского воздуха в разных типах застройки. Анализ воздуха на твёрдые аэрозоли в 23 случаях обнаружил выше максимально разовых ПДК от 3 до 20 раз, что значительно выше полученных 20 лет назад показателей запылённости на оживлённых улицах города (табл. 4).

Приведём данные по твёрдым взвешенным веществам в разных урболандшафтных районах и типах урболандшафтных участков, полученные в конце июня 2013 г.

Согласно полученным результатам, в Саратове почти во всех местах отбора проб воздуха на содержание пыли обнаружено превышение её концентрации относительно ПДК<sub>мр</sub> более чем в 2 раза. Интересно, что наибольшая концентрация взвешенных веществ выявлена в понижениях рельефа с очень плотным транспортным потоком: при слиянии ул. Шехурдина с просп. Строителей в Ленинском районе, в зоне транспортного коридора, включающего железную дорогу у разъезда Трофимовский и напряжённую автомагистраль Московское шоссе в Ленинском районе, пере-



Таблица 3

**Концентрации пыли в атмосферном воздухе Саратова в разных урбандолинах районах и типах урбандолинах участков (по данным мобильной экологической лаборатории СГУ, июнь 2013 г.)**

Тип урбандолина участка, характер рельефа	Взвешенные вещества, мг/м <sup>3</sup>	Превышение ПДК <sub>мр</sub>	Местоположение площадки воздухоотбора	Взвешенные вещества, мг/м <sup>3</sup>	Превышение ПДК <sub>мр</sub>
<b>Южная субкотловина Приволжской котловины. Заводской район</b>					
Слабопологий склон к р. Назаровке. Среднеэтажная жилая застройка в СЗЗ з-да «Саратоворгсинтез» ул. Волгодонская, 2 (ПНЗ-2)	4,6	9,2	Пологий склон. Жилая низкоэтажная застройка. Пересечение ул. Тульской и Фруктового проезда	4,0	8,0
Пологий склон к Волге. Промзона Увекской нефтебазы и малоэтажная жилая застройка	4,6	9,2	Склон к долине Березиной речки у нефтеперерабатывающего завода. СЗЗ НПЗ, сады и автомагистраль	4,2	8,4
<b>Центральная субкотловина Приволжской котловины. Заводской район</b>					
Слабонаклонная к Волге поверхность. СЗЗ промпредприятий. Оживленная автомагистраль. Проспект Энтузиастов, 61 (ПНЗ-1)	3,1	6,2	Слабонаклонная терраса Волги. Промзона, ж/д, автомагистраль. Ул. Чернышевского у супермаркета «Реал»	2,4	4,8
Плоская поверхность со среднеэтажной жилой застройкой, промзоной, оживленными автомагистралями и ж/д. Пересечение проспекта Энтузиастов и ул. Барнаульской	2,3	4,6	Плоская слабонаклонная к Волге поверхность с промзоной, ж/д и оживленной автомагистралью. Мост у ТЭЦ-2 в Заводском районе	3,0	6,0
<b>Северная субкотловина Приволжской котловины. Октябрьский, Фрунзенский, Волжский, Кировский районы</b>					
Плоская поверхность со среднеэтажной и многоэтажной жилой застройкой, Детским парком, промплощадками и оживленными автомагистралями. Ул. Астраханская на пересечении с ул. Рабочей	1,9	3,8	Пологий склон Лысогорского массива. Многоэтажная жилая застройка. Оживленная автомагистраль. Район 1-й Дачной	3,2	6,4
Плоская поверхность с разноэтажной, в основном среднеэтажной, плотной жилой застройкой. Магазины, рынок, бульвар, оживленное транспортное кольцо. Ул. Астраханская, 150 (ПНЗ-8)	2,9	5,8	Покатая поверхность Соколовогорского массива, к левому (северному) борту Глебушева оврага. Средне- и многоэтажная жилая застройка. Оживленная автомагистраль. Пересечение ул. Навашина с ул. Танкистов	10,1	20,2
<b>Елшанская равнина. Ленинский район</b>					
Высокая терраса р. Елшанка под мало и среднеэтажной не плотной застройкой. Оживленная вылетная автомагистраль. Перекресток ул. Елшанской и Московского шоссе	1,9	3,8	Слабонаклонная поверхность со средне- и многоэтажной жилой застройкой, транспортным коридором и промзоной. Московское шоссе у Трофимовского моста через ж/д	9,7	19,4
Пологий склон к долине р. Елшанка Малоэтажная и дачная застройка. Пересечение ул. Маяковского и проспекта Дачный	1,1	2,2	–	–	–
<b>Гусельская равнина. Ленинский район, Волжский район</b>					
Слабонаклонная поверхность со средне- и многоэтажной застройкой, общественным центром, магазинами, базаром, промзоной и оживленным автотранспортным кольцом и ж/д в районе 3-й Дачной	3,4	6,8	Плоская поверхность со средне- и многоэтажной застройкой, промзоной, высокой насыпью железной дороги и очень оживленными автомагистралями и транспортное кольцо у НИИ на примыкании ул. Шехурдина к просп. Строителей	9,7	19,4



Окончание табл. 3

Тип урболодшафтного участка, характер рельефа	Взвешенные вещества, мг/м <sup>3</sup>	Превышение ПДК <sub>мр</sub>	Местоположение площадки воздухоотбора	Взвешенные вещества, мг/м <sup>3</sup>	Превышение ПДК <sub>мр</sub>
<b>Гусельская равнина. Ленинский район, Волжский район</b>					
Плоская поверхность с понижением к долине 2-й Гусёлки. Многоэтажная жилая неплотная застройка с промзоной, гаражным массивом и очень оживлённой автомагистралью. Пересечение ул. Тархова и пр. Строителей (кольцо троллейбуса № 10)	3,6	7,2	Развилка на новой дороге в пос. Молочка	3,9	7,8
Плоский водораздел между прр. Елшанкой и 2-й Гусёлкой со средне- и многоэтажной застройкой и промзоной. Ул. Ломоносова, 1, у завода «Техстекло» (ПНЗ-6)	2,8	5,6	Пологий и слабопокатый склон со среднеэтажной застройкой, бульваром, промзоной, оживлённой автомагистралью и ж/д. Проспект 50 лет Октября, 87 (ПНЗ-7)	3,0	6,0
Пологий склон к долине 2-й Гусёлки с многоэтажной жилой неплотной застройкой, оживлённой автомагистралью. Пересечение ул. Тархова и ул. Чехова в пос. Солнечный. Пересечение ул. Тархова и ул. Чехова	3,7	7,4	–	–	–

Таблица 4

**Концентрация пыли на основных магистралях г. Саратова по данным инструментальных замеров в 1993–1994 гг. [34, с. 53]**

Автомагистраль	Пыль, мг/м <sup>3</sup>	Превышение ПДК <sub>мр</sub>
Проспект Энтузиастов	0,84	1,68
Ул. Чернышевского	2,6	5,2
Ул. Соколова	0,92	1,85
Ул Астраханская	0,9	1,8
Ул. Чапаева	1,17	2,34
Ул. Большая Горная	1,12	2,24
Проспект Строителей	1,6	2,12

сечение двух переполненных автотранспортом улиц Навашина и Танкистов на покатом склоне Соколовогорского массива. Это свидетельствует о большой роли автотранспорта в создании аэрозольной взвеси из выхлопных газов, асфальтовой пыли и резиновых частиц при истирании дорожного полотна автошинами. Плотность транспортного потока, согласно натурным замерам на указанных улицах Саратова, в среднем в час пик достигает 3000 автомобилей в час. Ежегодное нарастание транспортной загруженности улиц Саратова всё более увеличивает загазованность и запылённость приземного слоя воздуха вдоль автомагистралей.

Инструментальные замеры количества пыли в воздухе на улицах Саратова в первой половине 1990-х гг. также свидетельствуют о превышении максимальных разовых значений ПДК (см. табл. 4), хотя и в меньшей кратности, чем в настоящее время.

Следует отметить, что объём выбросов в Саратове от стационарных источников и от авто-

транспорта в последние годы растёт [12–14]. Поэтому контроль пылевой нагрузки на воздушный бассейн города должен усиливаться, приобретать более целенаправленный и обеспеченный разнообразными данными характер. Что следует делать для решения данной проблемы? Прежде всего, необходимо, на наш взгляд, создать более плотную сеть мониторинга запылённости приземного воздуха Саратова. Площадки наблюдений следует организовывать, в первую очередь, в жилых зонах с разным типом застройки, во дворах дошкольных, учебных и медицинских учреждений. Основой для их планирования должны стать данные о плотности пылевых выпадений, полученных при снегогеохимических съёмках территории Саратова в разные годы, и материалы о выпадении аэрозолей на листву и тканые материалы.

Обратимся к результатам снегогеохимических съёмок территории Саратова, данным по пыленакоплению на тканевые (марлевые) материалы и сравним их с результатами, полученными на городских ПНЗ.



### Оценка пылевой нагрузки на воздушный бассейн г. Саратова по данным снегогеохимических съёмок и результатам наблюдения по осаждению пыли на тканые материалы и листву деревьев

Кроме методов непосредственного анализа химического состава атмосферного воздуха, существуют так называемые косвенные, «планшетные», методы изучения воздушного загрязнения. Планшетные методы позволяют фиксировать воздушные выпадения в депонирующей среде – снеге, почве, иле, мхе, на бумажном или тканом материале. Один из наиболее исследуемых планшетов-накопителей в России – снеговой покров [35]. В Саратове начиная с первой половины 90-х гг. прошлого века были проведены 4 снегохимических съёмки: в 1992, 1994, 1997 и 1999 гг. Наиболее масштабные работы, как по площади исследованной территории, так и по количеству отобранных для химического анализа снежных проб, были выполнены в 1994 г. и 1997 г. [36, 37].

Снегогеохимические съёмки в городе проводились с разной степенью покрытия точками опробования. Например, в 1994 г. работы велись с плотностью снегоотбора одна точка на 800 м<sup>2</sup>. Позднее мониторинговые наблюдения за состоянием снегового покрова выполнялись по более разреженной сети, уплотняясь на так называемых полигонах мониторинга [36]. Как известно, снег, являясь своеобразным природным планшетом-накопителем выпадений из атмосферы, аккумулирует загрязнители в течение зимнего периода. Поэтому оседающие на снегу твёрдые частицы остаются на фильтре при фильтрации снеговой воды в виде нерастворимого осадка. Осадок взвешивается, определяются его химический состав, масса и скорость выпадения на единицу площади и в единицу времени. Накопление соединений тяжёлых металлов и частиц минеральной пыли в снеговом покрове за зимний период (примерно 120 дней) составляет около 10–30% от годовой суммы. При этом снег аккумулирует как вымываемые осадки, так и седиментационно осаждаемые пылевые выбросы, причём нередко принесённые ветром с других территорий [38]. Поэтому анализ массы и химического содержания твёрдой фракции в снеговой воде обнаружил, как и ожидалось, наличие двух типов пыли, различающихся по своему происхождению и химическому составу. Первый тип преобладал по весу и представлял собой мелкие частицы минеральных веществ – главным образом кварцевые, монтмориллонитовые, гипсовые пылинки. Характерно, что снег оказался более загрязнен минеральной пылью на урболандшафтных участках, прилегающих к окраинам города. Частые оттепели в холодный период приводят к возникновению проталин и рассеиванию сильными ветрами верхнего пахотного слоя с выпуклых поверхностей и переносу его на обширные прилегающие территории, еще

покрытые снегом. При последующих снегопадах происходит захоронение выпавшей минеральной пыли и образование прослоев снега, состоящего из загрязнённых и чистых слоёв. Поэтому на северных, северо-западных городских окраинах в Ленинском районе в пределах Елшано-Гусельской равнины, южнее и юго-западнее в Южной субкотловине выпадение пыли достигает 350–460 г/м<sup>2</sup>. Повышенная загрязнённость снега наблюдается и в местах, прилегающих к уступам Лысогорского плато и Соколовой горе. Ветровой перенос песчаного материала с Соколовой горы, например, в районе Затона образует пылевой осадок более 200 г/м<sup>2</sup> [28]. Указанные факты свидетельствуют о ведущей роли ветра в перемещении огромных масс тонкого минерального субстрата с пашни и обнажений горных пород в атмосферу в пределы городской территории. Не следует забывать и о непокрытой снегом и незадернованной поверхности газонов, бульваров, садов, жилых дворов, промышленных площадок и т. д., где также происходит выдувание мелкодисперсного и его перемещение вдоль улиц на другие городские участки в дни с сильным ветром. Подчеркнем, что речь идёт о перевевании частиц почвы с места на место. Что касается собственно техногенного пылевого загрязнения городской территории, то оно по своим масштабам уступает загрязнению ветровым переносом. Согласно данным снегомерных съёмок 1994 г. и 1997 г., наиболее значительными по плотности выпадения твёрдых аэрозолей и площади загрязнения оказались четыре геохимические аномалии, приуроченные к промзонам: район ВСО – завод «Техстекло» – завод СЭПО в Ленинском районе на Елшано-Гусельской равнине в СЗЗ промпредприятий и зоне транспортного коридора. Площадь аномалии около 8 км<sup>2</sup>. Плотность пылевого выпадения 55–134 г/м<sup>2</sup> за 120 суток существования снегового покрова до дня отбора снеговой пробы или 0.45–1.12 г/м<sup>2</sup>·сутки; район СарГРЭС вдоль Волги в Северной субкотловине в Волжском районе. Площадь аномалии более 6 км<sup>2</sup>, плотность выпадения 86 г/м<sup>2</sup>/ за 120 сут. или 0.71 г/м<sup>2</sup>·сут; район железнодорожного депо и асфальтобетонного завода в Центральной субкотловине в Заводском районе. Площадь геохимической аномалии более 1 км<sup>2</sup>, а плотность выпадений достигает 77 г/м<sup>2</sup> за 120 сут или 0.64 г/м<sup>2</sup>·сут; участки вокруг заводов «Автономных источников тока» и бывшего авиационного завода. Общая площадь аэрозольного загрязнения чуть более 1 км<sup>2</sup> при плотности пылевых выпадений до 30–37 г/м<sup>2</sup> за 120 сут или 0.25–0.30 г/м<sup>2</sup>·сут.

Аэрозольное техногенное загрязнение снега также выявилось на склонах Лысогорского плато в районе пос. Нижняя Стрелковка, у подшипникового завода, во всей исторической части города, близ ПО «Тантал», завода «Электроисточник», в районе Елшанского промузла стройиндустрии, у НПЗ «Крекинг», ПО «Нитрон» и т. д. Снег был загрязнён свинцом, кадмием, медью, кобальтом,



никелем, хромом, сурьмой, марганцем, ванадием, некоторыми другими тяжёлыми металлами [36, 37].

Кроме результатов по оценке пылеосаждения на снегу, рассмотрим данные о пылевой нагрузке в тёплый сезон года на марлевую поверхность пло-

щадью в  $1\text{ м}^2$  и листву деревьев. Методика оценки пылевой нагрузки на тканые материалы и листву рассмотрена в работах воронежских и саратовских градоэкологов [32, 39]. Она была использована для оценки пылеосаждения на разных городских площадках в летний период (табл. 5).

Таблица 5

**Пылевая нагрузка в разные деponирующие среды в различных типах городской застройки Саратова (по данным лаборатории урбоэкологии и регионального анализа географического факультета СГУ)**

Тип городской застройки	Среднее количество пыли, осевшей на $1\text{ м}^2$ тканого материала г/сут и $\text{км}^2/\text{год}$ (по данным полевых наблюдений в июле 2013 г.)	Среднее количество пыли, осевшей на $1\text{ м}^2$ листовой поверхности вяза шершавого г/сут. и $\text{км}^2/\text{год}$ (по данным полевых наблюдений летом 2010–2011 гг. [40])	Среднее количество пыли, осевшей в снеговой покров на $1\text{ км}^2$ (нерастворимая форма) (по данным полевых наблюдений в марте 1994 г. и 1997 г. [36, 37])
Участок, прилегающий к территории завода «Технического стекла». Ленинский район г. Саратова, недалеко от ПЗА-6	0,16 г/ $\text{м}^2$ сут 160 кг/ $\text{км}^2$ сут	Нет данных	0,71 г/ $\text{м}^2$ сут 712 кг/ $\text{км}^2$ сут
Перекрёсток ул. Университетская и ул. Московская. Жилая многоэтажная застройка в районе железнодорожного вокзала	0,18 г/ $\text{м}^2$ сут 180 кг/ $\text{км}^2$ сут	0,12 г/ $\text{м}^2$ сут 120 кг/ $\text{км}^2$ сут	0,63 г/ $\text{м}^2$ сут 630 кг/ $\text{км}^2$ сут
Центр города. Общественная застройка близ Крытого рынка	0,14 г/ $\text{м}^2$ сут 140 кг/ $\text{км}^2$ сут	Нет данных	0,52 г/ $\text{м}^2$ сут 520 кг/ $\text{км}^2$ сут
Городской парк отдыха	0,06 г/ $\text{м}^2$ сут 60 кг/ $\text{км}^2$ сут	Нет данных	0,46 г/ $\text{м}^2$ сут 460 кг/ $\text{км}^2$ сут
Окрестность села Усть-Курдюм Саратовского района	0,04 г/ $\text{м}^2$ сут 40 кг/ $\text{км}^2$ сут	Нет данных	0,40 г/ $\text{м}^2$ сут 400 кг/ $\text{км}^2$ сут

Сопоставив полученные величины с результатами снегомерной съёмки, можно убедиться, что данные по нерастворимому осадку в снеге в 4 – 10 раз превосходят показатели пылевых осадков на марлю или листву деревьев. На наш взгляд, это свидетельствует о более полной фиксации твёрдых аэрозолей в снеговой толще, нежели на тканом материале или древесной листве, с которых происходит её выдувание. Если считать снег лучшим индикатором пылевых выпадений и исходить из величины пыленакпления в снеге, то *в сутки в Саратове на один квадратный километр территории выпадает в среднем около 0,5 т пыли* – и это в холодный, наименее пыльный сезон года! Если принять, что площадь города равна  $320\text{ км}^2$ , то в пределах городской черты Саратова в год выпадает из атмосферы приблизительно 58,4 тыс. т пыли в год, причём на застроенную его часть – примерно треть этой величины. Подчеркнём, речь идёт лишь об аэрозольных техногенных выпадениях, полученных путём расчёта по данным холодного сезона года. В действительности объём пыли, осаждаемой из атмосферы на городскую территорию, по меньшей мере, в 2 раза больше, т. е. приблизительно составил 1,0 т *в сутки на один квадратный километр или в среднем 365 т в год*. Между тем установлено, что болезни органов дыхания проявляются при выпадении пыли более 219 т/г. на  $1\text{ км}^2$  [41].

Ещё раз подчеркнём, что данные подсчёты приблизительны, но они, хотя и грубо, но позволяют понять и оценить масштаб реального природно-техногенного процесса перемещения громадного объёма пыли в городе. С одной стороны, это обусловлено природными факторами: положением Саратова в степной засушливой зоне, большой площадью окружающих город распаханых пространств, слабым задернением земной поверхности, особенно до начала и после окончания вегетации растительности в апреле и октябре, значительным перепадом относительных высот на территории города, когда с выпуклых приподнятых голых поверхностей сдувается мелкозём. С другой стороны, высокую естественную запыленность города обуславливают некачественное мощение городских улиц, низкие бордюры дорожного покрытия, отсутствие ливневой канализации, плохая уборка территории от пыли или вовсе её отсутствие, слабое озеленение городской территории, плохое состояние грунтов на газонах, бульварах, в парках, часто разбитых колёсами автомашин, вытопанных людьми.

### Выводы

Пыль в воздушном бассейне города представляет наиболее опасный компонент загрязнения



атмосферы. Пылевой фактор риска для здоровья сегодня недооценен гигиенистами и градоэкологами.

Саратов – пыльный город. По данным прямых и косвенных наблюдений за воздушным бассейном города, средняя пылевая нагрузка на один километр городской территории составляет не менее 1 т в сутки или 365 т в год. Уровень пылевой нагрузки в Саратове выше безопасной для здоровья горожан примерно в 1.6 раза.

Необходимо увеличить число пунктов постоянного контроля за запылённостью городской атмосферы и ежегодно публиковать данные о запылённости атмосферы г. Саратова, особенно пылью РМ10, в открытой печати.

*Публикация осуществлена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» (грант «Волжская панорама» № 06/2013 Н1).*

#### Библиографический список

1. Энциклопедия безопасности. URL : <http://survincy.ru/2012/01/ru>. (дата обращения: 02.01.2014).
2. Фетт В. Атмосферная пыль : пер. с нем.. М., 1981.
3. Глазовский Н. Ф., Учватов В. П. Химический состав пыли некоторых районов ЕТС. Пушкино, 1981.
4. Экология и проблемы большого города : реферат. сб. М., 1992.
5. Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха. Л., 1989.
6. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2004 году». Саратов, 2005.
7. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2005 году». Саратов, 2006.
8. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2006 году». Саратов, 2007.
9. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2008 году». Саратов, 2009.
10. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2009 году». Саратов, 2010.
11. Доклад об экологической ситуации в Саратовской области в 2010 году. Саратов, 2011.
12. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2011 году. Саратов, 2012.
13. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2012 году». Саратов, 2013.
14. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1983-05. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнение № 2 к ГН 2.1.6.1338-03. URL : <http://www.profrade.ru/normativ>.
15. Войтенко В. П., Козловская С. Г. Современные проблемы геронтологии и гериатрии. М., 1988.
16. Трацилова А. В. Оценка риска смертности населения от мелкодисперсных взвешенных частиц, выбрасываемых в атмосферу промышленными предприятиями : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Волгоград, 1999.
17. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Л., 1985.
18. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л., 1986.
19. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. Л., 1984.
20. Сонькин Л. Р. Некоторые возможности прогноза содержания примесей в городском воздухе // Тр. ГГО. 1971. Вып. 254.
21. Сеттон О. Г. Микроклиматология. Л., 1958.
22. Уорк К., Уорнер С. Загрязнение воздуха : источники и контролю. М., 1980.
23. Seinfeld T. H., Pandis S. N. Atmospheric chemistry and physics : from air pollution to climate change. Oxford, 1997.
24. Urban air pollution – European aspects / eds. J. Fenger, O. Hertel, F. Palmgren – Kluwer Acad. Publ., 1998.
25. Лейн Х. В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы : пер. с англ. / под ред. Н. А. Фукса. Изд. 2-е. Л., 1972.
26. Метеорологические аспекты загрязнения воздуха в Саратове / С. Н. Лапина, Е. А. Полянская, Г. А. Пужлякова [и др.] / под ред. Е. А. Полянской. Саратов, 1998.
27. Экология атмосферы крупного промышленного центра в условиях сложного рельефа / Л. М. Фетисова, Г. А. Пужлякова, Е. А. Полянская [и др.]. Саратов, 2004.
28. Фролов И. Ю. Пылевое загрязнение территории г. Саратова по результатам снегомерной съёмки 1997 года // Проблемы геоэкологии Саратова и области. Саратов, 1998. Вып. 2.
29. Яночкина З. А., Букина Т. Ф. Опыт минералогических исследований техногенных загрязнителей снежного покрова урбанизированных территорий // Проблемы геоэкологии Саратова и области. Саратов, 1998. Вып. 2.
30. Саратов : комплексный геоэкологический анализ / С. А. Артемьев, В. Н. Ерёмин, А. В. Иванов [и др.] ; под ред. А. В. Иванова. Саратов, 2003.
31. Климат Саратова / под ред. Ц. А. Швер. Л., 1987.
32. Акимов Л. М., Прожорина В. В., Сиваченко В. В. Использование сетчатых материалов в экспресс-анализе экологической ситуации г. Воронежа в холодный период // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. 2010. № 2.
33. Макаров В. З. Ландшафтно-экологический анализ крупного промышленного города / под ред. Ю. П. Селивёрстова. Саратов, 2011.
34. Отчёт о научно-исследовательской работе по теме «Изучение загрязнения воздушного бассейна г. Саратова». Саратов, 1994.
35. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л., 1985.
36. Макаров В. З., Молоствовский Э. А., Новаковский Б. А., Суровцева О. В., Чумаченко А. Н. Структура и динамика техногенных геохимических полей на территории Саратова // Изв. Сарат. ун-та. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2009. Т. 9, вып. 2.
37. Проведение снегомерной съёмки и опробование снежного покрова территории г. Саратова : Отчёт по теме НИР / Макаров В. З., Пролёткин И. В., Чумаченко А. Н. [и др.]. Саратов, 1994.
38. Елпатьевский П. В. Химический состав снеговых вод и его изменение техногенным фактором // Геохимия



зоны гипергенеза и техническая деятельность человека. Владивосток, 1976.

39. Решетников М. В., Гейджер Д. Ф., Лазарева В. Ф., Шешнёв А. С. Эколого-геохимические исследования почв и оценка запылённости на территории г. Вольска (в зоне влияния ОАО «Вольскцемент») // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2011, Т. 11, вып. 1.

40. Гусев В. А., Пичугина Н. В. Пылезадерживающая способность зелёных насаждений в условиях загрязнения

воздушного бассейна г. Саратова // Актуальные проблемы землеустройства и кадастров. На современном этапе : материалы междунар. научн.-практ. конф., 12–13 дек., г. Пенза. Пенза, 2013.

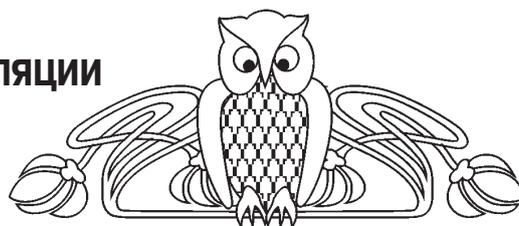
41. Кузьмин С. В., Воронин С. А., Селезнева Е. А. Оптимизация мониторинга взвешенных веществ с учетом тонкодисперсных фракций для оценки здоровья населения // Материалы X Всерос. съезда гигиенистов и санитарных врачей : в 3 кн. Кн. 2. М., 2007.

УДК 551.589

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ НА ГЛОБАЛЬНЫЙ КЛИМАТ

С. В. Морозова

Саратовский государственный университет  
E-mail: swetw@yandex.ru



В настоящей статье рассматривается влияние планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) на изменчивость глобального климата. Выявлена динамика ПВФЗ в различные естественные климатические периоды состояния земной климатической системы и оценена их статистическая значимость.

**Ключевые слова:** глобальный климат, планетарная высотная фронтальная зона, климатические изменения.

### Research of Influence of the General Circulation of the Atmosphere on Global Climate

S. V. Morozova

In the present article influence of a planetary high-rise frontal zone on variability of global climate is considered. It is revealed the high-rise frontal zone loudspeaker during various natural climatic periods of a condition of the Earth's climate system and their statistical importance is estimated.

**Key words:** global climate, planetary high-rise frontal zone, climatic changes.

Проблема глобальных и региональных изменений современного климата в настоящее время стоит как никогда остро, поскольку их последствия становятся всё более тяжёлыми для экономики и трагичными для населения. Одним из факторов, влияющих на климат и его изменение, считается общая циркуляция атмосферы (ОЦА), причём, по мнению многих учёных, именно ОЦА формирует мезомасштабную изменчивость (на уровне регионов), а в глобальном плане первостепенная роль отводится астрономическим, геофизическим, а также антропогенным факторам.

В настоящей статье поставлена задача рассмотреть влияние общей циркуляции атмосферы на глобальный климат. Для оценки этого влияния исследовался такой структурный элемент ОЦА, как планетарная высотная фронтальная зона (ПВФЗ). Этот объект циркуляции разделяет око-

лополярные холодные области с отрицательными аномалиями среднеполюсшарной температуры от более южных районов с положительными аномалиями. Так, если осевая изогипса в масштабах полушария сместится к югу, то возрастёт площадь, ограничиваемая ею, а следовательно, расширится область отрицательных аномалий температур. При уменьшении площади ПВФЗ области положительных аномалий температур продвигаются к северу. Расширение и сужение областей положительных и отрицательных аномалий температур в масштабах полушария могут отразиться на глобальной температуре.

Известно, что для планетарной высотной фронтальной зоны характерно квазипостоянство площади для каждого месяца (сезона) года [1,2]. В свою очередь, площадь ПВФЗ определяется внутри сезонной изогипсы, также имеющей своё конкретное значение в каждом месяце или естественном синоптическом сезоне. В монографии [3] опубликованы данные о площади ПВФЗ для каждого месяца с 1949 по 2010 г. Среднегодовые значения площадей ПВФЗ с 1949 по 2010 г. рассчитаны по этим данным.

Климатические изменения наилучшим образом проявляются в изменениях среднегодовой температуры воздуха. Так, согласно многочисленным публикациям в состоянии земной климатической системы (ЗКС) в последние 120 лет выделяются три естественных климатических периода: первая волна глобального потепления, наблюдавшаяся с конца XIX в. по середину сороковых годов XX в., период стабилизации в 50–60-е гг. XX в. и вторая волна глобального потепления, начавшаяся с середины 70-х гг. прошлого века и продолжающаяся в настоящее время с существенным замедлением темпа. Причём такие изменения средней глобальной температуры характерны и для Северного, и для Южного полушарий, и для земного шара в целом [4, 5].