



3. Дробышев А. Д., Пермяков Ю. А. Ветровая энергия и ее возможный вклад в ресурсосбережение и экологию Прикамья. Пермь, 1997. 122 с.
4. Заварина М. В. Расчетные скорости ветра на высотах нижнего слоя атмосферы. Л., 1971. 162 с.
5. Переведенцев Ю. П., Николаев А. А. Климатические ресурсы солнечной радиации и ветра на территории Среднего Поволжья и возможности их использования в энергетике. Казань, 2002. 122 с.
6. Пермяков Ю. А., Булычева О. А. О некоторых аспектах составления ветрового кадастра Прикамья : межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1992. С. 50–56.
7. Подтягин М. Е. Кривые распределения ветров // Энергетические ресурсы СССР : в 3 т. М., 1938. Т. 2. С. 339–346.
8. Борисенко М. М., Гобарова Е. О., Жильцова Е. Л. Оценка ветроэнергетических ресурсов на территории России // Тр. ГГО. 2008. Вып. 557. С. 53–66.
9. Борисенко М. М., Гобарова Е. О., Жильцова Е. Л. Исследование климатических ресурсов энергии ветра в нижнем 200-метровом слое атмосферы над территорией Ленинградской области // Тр. ГГО. 2010. Вып. 561. С. 104–114.
10. Ляхтер В. М. Ветровые электростанции большой мощности : обзорная информация // Энергетика и электрофикация. 1987. № 1. С. 31–72.
11. Шефтер Я. И. Использование энергии ветра. М., 1975. 177 с.
12. Adell L., Zubiaur R., Martin F., Perrando F., Moreno P., Varona L., Pontofa A. Development of a methodology for the estimation of wind energy resources in relatively large areas // Sol. Energy. 1987. Vol. 38, № 4. P. 281–295.
13. Baker R. W., Henson E. W. Wind power potential in the Pacific Northwest // J. Appl. Meteorol. 1978. Vol. 17, № 12. P. 1814–1826.
14. Drugan L. M., Goldrelch Y., Maximob Z. Wind energy

- survey in the Neger (Israel) // Appl. Geogr. 1986. Vol. 6, № 3. P. 241–254.
15. Essenwanger O. Probleme der Windstatistik // Meteorologische Rundschau, 1959. 2 März–Apr.
16. Golding E. W., Harris R. I. The generation of electricity by wind power. N. Y., 1977. 332 p.
17. Проведение изыскательских работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок : метод. указания : руководящий документ. М., 1991. 57 с.
18. Рекомендации по определению климатических характеристик ветроэнергетических ресурсов. Л., 1989. 80 с.
19. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / под ред. д-ра геогр. наук, проф. Н. В. Кобышевой. СПб., 2008. 336 с.
20. Рыхлов А. Б. Климато-информационная модель режима скоростей ветра на высотах приземного слоя атмосферы над ЕЧР для решения ветроэнергетических задач // Экология : синтез естественно-научного, технического и гуманитарного знания : всерос. науч.-практ. конф. Саратов, 2010. С. 402–404.
21. Рыхлов А. Б. Разработка принципов совмещения и обобщения законов распределения скоростей ветра на ЮВ ЕТР // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. 2010. Т. 10. Сер. Науки о Земле, вып. 2. С. 37–44.
22. Рыхлов А. Б. Закономерности изменения средней скорости ветра с высотой в приземном слое атмосферы на ЮВ ЕТР для решения задач ветроэнергетики // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. 2010. Т. 10. Сер. Науки о Земле, вып. 2. С. 37–44.
23. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Л., 1988. Сер. 3. Вып. 12–13.
24. Справочник по климату СССР : в 5 ч. Ч. 3. Л., 1967. Вып. 12–13.
25. Милевский В. Ю. Методика исследования скоростных роз и скоростных роз диаграмм ветра // Тр. ГГО. 1960. Вып. 113. С. 57–70.

УДК [502.3:631.416.8] (470.44 – 25)

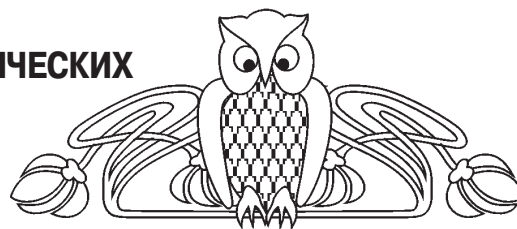
## ДИНАМИКА ТЕХНОГЕННЫХ СНЕГОГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ НА ТЕРРИТОРИИ г. САРАТОВА ЗА 1992–2010 годы

В. З. Макаров, М. В. Решетников<sup>1</sup>,  
О. В. Суровцева, А. Н. Чумаченко<sup>1</sup>

Саратовский государственный университет  
E-mail: geogr@sgu.ru, rmv85@list.ru, chumach1313@rambler.ru

В статье рассмотрены результаты снегогеохимической съёмки территории г. Саратова в 1992, 1994, 1997 гг. и в начале 2000-х гг., выполненной сотрудниками географического и геологического факультетов СГУ. Выявлено существенное уменьшение площади загрязнения снежного покрова выбросами промпредприятий в начале 2000-х гг. по сравнению с 90 годами прошлого века. Обнаружено резкое возрастание загрязнения снега вдоль транспортных магистралей и вокруг крупных действующих предприятий.

**Ключевые слова:** техногенные геохимические аномалии, снегогеохимическая съёмка, г. Саратов, геохимический мониторинг городской территории.



### Dynamic of Snow-Geochemical Anomalies in the Saratov City Territory (over a Period of 1992–2010)

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

The article shows results of snow-geochemical survey in Saratov city territory in 1992, 1994, 1997 and at the beginning of 2000<sup>th</sup>, that was made by the staff of geographical and geological faculties of Saratov State University. The research revealed essential area decrease of snow cover pollution of industrial emission at the beginning of 2000<sup>th</sup> as compared with 1990<sup>th</sup>. Abrupt snow pollution increase along the transport mains and around the large working enterprises.

**Key words:** anthropogenic geochemical anomalies, snow-geochemical survey, Saratov, geochemical monitoring of urban territory.



## Постановка проблемы

В современной градозоологии ландшафтно-геохимические исследования составляют одну из главных составляющих при комплексном изучении геоэкологической обстановки в крупном промышленном городе. Данные исследования в лабораториях географического факультета СГУ выполняются в рамках концепции урбогенеза, рассмотренной в работах В. З. Макарова с соавт. [1, 2].

Исследование урбогенеза как процесса и результата качественного изменения природных геосистем и превращения их в урбогеосистемы предполагает изучение техногенных ореолов рассеивания технофильных элементов, в частности тяжелых металлов в разных средах: приземном слое воздуха, воде, почвах и грунтах, растениях и снеге.

Снег, как планшет-накопитель выпадений из атмосферы, является своеобразным индикатором загрязненности воздушного бассейна города в холодный период.

Выполненные на территории Саратова неоднократные снегогеохимические съемки подтвердили высокий уровень техногенной концентрации химических элементов, превращающий городскую территорию в единый геохимический ореол рассеяния.

Вместе с тем обнаружилась довольно стабильная локализация снегогеохимических аномалий в разных административных районах и урбандшафтных местностях городской территории.

Данная статья посвящена анализу изменения местоположения снегогеохимических аномалий по разным химическим элементам и их сумме за последние 18 лет.

## Фактический материал

Анализ динамики снегогеохимических техногенных аномалий основан на результатах снегогеохимических съемок, выполненных в 1992, 1994 гг. в лаборатории урбоэкологии и регионального анализа СГУ под руководством В. З. Макарова [3–5], и результатах работ 1997 г., осуществленных сотрудниками лаборатории геоэкологии СГУ под руководством Э. А. Молоствовского [6, 7]. Эти исследования проводились в рамках городской программы ЭМ<sub>о</sub>С, в которой участвовали авторы данной статьи. Снегогеохимические результаты 90-х гг. прошлого века стали первым фактологическим компонентом выполненного анализа. Второй компонент – итоги снегогеохимических съемок в начале 2000-х гг., полученные сотрудниками лаборатории геоэкологии и студентами геологического факультета СГУ. Работы осуществлялись под руководством Э. А. Молоствовского и М. В. Решетникова в 2005, 2006, 2008, 2009, 2010 гг. [8–12]. Сравнительный анализ выявленных снегогеохимических аномалий и их локализаций, составляет, как уже отмечалось, главное содержание данного сообщения.

## Результаты и их обсуждение

### 1. Анализ снегогеохимических съемок территории г. Саратова, выполненных в 90-е гг. прошлого столетия.

Три снеговые съемки и лишеноиндикационные исследования территории Саратова в 1992, 1994 и 1997 гг. показали (с небольшими вариациями, обусловленными климатическими особенностями конкретного года и значительным спадом промышленного производства) следующее:

1) вся территория Саратова, независимо от функционального использования отдельных его участков, представляет собой обширное техногенное геохимическое поле, в целом с повышенной, высокой и очень высокой (по отношению к сельской местности) концентрацией тяжелых металлов в снеге.

2) локализация аномалий тяжелых металлов в снеге в пределах городской застройки в общем стабильна, хотя может территориально «плавать» и меняться в размерах;

3) по результатам первой геохимической съемки снегового покрова обнаружены факты наиболее высокого техногенного давления на единицу площади и в расчете на одного человека в Северной субкотловине (Фрунзенский, Октябрьский, Кировский, Волжский районы старого города).

*Плотность техногенных выпадений в старом городе выше, чем в промышленных зонах, причем данное обстоятельство характерно и для нерастворимых, и для растворимых форм тяжелых металлов. Это свидетельствует о динамичных процессах перераспределения загрязняющих веществ в атмосфере от промышленных районов в центральные.* В наиболее опасном положении оказались Фрунзенский и Октябрьский районы, а также часть Кировского района, расположенные в наименее проветриваемой и плотно застроенной Северной субкотловине. В процессе последующих исследований снегового покрова в 1994 и 1997 гг. указанная ситуация подтвердилась;

4) на втором месте по уровню загрязнения снега тяжелыми металлами оказалась Центральная субкотловина, включающая промышленный узел металлообрабатывающих предприятий, аккумуляторного производства, предприятий деревообработки, ТЭЦ, расположенных на севере Заводского района.

В 1992 г., когда спад производства не был столь ощутимым, как в конце 90-х гг., в пределах городской застройки были выявлены аномальные участки загрязнения снега тяжелыми металлами, которые можно отнести к зонам экологического риска. Укажем эти участки.

В пределах *Заводского района* обнаружено пять наиболее «грязных» участков общей площадью в 41,5 км<sup>2</sup> (45% общей площади района).

Первый участок расположен к северо-западу от пос. Юриш и охватывает территорию между



берегом Волги и железной дорогой. Это территория Центральной субкотловины, насыщенная крупными предприятиями. В зону экологического риска на данном участке попадают пос. Юриш и разноэтажная застройка вокруг пл. Орджоникидзе.

Второй участок обнаружен в районе с. Березина Речка, в долине одноименной реки.

Третий участок составляет более половины загрязненной площади (23,5 км<sup>2</sup>). Он включает жилые массивы поселков Нового Южного, Аварийного, Увека Нового, Нефтяного. Территория геохимической аномалии лежит в Южной субкотловине и попадает в зоны выбросов ТЭЦ-2, завода «Крекинг», ПО «Нитрон» и других предприятий.

Четвертый участок охватывает территорию, прилегающую к промзоне Саратовского подшипникового завода.

Пятый участок расположен на территории центральной усадьбы бывшего совхоза «Овощной».

В пределах Северной субкотловины в центральных районах города обнаружены следующие зоны локализации геохимических аномалий в снеге.

В Октябрьском районе выявлен загрязненный участок в районе ЦПКИО и к югу от него с выходом к Волге.

В Волжском районе обнаружено два участка экологического риска. Первый участок отмечен на пересечении улиц Большой Горной и Радищева (на севере), улиц М. Горького и Киселева и улиц Чернышевского и Радищева (на западе), Набережная Космонавтов (на юге) и ул. Октябрьской (на востоке). Второй участок охватывает Соколовую гору, ограничиваясь с юго-запада ул. Соколовой.

В Кировском и Фрунзенском районах выявлен загрязненный участок, который протягивается от Детского парка, через промзону завода «Серп и молот», район железнодорожного вокзала, вверх по Соколовскому массиву до промзоны ПО «Корпус».

На Елшанско-Гусельской равнине обнаружен загрязненный участок в бассейне р. 1-й Гуселки в пос. Мирном (Кировского района).

Остальные 5 участков расположены в Ленинском районе.

Первый участок загрязнения обнаружен в поселке завода «Техстекло», пос. Ленинская слободка, жилых массивах, прилегающих к просп. Строителей, к железной дороге и уступу Лысогорского плато по направлению 4–6-я Дачные.

Второй участок охватывает пос. Северный и территорию от 3-го Дачного на севере до 2-го Дачного поселка на юге, включая и поселок Института зернового хозяйства Юго-Востока.

Третий участок охватывает территорию поселков Елшанка и Нефтяники.

Четвертый участок располагается на севере района вплоть до поселков 8-го Дачного и Большой Поливановки.

Пятый участок обнаружен от пос. Малой Поливановки до пос. 10-го Дачного.

Как видим, значительная часть Ленинского района (примерно 40%) имеет загрязненный солями тяжелых металлов снеговой покров. Таковы результаты геохимического опробования снега в 1992 г., когда промышленность еще интенсивно работала.

Последующие исследования снега в 1994 и 1997 гг. в целом подтвердили и дополнили выявленную в 1992 г. картину техногенного геохимического поля. Так, по данным исследований, в 1994 г. еще раз подтвердился факт максимальной аэротехногенной нагрузки водно-растворимыми формами тяжелых металлов в Северной и Центральной субкотловинах. Выявлен факт загрязнения снегового покрова лесопарковой зоны на Лысогорском плато. Обнаружены обширные аномальные геохимические поля в зоне действия ТЭЦ-5 на сельскохозяйственных землях бывшего совхоза «Ленинский путь», наконец, выявился барьерный эффект Лысогорского плато, на склонах и уступе которого выпадают пылевые выбросы промышленных предприятий Южной промзоны. Кроме того, обнаружено, **что катастрофически загрязнены территории вокруг заводов ОАО «Автономных источников тока» и АООТ «Электроисточник», а также ряда других предприятий.** В целом на основании снеговых съемок в городе выявлено **16 геохимических аномалий повышенных концентраций тяжелых металлов в снеге.** Загрязненной оказалась городская территория в 105 км<sup>2</sup>, или 30% общей площади города.

Анализ загрязнения снегового покрова по административным районам выявил следующее:

*Центральная и Южная субкотловины (Заводской район):* максимальную для города концентрацию анионов хлора;

*Елшанско-Гусельская равнина (Ленинский район):* максимальную концентрацию нитратов и фтора;

*Северная субкотловина, Гусельский подрайон (Кировский район):* максимальную концентрацию нитритов;

*Северная субкотловина (Октябрьский район):* максимальную концентрацию взвешенных веществ, по сумме калия и натрия, максимальное значение показателя кислотности – щелочности;

*Северная субкотловина (Фрунзенский район):* максимальную концентрацию кальция, железа, аммиака, уголекислоты и максимальное значение жесткости;

*Северная субкотловина, восточная часть Гусельской равнины (Волжский район):* максимальную концентрацию сульфат-иона.

Кроме того, в результате проведенных исследований были получены данные о распределении в пределах городской территории подвижных и нерастворимых форм ряда тяжелых металлов, являющихся наиболее токсичными загрязнителями окружающей среды и имеющих прямую корреляционную связь со всеми другими токсикантами.





Подвижные формы определялись для ртути, кадмия, мышьяка, хрома, свинца, никеля, кобальта и цинка.

Обнаружено, что *центральные районы города по концентрации целого ряда тяжелых металлов опережают промышленные районы, в частности это касается Октябрьского района – по свинцу, Кировского и Волжского районов – по хрому, Октябрьского района – по никелю и Фрунзенского района – по ртути.*

## 2. Анализ снегогеохимических анамалитов, обнаруженных во время снеговых съемок в начале 2000-х годов.

Оценка загрязнения снегового покрова в начале 2000-х гг. осуществлялось выборочно, в пределах так называемых модельных полигонов и на отдельных ключевых участках [9]. Результаты анализа структуры и площади загрязнений снежного покрова выполнены руководителем лаборатории геоэкологии геологического факультета СГУ М. В. Решетниковым совместно с сотрудни-

ками и студентами [10–12] и В. З. Макаровым с соавторами [12].

### Загрязненность снежного покрова соединениями анионной группы

**Водородный показатель (рН).** Водородный показатель талой воды снегового покрова измерялся при проведении всех снегомерных съемок. На территории полигона в отобранных пробах рН варьирует от 6,6 до 7,7 (2005/06 гг.), от 5,1 до 7 (2007/08 гг.) и от 6,3 до 8,1 (2008/09 гг.). Для фоновых проб характерен рН = 6,1 (2005/06 гг.), 6,3 (2007/08 гг.) и 6,2 (2008/09 гг.). При обследовании 1997 г. фоновое значение рН было на уровне 5,8 [5]. Сравнение результатов рН фоновых и городских проб свидетельствует о более щелочном характере снегового покрова на исследуемой территории, что подтверждает данные, полученные В. З. Макаровым в середине 90-х гг. XX века [1]. Из анализа графиков распределения рН разных лет можно сделать вывод о некотором увеличении значений водородного показателя в зимний период 2008/2009 гг. (рис. 1)

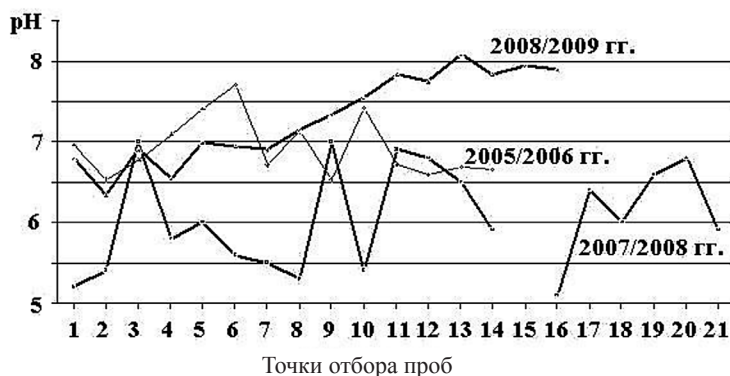


Рис. 1. График значений рН талой воды в точках отбора снеговых проб в разные годы исследования [11]

В 2010 г. водородный показатель варьировал в пределах от 5,8 до 7,1 единицы. Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 предельно допустимые значения водородного показателя могут изменяться от 6 до 9 единиц, что в общем указывает на соответствие талых вод нормативным требованиям.

**Азот аммония ( $\text{NH}_4^+$ )** (данные 2009 г.). Ионы аммония определялись только в зимний период 2007/08 гг. и были обнаружены во всех анализируемых пробах. Концентрация азота аммония колеблется от 0,01 до 3,61 мг/л и в среднем для исследуемого участка составляет 1,1 мг/л.

Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 предельно допустимая концентрация (ПДК) содержания азота аммония в водах рыбных хозяйств составляет 0,5 мг/л. Только в 6 из 20 проб значение ПДК не превышено (точки отбора 2, 6, 9, 14 и 19). Во всех остальных пробах зарегистрировано превышение ПДК от 1,2 до 7,2 раза. Наибольшая концентрация азота аммония зафиксирована во дворе жилого дома, расположенного на пере-

крестке ул. Кутякова и Б. Садовая. Большинство проб с повышенным содержанием азота аммония пространственно приурочено к железнодорожным путям ст. Саратов-I.

Важно отметить, что токсичность азота аммония возрастает с повышением рН среды, а по данным определения рН на исследуемой территории идет именно увеличение кислотно-щелочного потенциала.

### Нитраты ( $\text{NO}_3^-$ ) (данные 2010 г.)

Фоновое значение – 0,03 мг/л. Нитраты определялись в 26 пробах. На городской территории концентрация поллютанта варьирует в пределах 0,4–3 мг/л.

### Нитриты ( $\text{NO}_2^-$ ) данные 2006 и 2008 гг.

Нитриты определялись в два зимних сезона и были обнаружены практически во всех исследуемых пробах в концентрации от 0,06 до 0,44 мг/л (2005/2006 гг.) и от 0,1 до 0,7 мг/л (2007/08 гг.). Наблюдается рост содержания нитритов во всех исследуемых точках отбора. Наибольшая кон-

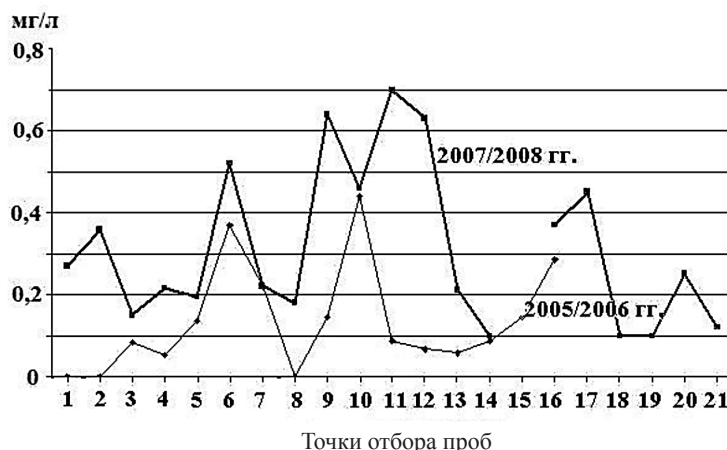


Рис. 2. График распределения ионов аммония в точках отбора снеговых проб в разные годы исследования [11]

центрация нитритов (по последним данным) зарегистрирована в точках отбора № 9 и № 12. Превышение над фоновыми значениями (0,03 мг/л) составляет от 2 до 23 раз, но ни в одной пробе не зафиксированы значения, превышающие ПДК (согласно СанПиН 2.1.4.1074-01, предельно допустимая концентрация содержания нитритов в водах рыбных хозяйств составляет 3,0 мг/л).

**Хлориды (Cl<sup>-</sup>)** (данные 2008, 2009 и 2010 гг.)

Концентрация хлоридов в исследуемых пробах изменяется в широком диапазоне от 3,5 до 177 мг/л (2007/08 гг.) и от 10,7 до 213 мг/л (2008/09 гг.). Фоновое значение составляет приблизительно 8,1 мг/л, соответственно наблюдается превышение над фоном в 22 (в 2007/08 гг.) и 26 раз (в 2008/09 гг.). Анализ результатов позволяет сделать вывод о возрастании концентрации хлоридов в пробах 2008/2009 гг. по сравнению с предыдущим годом отбора снеговых проб в 1,5–6 раз, достигая 30-кратного превышения в точке отбора № 1 (между корпусами 6 и 7 СГУ) и 46-кратного превышения в точке отбора № 4 на Привокзальной площади.

В 2010 г. фоновое значение составило 3,91 мг/л, при ПДК 300 мг/л. Соединения хлоридов определялись в 26 пробах. На городской территории концентрация элемента составляет 3,26–852 мг/л. По результатам съемки выявлено шесть точечных аномалий:

- в районе предприятия САКОЗА по ул. Орджоникидзе с  $K_c=217,9$  и превышением ПДК в 2,4 раза;

- на ул. Чернышевского у памятника защитникам саратовского неба, через дорогу – метизный завод с  $K_c=17,4$ ;

- на перекрестке ул. Пензенская и ул. Томская у забора завода САЗ с  $K_c=10,8$ ;

- в городском ПКЮ у выхода на ул. Чернышевского с  $K_c=8,1$ ;

- на пересечении ул. Чернышевского и Мельничного проезда у д. № 44 по ул. Чернышевского с  $K_c=6,4$  мг/л;

- на территории д/с № 22 по ул. Орджоникидзе, 11 с  $K_c=5,4$  мг/л.

**Сульфаты (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>)** (данные 2008, 2009 и 2010 гг.)

Сульфаты задокументированы в 18 пробах из 20, отобранных в зимний период 2007/08 гг. Их концентрация колеблется от 2,3 до 22,7 мг/л, при средних значениях 5,8 мг/л. В сезон 2008/09 гг. сульфаты были обнаружены во всех 16 отобранных пробах, их концентрация изменялась от 8,0 до 60,0 мг/л, при средних значениях 29,6 мг/л. Несомненно, отмечается существенный рост концентрации сульфатов во всех точках отбора снеговых проб 2008/09 гг. по сравнению с 2007/08 гг. (рис. 3). Наибольшая концентрация зафиксирована в пробах № 12 и № 16 в 2007/08 гг. и в пробах № 1, 5, 10 и 13 в 2008/09 гг.

Фоновое содержание сульфатов составляет 5,14 мг/л, соответственно максимальное превышение фона по сезонам – 4,4 (2007/08 гг.) и 11,6 (2008/09 гг.) раза. Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 предельно допустимая концентрация содержания сульфатов в водах рыбных хозяйств составляет 100 мг/л. Концентрация сульфатов на исследуемом полигоне не превышает установленных нормативных показателей.

Фоновое значение содержания сульфатов в 2010 г. немного увеличилось по сравнению с предыдущими годами и составило 6,38 мг/л. Сульфаты определялись в 26 пробах. На городской территории зафиксированы значения от 2,25 до 95 мг/л. По результатам опробования задокументированы две локальные аномалии:

- на пересечении набережной Космонавтов и ул. Октябрьская с  $K_c=16,5$  и превышением ПДК в 31,6 раза;

- в районе предприятия САКОЗА по ул. Орджоникидзе с  $K_c=8,5$  и превышением ПДК в 16,3 раза.

**Загрязненность снежного покрова водорастворимыми формами тяжелых металлов**

**Медь**

Фоновая концентрация 0,0026 мг/л. Содержание меди анализировалось в 26 пробах. На



Рис. 3. График значений содержания сульфатов (мг/л) в снеговых пробах в разные годы исследования [11]

городской территории концентрация элемента варьирует в пределах 0,0003–11,101 мг/л. ПДК содержания меди в воде составляет 0,001. Соответственно на исследуемой территории превышение над ПДК изменяется в широком диапазоне от 0,3 до 11 000 ПДК.

Как видно, ураганная концентрация меди приурочена к зоне влияния авиационного завода, точнее, к его южной проходной.

Что касается превышения ПДК меди в талой воде полигона «Центр» в 2010 г., то полученные результаты свидетельствуют о следующем: вся опробованная территория представляет собой общее геохимическое поле, в пределах которого превышение над ПДК достигает нескольких тысяч значений.

#### Свинец

Фоновая концентрация 0,016 мг/л. Соединения свинца определялись в 26 пробах. Концентрация металла в талой воде составляет 0,0622–8,5988 мг/л. ПДК свинца составляет 0,1 мг/л. Соответственно коэффициент опасности на исследуемой территории изменяется в пределах от 0,6 до 85 [12]. В пределах полигона «Заводской» наибольшее значение коэффициента опасности приурочено к точке опробования № 22, которая расположена в пределах селитебной зоны, в непосредственной близости от гаражей и поэтому может иметь бытовое происхождение.

По распространению соединений свинца в талой воде территория полигона «Центр» представляет собой единое геохимическое пространство, в пределах которого превышены ПДК. Максимальные значения коэффициента опасности приурочены к точкам № 26 и № 36, располагающихся в непосредственной близости от улиц с интенсивным автомобильным движением.

#### Кадмий

Фоновая концентрация 0,000083 мг/л. Концентрация кадмия определялась в 26 пробах. На городской территории зафиксированы значения от 0,36 до 19,11 мг/л [12]. Наибольшие значения коэффициента опасности приурочены к южной оконечности Саратовского авиационного завода, точки опробования № 10 и № 12.

В пределах полигона «Центр» наиболее опасные участки приурочены к точкам опробования № 26, 35, 36 и 37, в них значения коэффициента опасности составляют более 1000 единиц.

#### Выводы

Сравнение результатов снегеохимических съемок за разные годы на территории г. Саратова позволяет сделать определенные выводы:

1. Площадь и состав загрязнения анионными формами и тяжелыми металлами в 90-е гг. XX в. была существенно больше (до 30% площади города) и разнообразнее.

2. После резкого падения промышленного производства и уменьшения выбросов из высоких вентиляционных труб промпредприятий ареалы геохимических аномалий существенно сократились по площади и количеству.

3. Основными зонами загрязнения ныне являются территории вокруг крупных действующих промышленных предприятий и автомобильных дорог с интенсивным движением транспорта.

4. Концентрация загрязнений вблизи названных объектов многократно превышает фоновые значения и не меньше, чем в 90-е гг. и их локализация мало изменилась.

#### Библиографический список

1. Макаров В. З. Ландшафтно-экологический анализ крупного промышленного города / под ред. Ю. П. Селивёрстова. Саратов, 2001. 176 с.
2. Макаров В. З., Тарасова Л. Г., Чумаченко А. Н., Баикатов А. Н., Фёдоров А. В. Историческая градэкология: концептуальная основа, методология и практическая реализация на примере города Саратова // Изв. Саратов. ун-та. Новая сер. Саратов, 2001. Т. 1, вып. 1. С. 89–101.
3. Макаров В. З., Пестряков А. К., Бобров Г. С., Волков С. А., Афанасьев С. Ю., Пичугина Н. В., Пролэткин И. В., Салмов И. Д., Самкова Т. В., Суворцева О. В., Чумаченко А. Н. Ландшафтно-экологические, микроклиматические и градостроительные исследования территории Заводского района г. Саратова: отчет о НИР / Комитет по экологии и природным ресурсам г. Саратова. Саратов, 1992. 75 с. Инв. № 92/08.



4. Макаров В. З., Афанасьев С. Ю., Баранов В. А., Бобров Г. С., Волков С. А., Пичугина Н. В., Пролёткин И. В., Салмов И. Д., Самкова Т. В., Суворцева О. В., Чумаченко А. Н. Комплексные экологические исследования и мониторинг загрязнения почв и снежного покрова г. Саратова (по программе ЭМОС) : отчет о НИР / Комитет по экологии и природным ресурсам г. Саратова. Саратов, 1993. 187 с. Инв. № 93/14.
5. Макаров В. З., Пролёткин И. В., Чумаченко А. Н., Фёдоров А. В., Салмов И. Д., Афанасьев С. Ю. Проведение снегомерной съемки и опробование снежного покрова территории г. Саратова : отчет о НИР / Комитет по экологии и природным ресурсам г. Саратова. Саратов, 1994. 123 с. Инв. № 94/7.
6. Доклад о состоянии окружающей природной среды г. Саратова в 1992–1993 гг. / С. А. Артемьев, В. Н. Ерёмин, В. А. Кононов, Б. А. Колодочка, В. З. Макаров, И. В. Пролёткин. Саратов, 1994. 149 с.
7. Молоствовский Э. А., Кононов В. А., Артемьев С. А., Ерёмин В. Н., Фролов И. Ю., Абакишин О. В. Опробование снегового покрова и аналитический контроль геохимических проб на территории г. Саратова : отчет о НИР / Комитет по экологии и природным ресурсам г. Саратова. Саратов, 1997. 162 с. Инв. № 97/45.
8. Фролов И. Ю. Пылевое загрязнение территории г. Саратова по результатам снегомерной съемки 1997 года //

Проблемы геоэкологии Саратова и области. Саратов, 1998. Вып. 2. 96 с.

9. Макаров В. З., Молоствовский Э. А., Новаковский Б. А., Суворцева О. В., Чумаченко А. Н. Структура и динамика техногенных геохимических полей на территории Саратова // Изв. Сарат. ун-та. Новая серия. 2009. Т. 9. Сер. Науки о Земле, вып. 2. С. 3–13.
10. Решетников М. В. Результаты снеговой съёмки 2005 г. на территории Октябрьского и Фрунзенского районов г. Саратова // Геологи XXI : материалы VII Всерос. науч. конф. студ., асп. и молодых спец. / под ред. Е. Н. Волковой. Саратов, 2006. С. 138.
11. Решетников М. В., Гребенюк Л. В., Смирнова Т. Д. Результаты геохимической снеговой съёмки локального участка территории г. Саратова // Изв. Сарат. ун-та. Новая Серия. 2010. Т. 10. Сер. Науки о Земле, вып. 1. С. 74–80.
12. Макаров В. З., Чумаченко А. Н., Иванов А. В., Решетников М. В., Суворцева О. В. Методологические, информационные и организационные основы комплексного геоэкологического мониторинга крупного промышленного города как одно из условий устойчивого развития сложных природно-техногенных систем : отчёт о НИР / Комитет по экологии и природным ресурсам г. Саратова. Саратов, 2010. 130 с. Инв. № 26.

УДК 551.5:629.73

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ПОЛЕТ САМОЛЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

С. Н. Лапина, И. А. Орлова

Саратовский государственный университет  
E-mail: kafmete@sgu.ru

На эшелонах полета в верхней тропосфере и нижней стратосфере резко меняется температура воздуха, которая влияет на скорость полета, расход топлива и высоту потолка самолета. В статье приведены расчеты указанных летно-технических характеристик в зависимости от температуры по трассам полета при пересечении высотных циклонов и антициклонов.

**Ключевые слова:** температура, скорость полета, расход топлива, совмещенные карты погоды, ГИС-Метео.

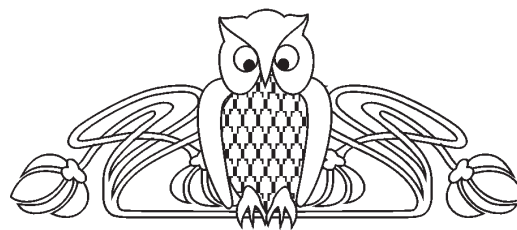
### Estimation of Atmospheric Parameters and their Effects on Aircraft Flight using GIS-Technology

S. N. Lapina, I. A. Orlova

At echelons of airplane lying in the upper troposphere and low stratosphere, air temperature varies sharply, which affects the speed of airplane, fuel consumption and height of the airplane ceiling. The paper presents calculations of these characteristics of the aircraft depending on the temperature on the routes crossing of cyclones and anticyclones.

**Key words:** temperature, speed of airplane, fuel consumption, combined weather map, GIS-Meteo.

Основной задачей авиационного метеослуживания является обеспечение безопасности, регулярности и экономичности полетов.



Параметры атмосферы влияют на многие летно-технические характеристики самолетов. На эшелонах полета в верхней тропосфере и нижней стратосфере при пересечении высотных циклонов и антициклонов резко меняется температура воздуха, которая влияет на скорость полета, расход топлива и высоту потолка самолета.

Распределение температуры по высотам в циклонах и антициклонах, так же как и высота тропопаузы, определяется различным характером вертикальных движений в них. Так, температура в антициклонах на всех уровнях в тропосфере выше, чем в циклонах, а в стратосфере наоборот. Соответственно высота тропопаузы в циклонах на 1,5–2 км ниже, чем в антициклонах [1, 2]. Коэффициенты корреляции, рассчитанные между давлением и температурой на различных высотах в центрах барических образований, составляли от 0,73 до 0,86 [3].

Влияние температуры на летно-технические характеристики самолета во время полета проявляется непосредственно через плотность и скорость звука. Повышение температуры приводит к увеличению скорости горизонтального полета. На трассах большой протяженности воздушная скорость на эшелоне полета, обусловленная изменением температуры по маршруту, может достигать 40–50 км/ч и более [4, 5].