

УДК 551.594.12

## КОНТРОЛЬ АЭРОИОННОГО СОСТАВА АТМОСФЕРЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

© 2020 г. Е. В. Архипова<sup>1,\*</sup>, А. Д. Жигалин<sup>2,3,\*\*</sup>, Н. А. Федорук<sup>1,\*\*\*</sup>, Е. Э. Тормышева<sup>1,\*\*\*\*</sup>,  
В. В. Сазонова<sup>4,\*\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> Государственный университет “Дубна”,

Университетский проспект, 19, Дубна, Московская область, 141980 Россия

<sup>2</sup> Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Б. Грузинская, 10, стр. 1, Москва, 123242, Россия

<sup>3</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119991 Россия

<sup>4</sup> Московский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе,  
ул. Миклухо-Маклая, д. 23, Москва, 117997 Россия

\*E-mail: olenageo@mail.ru

\*\*E-mail: zhigalin.alek@yandex.ru

\*\*\*E-mail: fedoruk\_dubna@mail.ru

\*\*\*\*E-mail: tormysheva.katya@mail.ru

\*\*\*\*\*E-mail: vlada3303@yandex.ru

Поступила в редакцию 14.10.2019 г.

После доработки 18.10.2019 г.

Принята к публикации 18.10.2019 г.

Качественный состав приземного слоя атмосферы в городах играет большую роль в существовании биосферы. Геофизические урбоэкологические исследования показали значительную изменчивость соотношения аэроионов различной полярности в пределах городских территорий, которая определяется ландшафтными особенностями, видом городской растительности, наличием “открытой” воды и др. Отмечен дефицит количества аэроионов в городском воздухе и проанализировано влияние объектов городской среды на формирование аэроионного состава.

**Ключевые слова:** аэроионы, техногенное физическое загрязнение, мониторинг аэроионного состава, геофизическая урбоэкология

DOI: 10.31857/S0869780920010020

### ВВЕДЕНИЕ

В связи с увеличением плотности населения городов и ростом техногенной нагрузки происходит трансформация всех компонентов природной среды, превращающейся вследствие этого в природно-техническое образование — **гео-био-техно-экосистему**. Для таких экосистем характерны глубокие изменения природных свойств под воздействием активной деятельности человека, приобретение ими новых качеств, что послужило в свое время основанием для создания нового научно-практического направления — геофизической урбоэкологии [1]. В данной статье обсуждаются вопросы качества городского атмосферного ресурса, определяемого соотношением ионов (аэроионов) обеих полярностей в воздушной среде городской территории.

Источниками природной ионизации являются радиоактивные вещества в верхней части зем-

ной коры, воде, воздухе, приходящие из Космоса частицы и излучение, турбулентное движение воды и др. На живые организмы, включая человека, благотворно влияет наличие в атмосфере легких отрицательно заряженных аэроионов, которые стимулируют все органы и физиологические системы человеческого организма.

Техногенные аэроионы (тяжелые и положительно заряженные) обязаны своим существованием функционированию промышленных предприятий, транспортных средств и объектов городской инфраструктуры. Так, например, более 90% жилых и производственных помещений в городах имеют выраженный недостаток легких аэроионов и избыток положительных (“промышленных”) ионов, что отрицательно влияет на организм человека и ощущается как “нехватка свежего воздуха”.

## ВЫСОКАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ АЭРОИОНОВ – ЗАЛОГ ХОРОШЕГО САМОЧУВСТВИЯ

Особенностями формирования экологической обстановки на урбанизированных территориях занимаются специалисты, именующие себя урбоэкологами. Круг их интересов – изучение жизнедеятельности человека в урбанизированной (городской) среде, прямые и обратные связи окружающей среды и человека как биологического вида и, одновременно, социального существа. Традиционно, основной упор делается на оценку степени химической загрязненности атмосферы, грунтовых вод и поверхностных водоемов, удаление бытовых и промышленных отходов. Незаслуженно обойденными при этом оказываются техногенные физические поля, определяющие “экологическую энергетику” территорий городов, хотя понятие “техногенное физическое (энергетическое) загрязнение” уже давно стало широко используемым.

В число “обиженных” входят аэроионы в приземном слое атмосферы. Считается (в соответствии с постулатами А.Л. Чижевского), что оптимальное содержание аэроионов обеих полярностей должно быть равным примерно 1500 ион/см<sup>3</sup> при отношении +ион/–ион, равном 1.15. Для сельских районов характерно количество 1000–1500 ион/см<sup>3</sup>. Для чистого горного воздуха удельное число аэроионов составляет 2000–2200 ион/см<sup>3</sup>. Согласно СанПиН 2.2.4.1294-03 “Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений”, минимально необходимые уровни ионизации воздуха для положительно заряженных ионов составляют 400 в 1 см<sup>3</sup> и 600 в 1 см<sup>3</sup> для отрицательно заряженных ионов. Оптимальной считается концентрация 1500–5000 аэроионов обеих полярностей в 1 см<sup>3</sup>. При отношении концентрации положительных аэроионов к отрицательным (коэффициент униполярности), равном приблизительно 1.15. Отклонение от указанной величины в ту или другую сторону от оптимума – до 1.20 или до 1.00 и менее свидетельствует о насыщении воздуха либо тяжелыми положительными (вредными), либо легкими отрицательными (благоприятно влияющими) аэроионами. Наблюдения показывают, что воздушная среда в пределах городских территорий в значительной степени обеднена легкими отрицательными аэроионами, что делает ее непригодной для естественного восстановления ионизации воздуха в помещениях до приемлемого санитарного уровня.

Результаты проводимых в лабораториях экспериментов свидетельствуют о том, что высокая концентрация в атмосфере легких отрицательных ионов хорошо отражается на состоянии растений и животных, а также благоприятна и более комфортна для населения. И наоборот, избыточная

концентрация положительных, тяжелых, ионов в атмосфере действует угнетающе на объекты живой природы, включая человека. С целью расширить границы проводимых экспериментов, сделать их результаты социально значимым фактором были предприняты “пионерные”, рекогносцировочные, исследования в городах разного ранга и в сельской местности.

## ИЗМЕРЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ АЭРОИОНОВ В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ

Анализ аэроионного состава воздуха проводился в течение ряда лет с 2016 по 2019 гг. в городах разного ранга и сельской местности Московской, Тверской и Калужской областей, в Приокско-Тerrasном государственном природном биосферном заповеднике, в городах Москва, Дубна, Кимры, Дмитров. В ходе исследований изучалась вариабельность концентрации аэроионов в зависимости от общей техногенной нагрузки территории, наличия и видов источников ионизации.

Измерения концентрации аэроионов проводились с использованием серийного переносного малогабаритного прибора МАС-01 (счетчик аэроионов малогабаритный, Приборостроительная компания ООО “НТМ – Защита”, г. Москва) вдоль отдельных профилей и/или в выбранных для этой цели контрольных точках. Выбор линии профилей или отдельных ключевых точек диктовался основной стратегической целью проведения исследований. В частности, измерения проводились в жилых массивах, вблизи промышленных объектов, на улицах с высокой плотностью транспортного потока, на рекреационных территориях, в жилых помещениях, возле водоемов и фонтанов, в лесных массивах и др. При этом анализировались временное изменение концентрации и соотношение количества аэроионов в течение дня.

Все наблюдения проводились с учетом традиционных для геофизики методических требований и требований, указанных в регламентирующих санитарных нормативных документах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ АЭРОИОНОВ

Данные проведенных исследований обработаны и представлены в виде таблиц и графиков. Ознакомиться с результатами можно, обратившись непосредственно к исполнителям.

Измерения, проводившиеся севернее Московского мегаполиса (гг. Дубна, Дмитров, Кимры) показали значительную вариабельность концентрации аэроионов в приземном атмосферном слое и значений коэффициента униполярности  $q = +\text{ион}/-\text{ион}$ . Так, например, в Дубне в город-

**Таблица 1.** Содержание аэроионов в приземном слое атмосферы (В.В. Сазонова)

| Место проведения измерений             | +n, см <sup>3</sup> | –n, см <sup>3</sup> | +n/–n | Ср +n/–n | Σ±n, см <sup>3</sup> |
|----------------------------------------|---------------------|---------------------|-------|----------|----------------------|
| Манежная площадь (фонтан)              | 270                 | 3780                | 0.07  | 0.16     | 4050                 |
| Александровский сад                    | 250                 | 570                 | 0.44  | 1.18     | 820                  |
| МГУ (фонтан)                           | 1970                | 630                 | 3.12  | 2.52     | 2600                 |
| Воробьевы горы (смотровая площадка)    | 560                 | 370                 | 1.51  | 1.78     | 930                  |
| Битцевский лес – ель, рябина, лещина   | 470                 | 220                 | 2.10  | 1.71     | 690                  |
| Битцевский лес – сосна, береза, лещина | 2750                | 130                 | 21.15 | 7.28     | 2880                 |
| Братиславская ул.                      | 380                 | 270                 | 1.40  | 1.70     | 650                  |
| Марьино, район                         | 310                 | 550                 | 0.56  | 1.88     | 860                  |

ском районе Большая Волга были зафиксированы следующие средние показатели: максимальные значения концентрации положительно заряженных ионов 800 ион/см<sup>3</sup>, отрицательно заряженных ионов – 670 ион/см<sup>3</sup> при общей сумме ионов 1470 в 1 см<sup>3</sup> и коэффициенте униполярности  $q = 1.19$ ; минимальная концентрация положительных и отрицательных ионов – 320 и 320 ион/см<sup>3</sup>, соответственно, при сумме ионов обеих полярностей 640 ион/см<sup>3</sup> и коэффициенте униполярности  $q = 1.00$ .

Сопоставительный анализ концентрации аэроионов в воздухе в городах Кимры, Дубна и Дмитров показал общее низкое содержание ионов обеих полярностей с большим дефицитом отрицательных аэроионов. Наиболее обедненными представляются центральные районы с более высокой техногенной нагрузкой: центр г. Кимры и район Большая Волга в г. Дубна (350–420 ион/см<sup>3</sup>). При меньшей техногенной нагрузке районы Черная речка (г. Дубна) и Заречье (г. Кимры), имеющие, как было установлено, меньшую антропогенную нагрузку, характеризуются относительно более благоприятной экологической обстановкой (470–480 ион/см<sup>3</sup>), однако, тоже с общим большим дефицитом ионосодержания.

Иными представляются эколого-геофизические условия территорий, располагающихся к югу от Московского мегаполиса и в пределах Москвы в старых границах (по Московской кольцевой автомобильной дороге).

На территории Приокско-Террасного заповедника (приблизительно 100 км к югу от мегаполиса) измеренная величина концентрации аэроионов варьировала от 340–550 до 3630–6080 ион/см<sup>3</sup> при изменении коэффициента униполярности  $q$  от 0.53 до 13.8. Наиболее высокое значение концентрации аэроионов (6080 ион/см<sup>3</sup>, при  $q = 0.72$ ) зафиксировано в месте, где росли дубы, липы и березы, а также там, где были замечены зубры (3790 ион/см<sup>3</sup> при  $q = 13.8$ ). Измерения на этом объекте проведены в 15-ти точках, поэтому делать какие-то “основополагающие” выводы рановато,

но цифры получены примечательные. Измерения концентрации аэроионов в Калужской области на территории Боровского района на участке, отведенном под садоводство и находящемся в окружении смешанного леса (береза, ель, сосна), тоже оказались относительно благоприятными. При измерениях в утренние часы показатели содержания ионов были следующими: концентрация 1172–1178 ион/см<sup>3</sup> и  $q = 1.44–1.49$ , что свидетельствует о дефиците легких отрицательных аэроионов. При этом было обнаружено, что яркое Солнце (безоблачное небо) “выжигает” отрицательные ионы (430–550 ион/см<sup>3</sup>), сохраняя положительные (520–800 ион/см<sup>3</sup>), тогда как в тени наблюдается обратная картина – концентрация отрицательных ионов увеличивается (420–620 ион/см<sup>3</sup>), а положительных – уменьшается (460–750 ион/см<sup>3</sup>). Вследствие этого изменяется величина коэффициента униполярности с 1.44 на солнце 1.19 в тени.

В пределах Московского мегаполиса измерения проведены в 113 точках (объектах) во всех административных округах, за исключением двух округов Новой Москвы. Объекты выбраны с учетом обширной инфраструктуры мегаполиса. В перечне объектов фигурируют жилые массивы, промышленные предприятия, городские парки и районные рекреационные зоны, транспортные магистрали, городские достопримечательности и др. Результаты измерений фрагментарно представлены в таблице 1.

Анализ приведенных в таблице данных показывает разнообразие эколого-геофизических условий в пределах мегаполиса, отображенное в значительной дифференциации концентрации аэроионов различной полярности. Удельное содержание ионов варьирует от 650–860 ион/см<sup>3</sup> в районе Братиславской улицы ЮВАО (Братиславская ул. и район Марьино) до 2880 и даже 4050 ион/см<sup>3</sup> (Битцевский лес и фонтан на Манежной площади).

## ВЫВОДЫ

Рекогносцировочные эколого-геофизические исследования в пределах географического пространства, в центре которого находится самый большой мегаполис нашей страны г. Москва, выявили некоторые проблемы, разрешение которых принципиально возможно в рамках нового научно-практического направления — геофизической урбоэкологии. Речь идет об эколого-геофизическом качестве приземного слоя земной атмосферы. Измерения, проведенные на территории мегаполиса и в ряде городов, а также в сельской местности, показали значительную вариабельность концентрации ионов (аэроионов) обеих полярностей и их соотношения в объеме воздушной массы. С другой стороны, характеристики содержания ионов в атмосфере могут рассматриваться как индикаторы степени комфортности жизнедеятельности населения и условий существования представителей животного мира и растительных форм.

Результаты исследований позволили установить дефицит содержания в “дыхательном” слое атмосферы городских территорий общего количества аэроионов, в особенности, отрицательных, благоприятно влияющих на живые организмы. Были предположительно установлены (требуется подтверждение и уточнение) связи изменения характеристик содержания ионов с природными и

техногенными факторами, определяющими урбоэкологическую обстановку, что дает надежду на возможность управления качеством городской среды.

На основе полученных данных можно рекомендовать некоторую корректировку градостроительной стратегии в плане создания специальных объектов инфраструктуры, способствующих формированию оптимального динамического равновесия аэроионного содержания в приземном атмосферном воздухе. Такими объектами могут служить, например, фонтаны или эспланады с “быстрой” водой на открытом пространстве, высадка ионорегулирующих пород деревьев, мощные уличные озонаторы и др. И, главное, следует помнить, что на качество воздуха, которым мы дышим в городах, влияет не только содержание в его объеме загрязняющих химических веществ и механических примесей, но и количество, и соотношение положительных и отрицательных ионов, которые, попадая в наш организм, управляют всеми (!) физиологическими процессами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Трофимов В.Т., Жигалин А.Д., Богословский В.А., Архипова Е.В. Место эколого-геофизических исследований в системе урбоэкологии // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 2016. № 6. С. 3–9.

## CONTROL OF AERO-IONIC COMPOSITION OF THE URBAN ATMOSPHERE

E. V. Arkhipova<sup>a,#</sup>, A. D. Zhigalin<sup>b,c,##</sup>, N. A. Fedoruk<sup>a,###</sup>, E. E. Tormysheva<sup>a,####</sup>, and V. V. Sazonova<sup>d,#####</sup>

<sup>a</sup> Dubna State University, ul. Universitetskaya, 19, Moscow oblast, Dubna, 141980 Russia

<sup>b</sup> Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, B. Gruzinskaya ul., 10-1, Moscow, 123242 Russia

<sup>c</sup> Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory 1, Moscow, 119991 Russia

<sup>d</sup> S. Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University, ul. Miklukho-Maklaya, 23, Moscow, 117997 Russia

<sup>#</sup> E-mail: olenageo@mail.ru

<sup>##</sup> E-mail: zhigalin.alek@yandex.ru

<sup>###</sup> E-mail: fedoruk\_dubna@mail.ru

<sup>####</sup> E-mail: tormysheva.katya@mail.ru

<sup>#####</sup> E-mail: vlada.3303@yandex.ru

The qualitative composition of the surface atmosphere in cities plays a major role in the existence of the biosphere. Geophysical urboecological studies have shown a significant variability in the ratio of aeroions of different polarity within urban areas, which is determined by landscape features, the type of urban vegetation, the presence of “open” water, etc. The shortage of aeroions in the urban air was noted and the influence of urban environment objects on the formation of aeroionic composition was analyzed.

**Keywords:** *aeroions, technogeneus physical pollution, aeroionic composition monitoring, geophysical urboecology*

## REFERENCES

1. Trofimov, V.T., Zhigalin, A.D., Bogoslovskij, V.A., Arkhipova, E.V. *Mesto ekologo-geofisicheskikh issledo-*

*vanij v sisteme urboekologii* [The place of ecological-geophysical studies in the system of urban ecology]. *Moscow State University Bulletin, Series 4: Geology*. 2016. no. 6. pp. 3–9. (in Russian)