



<http://ecopri.ru>

<http://petrsu.ru>

**Издатель**

ФГБОУ «Петрозаводский государственный университет»  
Российская Федерация, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Научный электронный журнал

**ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ**

<http://ecopri.ru>

**Т. 3. № 1(9). Март, 2014**

**Главный редактор**

А. В. Коросов

**Редакционный совет**

В. Н. Большаков  
А. В. Воронин  
Э. К. Зильбер  
Э. В. Ивантер  
Н. Н. Немова  
Г. С. Розенберг  
А. Ф. Титов

**Редакционная коллегия**

Г. С. Антипина  
В. В. Вапиров  
А. Е. Веселов  
Т. О. Волкова  
В. А. Илюха  
Н. М. Калинкина  
А. М. Макаров  
А. Ю. Мейгал

**Службы поддержки**

А. Г. Марахтанов  
А. А. Кухарская  
О. В. Обарчук  
Н. Д. Чернышева  
Т. В. Климяк  
А. Б. Соболева

**ISSN 2304-6465**

**Адрес редакции**

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Анохина, 20. Каб. 208.

E-mail: [ecopri@psu.karelia.ru](mailto:ecopri@psu.karelia.ru)

<http://ecopri.ru>





<http://ecopri.ru>

<http://petsu.ru>

УДК 556.124: 574 (470.324-25)

## Оценка состояния снежного покрова г. Воронежа по данным химического анализа талой снеговой воды

**ПРОЖОРИНА**  
**Татьяна Ивановна**

*Воронежский государственный университет,  
coriandre@rambler.ru*

**БЕСПАЛОВА**  
**Елена Владимировна**

*Воронежский государственный университет,  
elena\_bespalova@bk.ru*

**ЯКУНИНА**  
**Надежда**

*Воронежский государственный университет,  
nadezda.yakunina.93@gmail.com*

### Ключевые слова:

функциональные зоны  
химический состав снега  
коэффициенты концентрации  
поллютанты  
фоновая проба

### Аннотация:

Снежный покров обладает высокой сорбционной способностью и представляет собой информативный объект при выявлении техногенного загрязнения городской среды. В работе приведены результаты исследования химического состава снега, выпавшего в г. Воронеже за зимний период 2014 г. Анализируются связи между наличием поллютантов в снеге и уровнем техногенного воздействия.

© 2014 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: В. В. Вапиров

Получена: 25 марта 2014 года

Опубликована: 12 сентября 2014 года

Одним из эффективных методов экологической индикации состояния городской среды в холодный период года служит эколого-геохимический мониторинг состояния снежного покрова. Цель настоящего исследования – анализ химического состава снежного покрова и выявление связи между уровнем техногенного воздействия на городскую среду и присутствием загрязняющих веществ в снеге на территориях различных функциональных зон г. Воронежа.

В период, предшествующий снеготаянию, 13.02.2014 г. авторами работы были отобраны 48 проб снега в различных функциональных зонах г. Воронежа с разной степенью техногенного воздействия: жилая зона (14 проб), промышленная (11 проб), транспортная (12 проб), зона рекреации (9 проб) и фоновая (2 пробы).

Исторически сложилось так, что г. Воронеж разделен акваторией Воронежского водохранилища на левую и правую части, причем наибольшая доля промышленных предприятий расположена в левобережной части города, но по площади она значительно уступает правобережной. Поэтому в левобережной части города было отобрано 16 проб снега: в жилой и промышленной зонах – по 5 проб; в зоне рекреации и транспортной зоне – по 3 пробы. В правобережной части города отобрано 30 проб снега: в жилой и транспортной зонах – по 9 проб; в промышленной и зоне рекреации – по 6 проб. Расположение точек на местности показано на рис. 1.

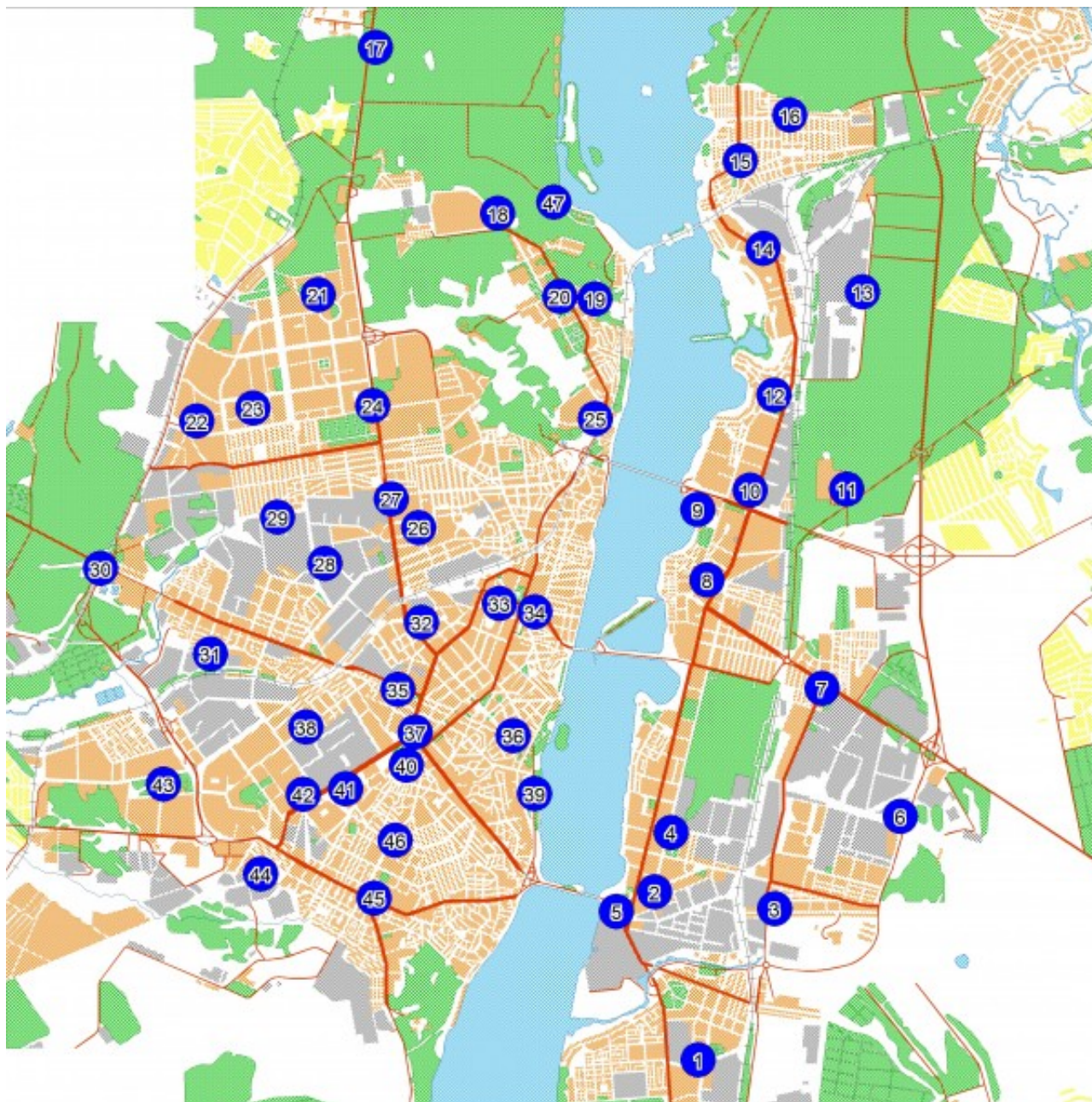


Рис. 1. Карта-схема расположения точек отбора проб снега  
Fig. 1. The location diagram of the points of snow sampling

Репрезентативные пробы «лежалого» снега отбирались по всей толщине снежного покрова, за исключением нижних 2–3 см (во избежание загрязнения частицами почвы). Отбор проб проводился пластиковой трубкой площадью сечения 78.5 см<sup>2</sup> и длиной 30 см. В месте отбора пробы трубу врезали на всю толщину снежного покрова до поверхности земли. После чего трубку из снега вынимали, поддерживая снизу пластмассовой лопаткой. Нижнюю часть трубки тщательно очищали от частиц грунта (Гаврилова, 1988).

Пробы снега растапливались при комнатной температуре, талую воду фильтровали через обычные бумажные фильтры. По осадку, полученному на фильтре, определяли количество взвешенных частиц в отобранной пробе, а в фильтрате определяли следующие показатели: NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, минерализация, общая жесткость, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, pH, Mg<sup>2+</sup> (Прождорина, 2010).

Исследования химического состава снега выполнены на следующий день после отбора всех проб (14.02.2014 г.) на базе учебной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета.

Для более объективной характеристики геохимической индикации загрязнения снежного покрова за основу принимается сопоставление концентраций загрязнителей городских проб снега с соответствующими значениями их фонового аналога. Это достигается расчетом коэффициента концентрации химических элементов ( $K_c$ ) по формуле:  $K_c = C/C_{\phi}$ , где  $C$  – содержание элемента в

исследуемом объекте,  $C_{\phi}$  – среднее фоновое содержание элемента (Касимов, 1995). В качестве фона были выбраны 2 точки: № 47, находящаяся в черте города, на территории санатория им. М. Горького, и № 48, которая расположена в северном направлении в 15 км от города. Результаты химического анализа показали, что пробу снега в черте города (№ 47) только условно можно считать фоновой, т. к. содержание загрязняющих веществ в ней существенно выше, чем в пробе снега, отобранной за городом (№ 48).

Таким образом, для расчета коэффициентов концентрации в качестве фоновой приняли пробу снега в точке № 48, расположенной в Рамонском районе, садовое товарищество (СТ) «Северный бор».

С целью выявления степени техногенной нагрузки на различные районы г. Воронежа был сделан сравнительный анализ фактического присутствия загрязняющих веществ в атмосферных осадках для исследуемых функциональных зон, а также проведено их сравнение с фоном.

Результаты анализа химического состава талой воды указывают на повышенный техногенный уровень загрязнения снежного покрова во всех исследуемых функциональных зонах г. Воронежа.

Так, например, содержание минеральной пыли в пробах снега варьируется от 48.9 (фон) до 324.0 мг/л. Низкие значения взвешенных веществ (менее 85.0 мг/л) отмечаются в пробах снега, отобранных преимущественно в зоне рекреации (точки 4, 11, 17, 19, 47). Высокие значения взвешенных веществ (более 150 мг/л) отмечаются в пробах снега, отобранных в транспортной (точки 10, 24, 27, 30, 35) и еще больше в промышленной (точки 2, 6, 8, 14, 26, 28, 38) зонах. Это объясняется повышением уровня загрязненности атмосферы городских ландшафтов. В промышленных городах запыленность воздуха увеличивается в 5–10 раз по сравнению с фоном и ведет к возрастанию роли взвешенных частиц как носителей химических элементов (Касимов, 1995).

Об антропогенном загрязнении атмосферы также свидетельствует увеличение концентрации катионов  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  в атмосферных осадках и соответственно общей жесткости снежных проб, которая варьирует от 0.05 до 0.26 ммоль/л. Минимальные значения жесткости (менее 0.1 ммоль/л) отмечаются в точках 17, 39, 47 (зона рекреации) и в точке 42 (жилая зона). Максимальные значения (более 0.18 ммоль/л) отмечены в точках транспортной и промышленной зон.

Присутствие хлоридов в снеге напрямую связано с интенсивностью применения антигололедных средств для дорожных покрытий в зимний период. В г. Воронеже для этих целей используется песчано-соляная смесь. Содержание хлорид-ионов в пробах снега варьирует от 3.16 (фон) до 27.77 мг/л. Максимальные концентрации (более 15 мг/л) отмечаются в пробах снега транспортной (точки 46, 30, 24, 34, 35, 37, 45 – ряд по увеличению) и промышленной (точки 26, 27) зон.

Содержание сульфат-ионов в талой воде большинства промышленных и транспортных зон превышает фоновые показатели более чем в 3 раза (от 45 (фон) до 150 мг/л). Максимальные концентрации (более 100 мг/л) отмечаются в точках промышленной (29, 28, 38, 44) и транспортной (35, 45, 46) зон. Это можно объяснить загрязненностью воздуха диоксидом серы.

Наличие азотсодержащих соединений в воде определяется деятельностью бактерий, но в зимний период в снежном покрове их присутствие невозможно, поэтому все содержание  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ -ионов в талой воде обусловлено только антропогенным воздействием, к которому можно отнести, в первую очередь, выбросы от промышленных предприятий и автотранспорта (оксиды азота). Так, например, значения  $NO_3^-$ -аниона изменяются от 1.46 до 25.69 мг/л. Максимальные значения нитратов (более 20 мг/л) отмечаются в точках транспортной (10, 27, 34, 35, 37, 45) и промышленной (точка 8) зон. Минимальные значения  $NO_3^-$ -аниона (менее 2 мг/л) обнаружены в жилой зоне, а также на территориях парков (19, 43, 47).

Величина pH снежных проб изменяется в интервале от 4.86 до 7.06. Пониженные значения pH связаны с увеличением содержания кислотных окислов ( $NO_2$ ,  $SO_2$ ) в городских выбросах в атмосферу. Это подтверждается преобладанием в снежных пробах  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $SO_4^{2-}$ -ионов.

Для проб снега, отобранных в зоне рекреации, значения минерализации составляют от 96.8 до 146.3 мг/л. Наиболее «чистой» парковой зоной является точка 4 (парк Авиастроителей). Наиболее «загрязненная» зона рекреации отмечена на территории санатория им. М. Горького на берегу водохранилища (точка 47). По всей видимости, большинство загрязнителей с промышленной левобережной зоны города переносится с преобладающими в зимнее время западными ветрами на правый берег и оседает вдоль берега Воронежского водохранилища. В среднем величина минерализации для точек рекреации составляет 119.0 мг/л.

Для точек жилой зоны разброс величины минерализации велик (от 90.9 до 134.0 мг/л). Наиболее «чистая» – точка 16 (ул. Калининградская). Наиболее загрязненная – точка 21 (ул. Вл. Невского). В среднем величина минерализации для точек жилой зоны составляет 114.3 мг/л.

Большинство проб в промышленной зоне имеют значения минерализации от 91.2 до 183.9 мг/л. Среднее значение 135.0 мг/л. Наименее загрязненная точка 6 (ул. Ильюшина). Наиболее загрязненная точка 44 (ул. Кривошеина).

Минерализации для проб снега, отобранных в транспортной зоне, варьирует от 112.9 до 180.5 мг/л. Среднее значение – 143.8 мг/л. Наименее загрязненная точка – 22 (ул. Хользунова, 102), наиболее – точка 35 (9 января, д. 49).

По степени минерализации и содержанию взвешенных веществ в снежном покрове можно судить о «техногенном давлении» на среду (Беспалова, 2013). Таким образом, по степени загрязненности исследуемые городские зоны можно расположить в следующий убывающий ряд: транспортная > промышленная > жилая и рекреация > фоновая.

Сравнением химического состава проб снега в исследуемых функциональных зонах г. Воронежа с фо-

ном (точка № 48) были получены ряды коэффициентов аномальности в снежном покрове среди анионов (по усредненным значениям), которые приведены в таблице.

Полученные ряды свидетельствуют о том, что в пробах снега всех городских зон г. Воронежа преобладающее место занимают  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Cl}^-$ -ионы, что косвенно отражает состав техногенных выбросов в атмосферу.

Таблица. Ряды коэффициентов аномальности в снежном покрове среди анионов (данные от 14.02.2014 г.)

Функциональная зона	Левобережная часть города	Правобережная часть города
Жилая	$\text{NO}_3^- (1.7 - 6.8) > \text{Cl}^- (1.3 - 2.8) > \text{NO}_2^- (1.2 - 3.5) > \text{SO}_4^{2-} (1.2 - 2.1) > \text{HCO}_3^- (1.2 - 1.9)$	$\text{NO}_3^- (2.8 - 12.2) > \text{NO}_2^- (1.2 - 5.6) > \text{Cl}^- (2.5 - 4.8) > \text{SO}_4^{2-} (1.2 - 2.1) > \text{HCO}_3^- (1.1 - 2.4)$
Промышленная	$\text{NO}_3^- (1.5 - 14.7) > \text{NO}_2^- (2.1 - 9.3) > \text{Cl}^- (2.2 - 3.3) > \text{SO}_4^{2-} (1.2 - 2.1) > \text{HCO}_3^- (1.3 - 1.9)$	$\text{NO}_3^- (2.1 - 11.1) > \text{NO}_2^- (2.5 - 9.8) > \text{Cl}^- (3.3 - 5.5) > \text{SO}_4^{2-} (1.1 - 3.3) > \text{HCO}_3^- (1.4 - 2.9)$
Транспортная	$\text{NO}_3^- (4.6 - 9.2) > \text{NO}_2^- (1.5 - 7.1) > \text{Cl}^- (2.8 - 4.0) > \text{HCO}_3^- (1.5 - 2.1) > \text{SO}_4^{2-} (1.2 - 2.0)$	$\text{NO}_3^- (3.9 - 17.6) > \text{NO}_2^- (2.9 - 9.8) > \text{Cl}^- (4.0 - 8.8) > \text{HCO}_3^- (1.4 - 2.9) > \text{SO}_4^{2-} (1.1 - 2.6)$
Рекреационная	$\text{NO}_3^- (1.9 - 12.3) > \text{Cl}^- (1.8 - 2.8) > \text{HCO}_3^- (1.3 - 1.8) > \text{NO}_2^- (1.1 - 9.3) > \text{SO}_4^{2-} (1.5 - 1.8)$	$\text{NO}_3^- (1.1 - 8.9) > \text{NO}_2^- (1.2 - 4.0) > \text{Cl}^- (2.0 - 2.8) > \text{SO}_4^{2-} (1.5 - 2.6) > \text{HCO}_3^- (1.0 - 1.8)$

Таким образом, исследования химического состава снежного покрова в различных функциональных зонах г. Воронежа позволяют заключить, что реакция среды (pH), минерализация и содержание взвешенных веществ в снеговых водах характеризуют интенсивность техногенного пресса на городскую среду, а состав талых вод указывает на характер ее загрязнения.

1. Беспалова Е. В., Прожорина Т. И., Куролап С. А. Оценка геохимического состояния снежного покрова г. Воронежа // Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. 2013. № 1. С. 137-141.

2. Гаврилова И. П., Касимов Н. С. Практикум по геохимии ландшафта [Practicum on landscape geochemistry]. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. 447 с.

3. Касимов Н. С. Экогеохимия городских ландшафтов [Ecogeochemistry of urban landscapes]. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 336 с.

4. Прожорина Т. И., Каверина Н. В., Никольская А. Н., Иванова Е. Ю. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: Учебное пособие [Ecological and analytical methods for environmental studies: study guide]. Воронеж: Истоки, 2010. 304 с.

## **Estimation of the condition of snow cover in Voronezh according to the chemical analysis of water from melted snow**

**PROZHORINA**  
**Tatyana**

*Voronezh State University, coriandre@rambler.ru*

**BESPALOVA**  
**Elena**

*Voronezh State University, elena\_bespalova@bk.ru*

**YAKUNINA**  
**Nadezhda**

*Voronezh State University,  
nadezda.yakunina.93@gmail.com*

### **Keywords:**

functional areas  
chemical composition of snow  
concentration coefficients  
pollutants  
background sample

### **Summary:**

Snow cover possesses high sorption ability and represents informative object to identify technogenic pollution of an urban environment. In this article the investigation data of a chemical composition of snow fallen in Voronezh during the winter period of 2014 are given. Relationships between existence of pollutants in snow and the level of technogenic effect are analyzed.

### **References**