

© НОСКОВА Т.В., ГРИБАНОВА О.Г., 2024

Читать  
онлайн  
Read  
onlineНоскова Т.В.<sup>1</sup>, Грибанова О.Г.<sup>2</sup>

## Оценка влияния взвешенных веществ и формальдегида в атмосферном воздухе на здоровье населения

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт водных и экологических проблем» Сибирского отделения Российской академии наук, 656038, Барнаул, Россия;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 656038, Барнаул, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Установление причинно-следственной связи возникновения болезней с воздействием загрязняющих веществ в воздухе является актуальной задачей. Для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия необходимо учитывать характер поступления и распределение поллютантов в атмосфере. Наряду с антропогенными нужно принимать во внимание природные источники загрязнения.

**Цель исследования** — оценка влияния на здоровье населения загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом и взвешенными веществами, а также разработка мер и предложений по улучшению экологического и санитарно-эпидемиологического благополучия.

**Материалы и методы.** В атмосферных осадках проводили количественный химический анализ взвешенных веществ (ВВ) гравиметрическим методом, формальдегида — флуориметрическим методом. Показан общий тренд ежегодного изменения содержания ВВ в атмосфере на основании результатов исследования атмосферных осадков и воздуха. Данные о заболеваемости брали из ежегодных государственных докладов.

**Результаты.** Показана высокая корреляция между общей заболеваемостью и содержанием ВВ в атмосферном воздухе для всех групп населения. Корреляция между общей заболеваемостью и содержанием формальдегида оценена как очень слабая. Исключением являются дети, у которых под воздействием формальдегида могут развиваться болезни органов дыхания. Наиболее уязвимо в отношении ВВ взрослое население, в этой группе существует высокая вероятность возникновения болезней системы кровообращения.

**Ограничения исследования.** Не рассматривали градицию ВВ на фракции (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), не были учтены частицы < 0,45 мкм.

**Заключение.** Содержание формальдегида в атмосферном воздухе не оказывает существенного воздействия на экологическую обстановку и здоровье населения. При этом увеличение количества ВВ в атмосферном воздухе может представлять угрозу для здоровья населения. Особенно уязвимы взрослые, у которых риск развития болезней системы кровообращения имеет высокую зависимость от содержания ВВ. Для снижения негативного воздействия необходимы следующие меры: уменьшение выбросов загрязняющих веществ; расширение мониторинга атмосферного воздуха с целью контроля частиц PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub>; оповещение населения о прогнозах концентрации ВВ; углублённые научные исследования для установления медико-биологических особенностей воздействия ВВ на организм человека.

**Ключевые слова:** атмосферный воздух; здоровье населения; взвешенные вещества; формальдегид

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

**Для цитирования:** Носкова Т.В., Грибанова О.Г. Оценка влияния взвешенных веществ и формальдегида в атмосферном воздухе на здоровье населения. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(6): 616–623. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-6-616-623> <https://elibrary.ru/tzrtan>

**Для корреспонденции:** Носкова Татьяна Витальевна, канд. техн. наук, науч. сотр. Химико-аналитического центра ФГБУН Института водных и экологических проблем СО РАН. E-mail: ntv@iwer.ru

**Участие авторов:** Носкова Т.В. — концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, статистическая обработка, написание текста; Грибанова О.Г. — сбор материала и обработка данных, написание текста, редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Анализ влажных атмосферных осадков выполнен в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН № 0306-2021-0004.

Поступила: 27.07.2023 / Поступила после доработки: 16.05.2024 / Принята к печати: 19.06.2024 / Опубликована: 17.07.2024

Tatiana V. Noskova<sup>1</sup>, Olga G. Gribanova<sup>2</sup>

## Assessing the impact of particulate matter and formaldehyde in atmospheric air on public health

<sup>1</sup>Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Barnaul, 656038, Russian Federation;

<sup>2</sup>Altai State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Barnaul, 656038, Russian Federation

### ABSTRACT

**Introduction.** The urgent task at hand is to establish a causal link between the occurrence of public health risks to the public and the impact of air pollution. To ensure the sanitary and epidemiological well-being of the public, it is important to consider the intake and distribution of pollutants in the atmosphere. In addition to anthropogenic sources of pollution, it is also necessary to take into account natural sources.

**The purpose of the work** is to assess the influence of atmospheric pollution with formaldehyde and particulate matter on public health. Additionally, it aims to propose measures and recommendations to improve the environmental, health, and epidemiological well-being of the population.

**Materials and methods.** Quantitative chemical analyses of particulate matter (PM) and formaldehyde in atmospheric precipitation were performed using the gravimetric and fluorometric methods, respectively. The general trend of annual changes in the content of PM in the atmosphere is shown to be based on the results of a study of atmospheric precipitation and air. Data on morbidity in the population was obtained from annual government reports.

**Results.** A high correlation was found between general morbidity and atmospheric particulate matter for all population groups. However, formaldehyde was not found to be correlated with the general morbidity of the population, except for children, who may develop respiratory diseases under the influence of formaldehyde. Adults are the most vulnerable population to developing circulatory diseases, due to their high susceptibility to atmospheric particulate matter.

**Limitations.** The gradation of particulate matter into specific fractions ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) and  $<0.45$  microns was not considered.

**Conclusion.** The level of formaldehyde in the air does not significantly impact the environment or the health of the general population. However, an increase in airborne particulate matter can create an unfavourable environmental condition that poses a threat to public health. Adult populations are particularly vulnerable to these conditions, as they have a high risk of developing cardiovascular system diseases that are highly dependent on the content of particulate matter in the air. To reduce this negative impact, a number of measures need to be implemented including expanding monitoring of atmospheric air quality to monitor particles with sizes of  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , notifying the public about predictions of particulate matter concentrations; conducting in-depth scientific research on the biomedical impacts of particulate matter on human health.

**Keywords:** atmospheric air; public health; particulate matter; formaldehyde

**Compliance with ethical standards.** Research does not require the submission of a Biomedical ethics committee or other documents.

**For citation:** Noskova T.V., Gribanova O.G. Assessing the impact of particulate matter and formaldehyde in atmospheric air on public health. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2024; 103(6): 616–623. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-6-616-623> <https://elibrary.ru/tzrtan> (In Russ.)

**For correspondence:** Tatiana V. Noskova, researcher, Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the RAS, Barnaul, 656038, Russian Federation. E-mail: ntv@iwep.ru

**Contribution:** Noskova T.V. – the concept and design, of the study, collection and processing of material, statistical processing, writing a text; Gribanova O.G. – collection and processing of material, writing a text, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** The analysis of wet atmospheric precipitation was carried out as part of the state task IWEP SB RAS No. 0306-2021-0004.

Received: July 27, 2023 / Revised: May 16, 2024 / Accepted: June 19, 2024 / Published: July 17, 2024

## Введение

В атмосферном воздухе содержится и перемещается огромное количество органических и минеральных веществ, источники которых могут быть как антропогенного (выбросы промышленных предприятий, выхлопы автомобилей), так и природного происхождения (извержения вулканов, пожары, ураганы). Активная индустриализация и развитие городов приводят к неестественному изменению состава окружающего воздуха и нарушению его природного баланса, что негативно сказывается как на его качестве, так и на здоровье населения. Отечественные и зарубежные исследования подтверждают, что уровень загрязнения воздуха серьёзно влияет на заболеваемость населения [1, 2], особенно повышается риск госпитализаций по причине сердечно-сосудистых патологий [3] Отмечается рост обострений респираторных болезней [4]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), загрязнение атмосферного воздуха наносит непоправимый вред здоровью и уже привело к преждевременной смерти около 4,2 млн человек [5]. Согласно оценке Росгидромета, в последние годы в Российской Федерации (РФ) число городов с наивысшим уровнем загрязнения окружающего воздуха постоянно увеличивается. Противодействием этому стал федеральный проект «Чистый воздух», запущенный в рамках национального проекта «Экология». К приоритетным загрязнителям воздуха российских городов относятся формальдегид и взвешенные вещества (ВВ) [6]. В атмосферном воздухе наиболее пристальное внимание уделяется мелкодисперсным фракциям  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$ , имеющим высокую степень связи с заболеваемостью населения [7]. Однако в России, несмотря на наличие гигиенических нормативов и аттестованных методик количественного анализа  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$ , не получила широкого распространения практика контроля содержания в атмосферном воздухе данных частиц. На человеческий организм одновременно воздействуют несколько химических веществ, каждое из которых имеет определённый токсический эффект, поэтому перечень патологий, возникающих в результате загрязнения воздуха, весьма широк. Ввиду этого установление причинно-следственной связи возникновения болезней с воздействием конкретных факторов является актуальной задачей, требующей комплексного всестороннего решения. Для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения необходимо учитывать поведение и распределение загрязняющих веществ в атмосфере. И если источники загрязнения, связанные с человеческой деятельностью, оцениваются уже очень давно, то природные (естественные) стали анализировать сравнительно недавно, хотя по воздействию они могут быть сопоставимы с антропогенными либо превышать их. Для получения полной экологи-

ческой картины среды обитания человека необходим учёт таких источников.

*Цель исследования* – оценка влияния на здоровье населения загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом и взвешенными веществами, а также разработка мер и предложений по улучшению экологического и санитарно-эпидемиологического благополучия.

## Материалы и методы

Уровень загрязнения атмосферного воздуха определяли косвенным методом по степени загрязнения влажных атмосферных осадков, которые могут служить эффективным индикатором состояния окружающей среды. По ним можно не только судить о качестве атмосферного воздуха, но и проводить оценку нагрузки на почвенный покров и поверхностные воды.

Исследование проводили в Барнауле – столице Алтайского края. На открытой площадке крыши здания Института водных и экологических проблем (ИВЭП СО РАН) осуществляли отбор влажных атмосферных осадков с 2016 по 2021 г. на высоте 20 м от подстилающей поверхности, где практически полностью исключается влияние местных источников загрязнения. В связи с этим было принято условие, что полученная концентрация загрязняющих веществ характерна практически для всей городской территории (рис. 1).

Твёрдые и жидкие осадки отбирали после каждого события, но не чаще одного раза в сутки в ёмкости из химически стойкого полиэтилена в соответствии с РД 52.04.878–2019. Количественный химический анализ отобранных проб выполняли в Химико-аналитическом центре ИВЭП СО РАН согласно аттестованным методикам (ПНД Ф 14.1:2:4.187–02, ПНД Ф 14.1:2:4.254–09).

Концентрацию формальдегида определяли флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат 02-3М». Содержание взвешенных веществ вычисляли гравиметрическим методом. Для этого аликвоту проб атмосферных осадков фильтровали через предварительно взвешенный и доведённый до постоянной массы мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм.

Чтобы нивелировать эффект разбавления или концентрирования влажных атмосферных осадков, рассчитывали средневзвешенную концентрацию загрязняющих веществ (ЗВ), которая учитывает вклад каждого события в общий набор данных, по формуле:

$$C_{vwm} = \frac{\sum(C_i \cdot V_i)}{\sum V_i},$$

где  $C_{vwm}$  – средневзвешенная концентрация загрязняющего вещества (ЗВ) за определённый период времени, мг/дм<sup>3</sup>;



Рис. 1. Карта-схема Барнаула и место отбора проб.

Fig. 1. Schematic map of Barnaul and the sampling site.

$C_i$  – концентрация ЗВ в единичной пробе атмосферных осадков,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ;  $V_i$  – водный эквивалент единичной пробы атмосферных осадков, мм.

Атмосферные осадки могут служить надёжным индикатором экологической обстановки в мегаполисе [8], однако их химический анализ не всегда полностью отражает концентрации загрязняющих веществ в окружающем воздухе, поскольку влажные осадки выпадают не постоянно и представляют собой интегральную характеристику загрязнения тропосферы на высоте формирования облаков и самого нижнего приземного слоя. При этом на основе данных химического анализа осадков и воздуха можно определить общий тренд ежегодного изменения содержания загрязняющих веществ в атмосфере. На рис. 2 представлена динамика средневзвешенного за год содержания ВВ в атмосферных осадках (полученная в ИВЭП СО РАН) и среднегодовой концентрации ВВ в городском атмосферном воздухе, рассчитанной на основе данных, представленных в ежегодных докладах «О состоянии и об охране окружающей среды городского округа – города Барнаула Алтайского края» [9–11].

Как видно из рис. 2, общая тенденция ежегодного изменения концентрации ВВ в атмосферном воздухе сохраняется. Исключение составляют начальные годы исследования, когда результаты требуют дополнительной корректировки из-за неточности представленных данных о загрязнении воздуха. В целом анализ влияния атмосферных осадков на

содержание загрязняющих веществ может быть использован в качестве характеристики уровня загрязнения атмосферного воздуха с обязательным учётом неопределённостей измерений данного способа оценки.

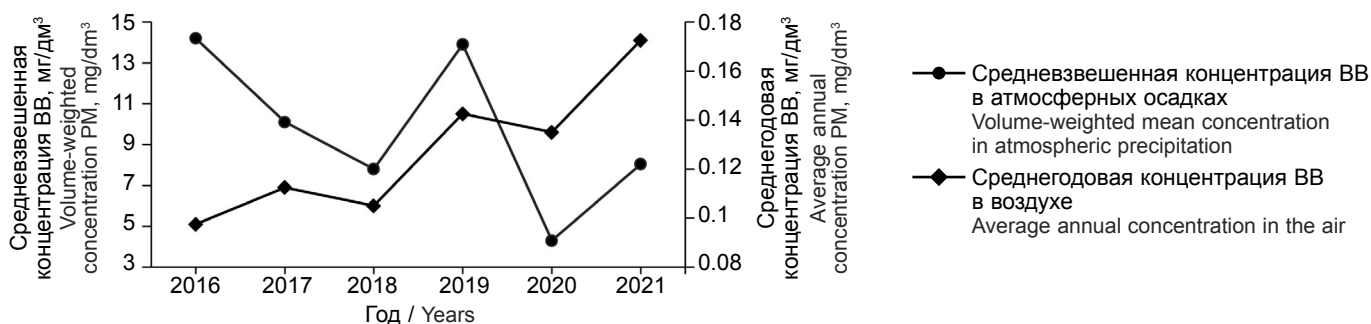
Данные о заболеваемости приведены по ежегодным государственным докладам «О состоянии и об охране окружающей среды городского округа – города Барнаула Алтайского края» [9–11].

## Результаты

В последние годы Алтайский край занимает одно из первых мест в России по уровню заболеваемости населения. Определённый вклад в формирование такой статистики вносит загрязнение атмосферного воздуха [12]. На рис. 3 представлено сравнение средневзвешенных за год концентраций загрязняющих веществ в атмосферных осадках с динамикой общей заболеваемости населения Барнаула с 2016 по 2021 г.

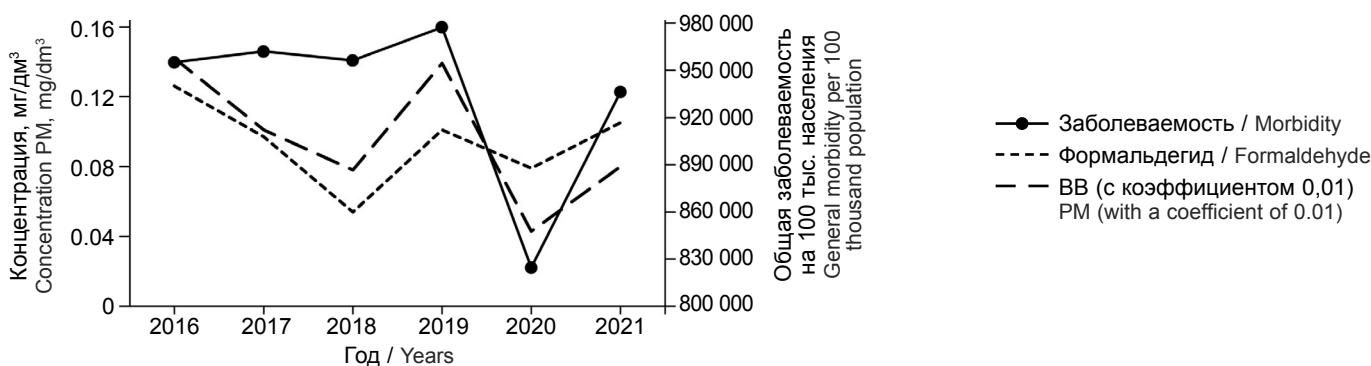
Как показывает рис. 3, рассматриваемые параметры имеют прямую статистическую взаимосвязь. Особенно стоит отметить болезни системы кровообращения – по этому показателю Алтайский край лидирует среди всех регионов России [12]. Также важно подчеркнуть, что болезни органов дыхания составляют более 60% от общей доли всех заболеваний у детского населения Барнаула [11]. Подобное положение характерно для детского населения всей территории РФ [13].

Original article



**Рис. 2.** Средневзвешенная за год и среднегодовая концентрация взвешенных веществ в атмосферных осадках и атмосферном воздухе Барнаула с 2016 по 2021 г.

**Fig. 2.** The volume-weighted mean and average mean concentration of suspended particulate matter in atmospheric precipitation and air in Barnaul from 2016 to 2021.



**Рис. 3.** График сравнения средневзвешенных за год концентраций загрязняющих веществ в атмосферных осадках с динамикой общей заболеваемости населения Барнаула с 2016 по 2021 г.

**Fig. 3.** Comparison graph of annual volume-weighted mean concentration of pollutions in atmospheric precipitation with the trend in the general morbidity of the Barnaul population from 2016 to 2021.

Таблица 1 / Table 1

**Коэффициент корреляции (r) заболеваемости и содержания исследуемых веществ в атмосферных осадках в зависимости от возраста населения и класса болезни**

**Correlation coefficient (r) of morbidity and the concentration of the pollutions in atmospheric precipitation, depending on the age of the population and the class of the morbidity**

Население Population	Загрязняющие вещества / Pollutant substances			
	формальдегид / formaldehyde		ВВ / PM	
	r	сила связи / strength of relationship	r	сила связи / strength of relationship
<b>Общая заболеваемость / General morbidity</b>				
Дети до 14 лет / Children up 14 years	0.34	Умеренная / Moderate	0.66	Заметная / Noticeable
Подростки 14–17 лет / Teenagers 14–17 years	0.15	Слабая / Weak	0.79	Высокая / High
Взрослые / Adults	0.07	Слабая / Weak	0.87	Высокая / High
Всё население / All population	0.28	Слабая / Weak	0.78	Высокая / High
<b>Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system</b>				
Дети до 14 лет / Children up 14 years	0.64	Заметная / Noticeable	0.34	Умеренная / Moderate
Подростки 14–17 лет / Teenagers 14–17 years	0.24	Слабая / Weak	0.48	Умеренная / Moderate
Взрослые / Adults	-0.06	Слабая / Weak	0.79	Высокая / High
<b>Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system</b>				
Дети до 14 лет / Children up 14 years	0.14	Слабая / Weak	0.53	Заметная / Noticeable
Подростки 14–17 лет / Teenagers 14–17 years	0.15	Слабая / Weak	0.80	Высокая / High
Взрослые / Adults	-0.08	Слабая / Weak	0.94	Весьма высокая / Very high

С учётом перечисленных обстоятельств для дальнейшего статистического исследования были выбраны наиболее распространённые среди населения Барнаула классы болезней – системы кровообращения и органов дыхания.

В табл. 1 представлены результаты корреляционного анализа, который показывает связь между содержанием формальдегида и ВВ в атмосферных выпадениях с заболеваемостью населения Барнаула. Сила корреляционной связи между параметрами была оценена по шкале Чаддока. Из таблицы следует, что воздействие формальдегида на общую заболеваемость имеет очень слабое значение корреляции. Максимальный показатель (0,34), соответствующий умеренной корреляции, наблюдается только для детей в возрасте младше 14 лет. В работах отечественных исследователей [14–16] показано, что повышение концентрации формальдегида в первую очередь отражается на детях, так как они наиболее восприимчивы к этому загрязняющему веществу. В то же время ВВ обнаруживают сильную положительную корреляцию со всеми возрастными группами, и наиболее высокие значения отмечены для взрослого населения (0,87).

По классу МКБ-10 значимая корреляция прослеживается между болезнями системы кровообращения и содержанием ВВ и практически отсутствует с формальдегидом. Для болезней органов дыхания заметная корреляция (0,64) с формальдегидом наблюдается только среди населения до 14 лет, что даёт основание предположить влияние данного загрязняющего вещества на развитие соответствующей патологии у детей. У взрослого населения наблюдается высокая корреляция содержания ВВ с болезнями органов дыхания и системы кровообращения.

## Обсуждение

Как показали исследования, реализация воздухоохраных мероприятий в рамках федерального проекта «Чистый воздух» не всегда сопровождается существенным улучшением санитарно-гигиенической ситуации [17]. Поэтому для выбора оптимальных мер обеспечения экологического и санитарно-эпидемиологического благополучия населения необходимо учитывать источники и особенности распространения загрязняющих веществ в атмосфере.

Формальдегид является весьма реакционноспособным соединением. Период его жизни в атмосфере равен несколькими часами, вследствие чего исключается перенос на дальние расстояния. Это означает, что по масштабам загрязнения источники могут быть только местными или локальными, действующими на небольших территориях. К таким источникам относятся выбросы промышленных предприятий, автотранспорта, сжигание мусора, а также эмиссия от предметов, содержащих формальдегид [18]. Однако наряду с антропогенным воздействием в атмосфере происходит естественное вторичное образование формальдегида вследствие фотохимических реакций, которое как минимум в два раза превышает его поступление от первичных источников. При этом установлено, что чем больше загрязнён воздух химическими веществами, тем больше образуется вторичного формальдегида в атмосфере [19].

Из ранее опубликованных материалов известно, что содержание формальдегида в атмосфере Барнаула подвержено сезонному изменению, и в тёплый период года его концентрация в два раза больше, чем в холодный [20]. Поэтому, исходя из заметной корреляционной зависимости (0,64) между формальдегидом и болезнью органов дыхания у группы населения до 14 лет, можно предположить, что пик заболеваемости должен приходиться на тёплый период года. Но при этом заболеваемость болезнями органов дыхания у детей обычно имеет сезонный рост в холодный период, поэтому статистическая зависимость между заболеваемостью детей и содержанием формальдегида в атмосферном воздухе становится всё менее явной. Однако проведённые в нескольких школах Румынии исследования показали, что именно в хо-

лодный сезон года во время отопительного периода происходит повышение концентрации формальдегида в воздухе внутри помещений. Это связано с уменьшением вентиляции, увеличением температуры и влажности. Вследствие этого у детей возникают респираторные и аллергические симптомы [21]. Эмиссия формальдегида из предметов интерьера и строительных материалов может привести к тому, что воздух внутри помещений будет в 13,5 раза более загрязнён данным органическим соединением по сравнению с атмосферным [22].

По результатам наших исследований можно предположить, что негативное влияние на здоровье населения формальдегида вне помещений менее выражено, чем внутри. Для уменьшения опасного содержания формальдегида внутри помещения достаточно иметь хорошую вентиляционную систему. Наличие комнатных растений может способствовать фиторемедиации воздуха при высоких концентрациях этого альдегида [23].

Согласно табл. 1, уровень ВВ демонстрирует значимую корреляцию как с общей заболеваемостью, так и с болезнями органов дыхания и системы кровообращения, что указывает на серьёзную опасность для здоровья населения.

У всех возрастных групп населения наблюдается очень высокая связь болезней системы кровообращения с ВВ. Научные публикации подтверждают такую зависимость [24]. Несмотря на географическое положение или возрастной состав групп населения, пик заболеваемости сердечно-сосудистыми болезнями приходится на холодный период года [25]. В нашем исследовании сезонное содержание ВВ в атмосферных осадках Барнаула представлено в табл. 2, согласно которой средневзвешенная концентрация ВВ в холодный период преобладает над тёплым. Исключение составляет лето 2019 г., когда в сибирских лесах бушевали лесные пожары, смог распространялся далеко за Урал и на территорию Казахстана. Литературные данные также указывают на подобную сезонность ВВ и в других регионах страны [26, 27]. Таким образом, подтверждается тесная статистическая зависимость болезней сердечно-сосудистой системы от содержания ВВ в атмосферном воздухе.

Согласно табл. 2, более высокие значения ВВ в холодный период года могут указывать на постоянное воздействие местного антропогенного источника, связанного с отопительным периодом. Сжигание каменного угля приводит к выбросу в окружающий воздух не только большого количества твёрдых компонентов, но и других ЗВ, таких как оксиды серы и азота. Эти вещества являются прекурсорами для вторичного образования мелкодисперсных ВВ в атмосфере [28].

Стандартное отклонение средневзвешенных величин показывает очень большой разброс значений (см. табл. 2) как в тёплый, так и холодный периоды года, что свидетельствует о неравномерном поступлении ВВ в атмосферу и может быть вызвано влиянием трансграничных переносов. Известно, что ВВ перемещаются на расстояния в несколько тысяч километров от источника [28]. Поэтому для проб с максимальным содержанием ВВ были построены обратные траектории движения воздушных масс с использованием ландшафтной модели HYSPLIT и архивных данных NOAA [29] (рис. 4).

Как следует из рис. 4, а, воздушные массы проходили по территории Западного Казахстана, где на момент движения потока фиксировалась пыльная буря, которая могла стать естественным источником поступления ВВ в атмосферу Барнаула. На рис. 4, б показана сложная траектория перемещения воздушных масс, двигавшихся из сопряжённых с Алтайским краем регионов, где в это время начинали разгораться лесные пожары. Таким образом, помимо локальных источников ВВ как в тёплый, так и холодный периоды возникла вероятность трансграничного переноса (регионального и международного масштаба) ВВ воздушными потоками. При этом модель HYSPLIT можно использовать не только для установления источников загрязнения, но и для прогнозов поступления ВВ в атмосферу.



Таблица 2 / Table 2

**Средневзвешенная концентрация и стандартное отклонение за тёплый и холодный периоды года взвешенных веществ в атмосферных осадках Барнаула**

Volume-weighted mean concentration and standard deviation for the warm and cold periods of the year of particulate matter in the atmospheric precipitation of Barnaul

Период года Period of the year	Показатель* Index*	Год / Years					
		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Тёплый Warm	<i>n</i>	33	52	44	38	41	41
	$C_{vwm}$	8.8	8.6	6.4	15.9	3.0	3.3
	$\sigma_{vwm}$	16.1	6.7	4.9	42.3	3.6	5.4
Холодный Cold	<i>n</i>	44	36	40	22	32	53
	$C_{vwm}$	27.9	16.2	10.3	13.2	7.5	11.5
	$\sigma_{vwm}$	30.0	10.4	7.3	13.9	7.7	22.4

Примечание. \* Показатели: *n* – количество проб;  $C_{vwm}$  – концентрация, мг/дм<sup>3</sup>;  $\sigma_{vwm}$  – стандартное отклонение.  
 Note. \* Indicators: *n* is the number of samples;  $C_{vwm}$  is the concentration, mg/dm<sup>3</sup>;  $\sigma_{vwm}$  is the standard deviation.

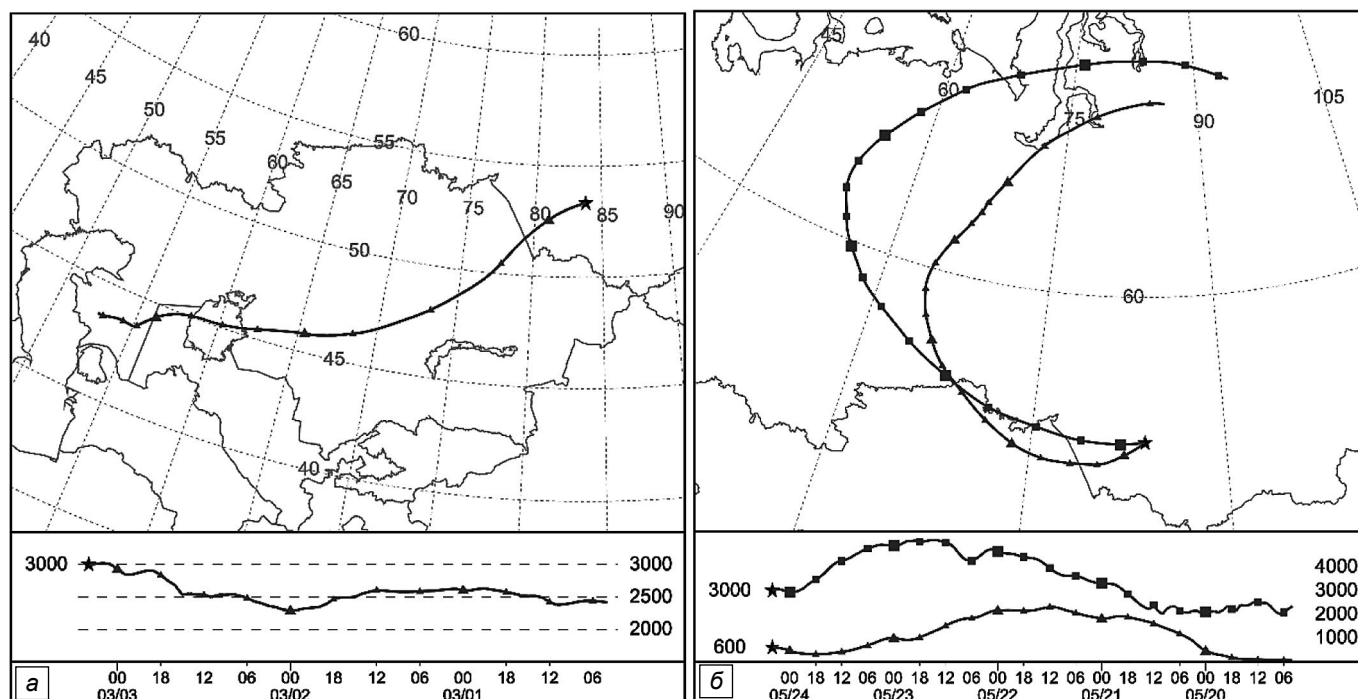


Рис. 4. Обратные траектории движения воздушных масс (Модель NOAA HYSPLIT. Метеорологические данные GFSO).  
 Обратные траектории заканчиваются: а – в 04:00 по Гринвичу 03 марта 2020 г.; б – в 04:00 по Гринвичу 24 марта 2019 г.

Fig. 4. Air mass backward trajectories (NOAA HYSPLIT MODEL. GFSO Meteorological Data).  
 Backward trajectory ending: а – at 0400 UTC 03 Mar 20; б – at 0400 UTC 24 Mar 19.

ВВ представляют собой смесь минеральных и органических компонентов, в том числе пылицы, спор растений, бактерий и вирусов, вследствие чего сложно установить этиологию конкретной патологии. Однако известно, что даже кратковременное воздействие ВВ неизбежно приводит к развитию неблагоприятных эффектов у населения [30], поэтому отечественные и зарубежные исследователи признают ВВ одними из наиболее опасных загрязнителей атмосферного воздуха, экологической и санитарно-гигиенической проблемой.

**Заключение**

В рамках проведённых исследований показано, что содержание формальдегида в городском атмосферном воздухе не влияет на экологическую обстановку и здоровье взрослой

и подростковой групп населения. Также отсутствует чёткая взаимосвязь между заболеваемостью детского населения и концентрациями формальдегида в атмосферном воздухе. Гораздо более серьёзному риску, связанному с болезнями органов дыхания, дети могут подвергаться вследствие эмиссии формальдегида из предметов домашнего обихода внутри помещения.

Увеличение содержания ВВ в атмосферном воздухе создаёт экологически неблагоприятные условия проживания населения и представляет большую угрозу для здоровья людей. Особенно уязвимой является взрослая группа, у которой риск развития болезней системы кровообращения имеет весьма высокую корреляционную зависимость с содержанием ВВ.

Для снижения негативного воздействия необходимы безотлагательные действия, в том числе в рамках проекта

«Чистый воздух», в который Барнаул был включён в 2023 г:

- усиление мероприятий, направленных на уменьшение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ: оптимизация и повышение эффективности теплогенерирующих установок, использование экологически безопасных источников энергии, разработка и внедрение очистных фильтров, борьба с выхлопными газами автомобилей, озеленение городских улиц;
- расширение и совершенствование мониторинга атмосферного воздуха с целью контроля частиц  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$ , расширение дифференцированного контроля состава ВВ на всей территории России.

Необходимы и дополнительные усилия для улучшения санитарно-гигиенических ситуаций:

- систематическое оповещение населения о прогнозах концентрации ВВ. Следует вменить в обязанность метеорологическим службам предупреждение населения о риске увеличения концентрации ВВ из-за погодных условий, трансграничных переносов либо локальных аварий;
- проведение углублённых международных и междисциплинарных научных исследований для установления особенностей медико-биологического воздействия ВВ на организм человека.

## Литература

(п.п. 1, 3, 4, 7, 21, 23, 24, 28–30 см. References)

- Кузьмин С.В., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Пинигин М.А., Бударина О.В. Воздействие атмосферных загрязнений на здоровье населения: диагностика, оценка и профилактика. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1145–50. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150> <https://elibrary.ru/eplgkr>
- ВОЗ. Загрязнение атмосферного воздуха (воздуха вне помещений); 2023. Доступно: [https://who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году». М.; 2022.
- Еремина И.Д. Химический состав атмосферных осадков в Москве и тенденции его многолетних изменений. *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2019; (3): 3–10. <https://elibrary.ru/qnnrzs>
- Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды городского округа – города Барнаула Алтайского края в 2017 году». Барнаул; 2018.
- Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды городского округа – города Барнаула Алтайского края в 2019 году». Барнаул; 2020.
- Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды городского округа – города Барнаула Алтайского края в 2021 году». Барнаул; 2022.
- Савина А.А., Леонов С.А., Сон И.М., Фейгинова С.И., Вайсман Д.Ш. Тенденции показателей заболеваемости населения Алтайского края. *Социальные аспекты здоровья населения*. 2019; 65(3): 4. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2019-65-3-4> <https://elibrary.ru/hxozrw>
- Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления. *Казанский медицинский журнал*. 2018; 99(4): 698–705. <https://doi.org/10.17816/KMJ2018-698> <https://elibrary.ru/xughox>
- Сысоева Т.И., Карпова Л.С., Безуглая Э.Ю. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом на суммарную заболеваемость гриппом и ОРВИ в 29 городах России. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2015; (3): 45–8. <https://elibrary.ru/tqmivx>
- Яковлева Е.А., Молчанов И.П. Влияние высокой концентрации формальдегида в воздухе на состояние здоровья населения. *Интегративные тенденции в медицине и образовании*. 2021; (4): 191–5. <https://elibrary.ru/dolxk>
- Мешурова Т.А. Влияние загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом на заболеваемость населения Пермского края. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. 2022; (11–2): 44–8. <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2022.11-2.20> <https://elibrary.ru/gcrul>
- Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух». *Анализ риска здоровью*. 2019; (4): 4–13. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.01> <https://elibrary.ru/mlcdpg>
- Халиков И.С. Формальдегид в атмосферном воздухе: источники поступления и пути удаления. *Экологическая химия*. 2019; 28(6): 307–17. <https://elibrary.ru/ijorzv>
- Безуглая Э.Ю., Загайнова М.С., Ивлева Т.П. Некоторые результаты оценки изменения атмосферной химической активности. *Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова*. 2017; (584): 201–20. <https://elibrary.ru/yjwcl>
- Носкова Т.В., Панина М.С. Содержание формальдегида в атмосферных осадках урбанизированной территории Юго-Западной Сибири. *Социально-экологические технологии*. 2022; 12(3): 320–33. <https://doi.org/10.31862/2500-2961-2022-12-3-320-333>
- Уланова Т.С., Лужецкий К.П., Карнажицкая Т.Д., Старчикова М.О., Пустобаева М.С. Исследование аэрогенного воздействия формальдегида на здоровье детского населения. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(2): 194–200. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-194-200> <https://elibrary.ru/exjgos>
- Носков С.Н., Карелин А.О., Головина Е.Г., Ступишина О.М., Еремин Г.Б. Оценка взаимосвязи обращаемости населения за медицинской помощью с факторами земной и космической погоды. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(8): 775–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-775-781> <https://elibrary.ru/pvwzvu>
- Крюкова С.В., Симаккина Т.Е. Оценка влияния метеорологических параметров на концентрации загрязняющих веществ в атмосфере Санкт-Петербурга. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015; (5–2): 299–305. <https://elibrary.ru/tvpeaf>
- Русяев М.В., Хантурина Г.Р., Сейткасымова Г.Ж., Федорова И.А., Машин К.В., Бахлуев А.В. и др. Сравнительная оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Шалкар в тёплый и холодный периоды года. *Гигиена труда и медицинская экология*. 2015; (4): 73–8.

## References

- Cohen A.J., Brauer M., Burnett R., Anderson H.R., Frostad J., Estep K., et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*. 2017; 389(10082): 1907–18. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6)
- Kuz'min S.V., Dodina N.S., Shashina T.A., Kislicin V.A., Pinigin M.A., Budarina O.V. The impact of atmospheric pollution on public health: diagnosis, assessment, and prevention. 2022; 101(10): 1145–50. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150> <https://elibrary.ru/eplgkr> (in Russian)
- Rodriguez D., Cobo-Cuenca A.I., Quiles R. Effects of air pollution on daily hospital admissions for cardiovascular diseases in Castilla-La Mancha, Spain: a region with moderate air quality. *Air Qual. Atmos. Health*. 2022; 15: 591–604. <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01144-1>
- Rayroux C., Gasche-Soccal P., Janssens J.P. Air pollution and its impact on the respiratory system. *Revue Medicale Suisse* 2020; 16(715): 2211–6.
- WHO. Ambient (outdoor) air pollution; 2023. Available at: [https://who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- State report «On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2021». Moscow; 2022.
- Prasad N.V.K., Madhavi N., NagendraSarma M., Baby T.A. Impact of particulate matter concentration on human health: a glance of review. *Curr. Appl. Sci. Technol*. 2023; 23(6). <https://doi.org/10.55003/cast.2023.06.23.011>
- Eremina I.D. Chemical composition of atmospheric precipitation in Moscow and the trends of its long-term changes. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*. 2019; (3): 3–10. <https://elibrary.ru/qnnrzs> (in Russian)
- Report «On the state and environmental protection of the city district – the city of Barnaul of the Altai Territory in 2017». Barnaul; 2018. (in Russian)
- Report «On the state and environmental protection of the city district – the city of Barnaul of the Altai Territory in 2019». Barnaul; 2020. (in Russian)
- Report «On the state and environmental protection of the city district – the city of Barnaul of the Altai Territory in 2021». Barnaul; 2022. (in Russian)
- Savina A.A., Leonov S.A., Son I.M., Feiginova S.I., Vaisman D.Sh. Trends of indicators of morbidity of the population of the Altai territory. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*. 2019; 65(3): 4. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2019-65-3-4> <https://elibrary.ru/hxozrw> (in Russian)
- Baranov A.A., Al'bitskii V.Yu. State of health of children in Russia, priorities of its preservation and improving. *Kazanskii meditsinskii zhurnal*. 2018; 99(4): 698–705. <https://doi.org/10.17816/KMJ2018-698> <https://elibrary.ru/xughox> (in Russian)
- Sysoeva T.I., Karpova L.S., Bezuglaya E.Yu. Assessment of the atmospheric formaldehyde influence on influenza and acute respiratory morbidity in cities of Russia. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNISO*. 2015; (3): 45–8. <https://elibrary.ru/tqmivx> (in Russian)
- Yakovleva E.A., Molchanov I.P. The influence of high concentration of formaldehyde in the atmosphere on the health state of the population. *Integrativnye tendentsii v meditsine i obrazovanii*. 2021; (4): 191–5. <https://elibrary.ru/dolxk> (in Russian)
- Meshchurova T.A. The influence of atmospheric air pollution with formaldehyde on the morbidity of the population of the Perm region. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2022; (11–2): 44–8. <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2022.11-2.20> <https://elibrary.ru/gcrul> (in Russian)

## Original article

17. Popova A.Yu., Zaitseva N.V., Mai I.V. Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within "Pure air" federal project. *Analiz riska zdorov'yu*. 2019; (4): 4–13. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.01>.eng <https://elibrary.ru/ohxxbj>
18. Khalikov I.C. Formaldehyde in atmospheric air: sources of arrival and ways to remove. *Ekologicheskaya khimiya*. 2019; 28(6): 307–17. <https://elibrary.ru/ijorzv> (in Russian)
19. Bezuglaya E.Yu., Zagainova M.S., Ivleva T.P. Same results of the atmospheric chemical activity. *Trudy glavnoi geofizicheskoi observatorii im. A.I. Voeikova*. 2017; (584): 201–20. <https://elibrary.ru/yjlwcl> (in Russian)
20. Noskova T.V., Panina M.C. Research of the hydrological and hydrochemical state of surface water in the south of Uzbekistan. *Sotsial'no-ekologicheskoe tekhnologii*. 2022; 12(3): 320–33. <https://doi.org/10.31862/2500-2961-2022-12-3-320-333> (in Russian)
21. Neamtiiu I.A., Lin S., Chen M., Roba C., Csobod E., Gurzau E.S. Assessment of formaldehyde levels in relation to respiratory and allergic symptoms in children from Alba County schools, Romania. *Environ. Monit. Assess*. 2019; 191(9): 591. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7768-6>
22. Ulanova T.S., Luzhetskii K.P., Karnazhitskaya T.D., Starchikova M.O., Pustobaeva M.S. Study of the aerogenic impact of formaldehyde on the health of child population. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(2): 194–200. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-194-200> <https://elibrary.ru/exjgos> (in Russian)
23. Kumar R., Verma V., Thakur M., Singh G., Bhargava B. A systematic review on mitigation of common indoor air pollutants using plant-based methods: a phytoremediation approach. *Air Qual. Atmos. Health*. 2023; 1–27. <https://doi.org/10.1007/s11869-023-01326-z>
24. Khanum S., Chowdhury Z., Sant K.E. Association between particulate matter air pollution and heart attacks in San Diego County. *J. Air. Waste Manag. Assoc.* 2021; 71(12): 1585–94. <https://doi.org/10.1080/10962247.2021.1994053>
25. Noskov S.N., Karelin A.O., Golovina E.G., Stupishina O.M., Eremin G.B. Assessment of the relationship of the population's medical care with the factors of earth and space weather. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(8): 775–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-775-781> <https://elibrary.ru/pvwzvu> (in Russian)
26. Kryukova S.V., Simakina T.E. Assessment of the impact of meteorological parameters on concentrations of pollutants in the atmosphere of St. Petersburg. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2015; (5–2): 299–305. <https://elibrary.ru/tvpeaf> (in Russian)
27. Rusyaev M.V., Khanturina G.R., Seitkasymova G.Zh., Fedorova I.A., Mashin K.V., Bakhluiev A.V., et al. Comparative assessment of atmospheric air pollution in SHalkar in warm and cold periods of the year. *Gigiena truda i meditsinskaya ekologiya*. 2015; (4): 73–8. (in Russian)
28. Sonwani S., Shukla A. *Airborne Particulate Matter Source, Chemistry and Health*. Singapore: Springer Nature; 2022. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-5387-2>
29. NOAA. HYSPLIT Trajectory Model; 2023. Available at: <https://www.ready.noaa.gov/hypub-bin/trajtype.pl?runtime=archive>
30. Yen C.C., Chen P.L. Effect of short-term exposure to fine particulate matter and particulate matter pollutants on triggering acute myocardial infarction and acute heart failure. *Am. J. Cardiol*. 2022; 175: 158–63. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2022.03.062>

**Информация об авторах**

**Носкова Татьяна Витальевна**, канд. техн. наук, науч. сотр. Химико-аналитического центра ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, Барнаул, Россия. E-mail: [ntv.lady@yandex.ru](mailto:ntv.lady@yandex.ru)

**Грибанова Ольга Геннадьевна**, канд. биол. наук, доцент каф. биологии, гистологии, эмбриологии и цитологии ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России, 656038, Барнаул, Россия. E-mail: [gri-o-g@mail.ru](mailto:gri-o-g@mail.ru)

**Information about the authors**

**Tatiana V. Noskova**, Ph.D. in Technology, researcher, Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the RAS, Barnaul, 656038, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4960-8466> E-mail: [ntv.lady@yandex.ru](mailto:ntv.lady@yandex.ru)

**Olga G. Gribanova**, Ph.D. in Biology, Associate Professor of the Department of biology, histology, embryology, and cytology, Altai State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Barnaul, 656038, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9448-9753> E-mail: [gri-o-g@mail.ru](mailto:gri-o-g@mail.ru)