

© Сазонова О.В., Рязанова Т.К., Тупикова Д.С., Судакова Т.В., Торопова Н.М., Вистяк Л.Н., 2019
УДК 614.7:614.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА ТЕРРИТОРИИ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

О.В. Сазонова, Т.К. Рязанова, Д.С. Тупикова, Т.В. Судакова, Н.М. Торопова, Л.Н. Вистяк

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, НИИ гигиены и экологии человека, ул. Чапаевская, д. 87, г. Самара, 443099, Россия

Представлены результаты сравнительных исследований качества снегового покрова во внутригородских районах городского округа Самары вблизи крупных автодорог и на расстоянии до 1 000 м от нефтеперерабатывающего завода в 2017–2018 гг. Выявлена высокая степень загрязнения по комплексу показателей (содержание углеводородов, взвешенных веществ, трудноокисляемых органических веществ (по химическому потреблению кислорода), некоторых металлов и др.), вызванная антропогенным влиянием. Многие важные санитарно-гигиенические показатели (значительная часть углеводородов, бенз(а)пирен) не обнаруживались в профильтрованной талой воде, но определялись во взвешенных веществах. Сравнительный анализ химического состава снегового покрова на территории, прилегающей к нефтеперерабатывающему заводу, и на улицах г. Самары не выявил существенных различий. В связи с этим можно предположить значимый вклад автотранспорта в антропогенное загрязнение окружающей среды. Важно учитывать, что при таянии снег может выступать источником вторичного загрязнения почвы, сточных и подземных вод, поэтому необходимо периодически отслеживать качество снегового покрова в рамках мониторинга состояния окружающей среды и предпринимать меры по предотвращению неблагоприятного воздействия деятельности человека (перераспределение транспортного потока транзитного грузового автомобильного транспорта, оперативное оповещение промышленных предприятий с целью снижения выбросов на период прогнозирования неблагоприятных метеословий).

Ключевые слова: снеговой покров, тяжелые металлы, нефтепродукты, полиароматические углеводороды, бенз(а)пирен, нефтеперерабатывающий завод, автотранспорт.

O.V. Sazonova, T.K. Ryazanova, D.S. Tupikova, T.V. Sudakova, N.M. Toropova, L.N. Vistyak □ **COMPARATIVE CHARACTERISTICS FOR ANTHROPOGENOUS POLLUTION OF SNOW COVER ON THE TERRITORY OF A MAJOR INDUSTRIAL CENTER UNDER THE INFLUENCE OF POLLUTION'S VARIOUS SOURCES** □ Samara State Medical University of the Russian Ministry of Health, 89 Chapaevskaya Str., Samara, 443099, Russia.

The paper presents the comparative studies' results of the snow cover quality in the intracity districts of Samara and its surrounding areas at a distance of up to 1000 m from the oil refinery during 2017–2018. We have identified a high extent of pollution on a set of indicators caused by anthropo-technogenic influence (the content of hydrocarbons, suspended solids, difficult-to-oxidize organic matter (by chemical oxygen demand), some metals, etc.). Many important sanitary and hygienic indicators (a significant part of hydrocarbons, benzo[a]pyrene) were not found in filtered snow water, but ones were determined in suspended solids. Comparative analysis for the chemical composition of snow cover on the territory close to the oil refinery and on the streets in Samara revealed no significant differences. In this regard, it is possible to assume a significant contribution of motor vehicles to anthropo-technogenic environmental pollution. It is important to take into account that when snow is melting it can be a source of secondary pollution of soil, waste- and groundwater, therefore it is necessary to periodically monitor the snow cover quality as an integral part of monitoring environment state and take measures to prevent adverse effects of human activities (redistribution of traffic flow of transit heavy vehicle, notification of industrial enterprises in order to reduce noxious emissions for the period of forecasting adverse weather conditions).

Key words: snow cover, heavy metals, oil products, polyaromatic hydrocarbons, benzo[a]pyrene, oil refinery, motor vehicles.

Состояние снегового покрова является важным показателем антропогенной нагрузки на окружающую среду [1, 3, 4, 7, 9, 10]. В Российской Федерации во многих регионах снег сохраняется в течение 5 и более месяцев и успевает накопить значительное количество химических соединений. Известно, что снег накапливает в своем составе практически все вещества, поступающие в атмосферу, в связи с этим характер и уровень его загрязнения отражает состояние приземного воздуха, атмосферных осадков, а впоследствии снег может стать источником вторичного загрязнения почвенного покрова, подземных, поверхностных вод [4]. Химический состав проб снежного покрова является косвенным показателем состояния загрязнения атмосферы и позволяет дать количественную величину параметров загрязнения.

Непосредственные сведения о состоянии загрязнения атмосферы по уровню загрязнения снегового покрова на региональном уровне могут быть получены по данным наблюдений в населенных пунктах [2]. Исследования проводились на территории Самарской области, имеющей выраженный индустриальный характер и высокую степень хозяйственной освоенности. Область входит в число основных нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих регионов страны. Удельный вес Самарской области в запасах и добыче нефти на суше России составляет около 1,5 и 3,0 % соответственно [2]. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха населенных мест Самарской области вносят автотранспорт и отрасли промышленности по переработке нефтепродуктов, по производству химических веществ и химических

продуктов и др. В городах области выбросы от автотранспорта составляют более 50 % от всех суммарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [5, 6].

Цель исследования – сравнительная оценка загрязнения снегового покрова в зонах воздействия с преимущественным влиянием автотранспорта (участки вблизи крупных автомагистралей в городском округе (г.о.) Самаре) и в границах ориентировочной санитарно-защитной зоны нефтеперерабатывающего предприятия, расположенного на территории городского округа, – Куйбышевского нефтеперерабатывающего завода (КНПЗ).

Следует отметить, что граница расчетной санитарно-защитной зоны (СЗЗ) нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) значительно сокращена и в некоторых местах проходит вблизи от завода, а на территории ориентировочной санитарно-защитной зоны (до 1 000 м) расположены жилая застройка, дачные участки, детские учреждения и др. На территории до 1 000 м от завода проходят крупные автодороги, в связи с этим возможен комбинированный вклад в антропогенное загрязнение окружающей среды. Тем не менее, территории, прилегающие к КНПЗ, рассматривали как преимущественно находящиеся под влиянием НПЗ.

Материалы и методы. Исследования проводились в течение 2017–2018 гг. Отбор проб снега проводился в соответствии с «Методическими рекомендациями по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами»¹ перед таянием в период максимального накопления в нем химических ингредиентов из атмосферного воздуха. Для отбора пробы использовали снегомер – цилиндр из оцинкованного железа длиной 1 м, диаметром 20 см. Снегомер врезали в снег практически на всю толщину сугроба для получения керна. Для одной пробы отбирали 3–5 кернов. Лабораторные исследования проводили в талой воде и взвешенных веществах.

В г.о. Самаре качество снегового покрова оценивали по девяти внутригородским районам. В каждом районе пробы отбирали в условно «чистой» зоне, где среднесуточная интенсивность автомобильного движения составляла менее 5 000 автотранспортных единиц, и в условно «грязной» зоне, где интенсивность движения была более 5 000 автотранспортных единиц (в среднем она составляла около 20 000 единиц автотранспорта). В общей сложности было отобрано 18 проб, проведено 324 санитарно-химических исследования.

Качество снегового покрова вблизи КНПЗ оценивали на расстоянии 100–1 000 м от завода. Пробы снега отбирали в южном, юго-восточном, восточном, северо-восточном, северном и северо-западном направлениях от завода.

Выбор направлений обусловлен преобладающими ветрами в зимне-весенний период в 2017–2018 гг., а также расположением жилых застроек, для населения которых загрязнение прилегающей территории представляет наибольший риск. В общей сложности было отобрано 25 проб, проведено более 600 санитарно-химических исследований.

Санитарно-гигиеническую оценку снегового покрова проводили в соответствии с СанПиН 2.1.5.980–00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»² и ГН 2.1.5.1315–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»³. В работе использовали широкий спектр санитарно-гигиенических показателей с учетом предполагаемого источника загрязнения (рН, запах, цветность, взвешенные вещества, сухой остаток, жесткость, перманганатная окисляемость, ХПК, азот аммонийный, нитраты и нитриты, фенолы, нефтепродукты (ИК- и УФ-спектроскопия), металлы (медь, кадмий, свинец, цинк), мышьяк, анионные поверхностно-активные вещества). В случае некоторых химических соединений (нефтепродукты, бенз(а)пирен, мышьяк), которые могут адсорбироваться на твердых частицах, проводили анализ их содержания во взвешенных веществах с использованием утвержденных методов количественного определения исследуемых поллютантов в почвенном покрове.

Пробы почвы отбирали в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа»⁴ в тех же местах, что и пробы снегового покрова. Санитарно-химическая оценка почв проводилась по показателям: рН, аммоний (NH_4^+), нитраты, ртуть, анионоактивные поверхностно-активные вещества, фенолы, нефтепродукты, мышьяк, медь, свинец, цинк, кадмий, никель, кобальт, бенз(а)пирен.

Статистическую обработку выполняли с помощью *Microsoft Excel* 2013.

Результаты исследования. Образцы снега возле автотрасс и вблизи гаражных массивов визуально были более загрязненными, чем в местах отбора с небольшой интенсивностью движения автотранспорта. Органолептические свойства снегового покрова в большинстве образцов были неудовлетворительными. Цветность талой воды в СЗЗ КНПЗ была выше соответствующих значений для городского округа Самары [8] и соответствовала достаточно загрязненному водоему. Однако в отличие от водоемов, цветность снега не является истинной, обусловленной растворенными веществами, а связана с антропогенным воздействием (выхлопы автотранспорта, выбросы предприятий).

¹ Методическим рекомендациям по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. М., 1982.

² СанПиН 2.1.5.980–00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 22.06.2000.

³ ГН 2.1.5.1315–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования», утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации 30.04.2003 № 78.

⁴ ГОСТ 17.4.4.02–84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа». М.: Стандартинформ, 2008. 7 с.

Максимальное значение цветности (172 град.) было отмечено на расстоянии 1 км к востоку от предприятия. Талая вода в этой точке отбора характеризовалась также максимальным значением перманганатной окисляемости, высокими значениями химического потребления кислорода, содержания нефтепродуктов, нитратов, нитритов. Несмотря на то что в этой точке не отмечалась высокая интенсивность автомобильного движения, подобные результаты могут быть связаны в некоторой степени с близостью нефтеперерабатывающего завода, крупных автодорог (Пугачевский тракт) и преобладанием западных ветров в зимне-весенний период.

Известно, что незагрязненные атмосферные осадки имеют слабокислую реакцию среды (рН = 5,5–5,6 ед.). Сдвигу реакции среды в нейтральную щелочную сторону способствуют выбросы промышленных предприятий, выхлопы автотранспорта. В среднем значение рН на расстоянии 100–1 000 м от КНПЗ составляло 7,25 (диапазон 5,6–7,67, среднее квадратичное отклонение $\pm 0,26$), что сопоставимо со значениями для

снегового покрова в г.о. Самаре (среднее значение рН составило 7,60, диапазон 6,75–8,36, среднее квадратичное отклонение $\pm 0,34$). Не отмечалось статистически достоверных различий между местами отбора проб с высокой и низкой интенсивностью движения автотранспорта.

В табл. 1 представлена общая характеристика значений санитарно-гигиенических показателей для исследуемых образцов снежного покрова в сравнении со значениями для снежного покрова в г.о. Самаре (средние значения в «условно чистых» и в «условно грязных» зонах), в табл. 2 – значения показателей в зависимости от расстояния от КНПЗ.

Как видно из представленных данных в табл. 1 и 2, основные отличия в химическом составе образцов снега, отобранных на расстоянии до 1 000 м от КНПЗ и во внутригородских районах г.о. Самары, касаются таких показателей, как цветность, жесткость, перманганатная окисляемость, взвешенные вещества, общая минерализация, химическое потребление кислорода.

Таблица 1. Санитарно-гигиеническая характеристика снежного покрова на расстоянии до 1 000 м от КНПЗ в 2018 г. в сравнении с состоянием снежного покрова в г.о. Самаре*

Table 1. Sanitary and hygienic characteristics of snow cover at a distance of up to 1 000 m from Kuibyshev oil refinery in 2018 in comparison with the snow cover state in Samara and its surrounding areas *

Показатель	Средняя концентрация в пробах			Кол-во положительных проб	Средняя концентрация в пробах	Кол-во проб с превышением ПДК/ОДК, %	Средняя концентрация в пробах с превышением ПДК/ОДК (ед. ПДК/ОДК)
	среднее по всем районам	условно «чистая» зона	условно «грязная» зона				
Запах, баллы	2,5 $\pm$ 0,3	2,3 $\pm$ 0,2	2,8 $\pm$ 0,3	17 (68 %)	1,4 $\pm$ 0,6	7 (28 %)	3 $\pm$ 0,5 (1,5)
Цветность, град.	15,4 $\pm$ 4,0	11,0 $\pm$ 3,0	19,7 $\pm$ 2,8	25 (100 %)	55,3 $\pm$ 20,0	неприменимо	неприменимо
рН	7,27 $\pm$ 0,34	7,20 $\pm$ 0,18	7,33 $\pm$ 0,20	25 (100 %)	7,25 $\pm$ 0,26	неприменимо	неприменимо
Жесткость, °Ж	0,52 $\pm$ 0,42	0,23 $\pm$ 0,10	0,82 $\pm$ 0,35	25 (100 %)	3,3 $\pm$ 1,1	неприменимо	неприменимо
Перманганатная окисляемость, мгО/л	5,0 $\pm$ 0,6	5,2 $\pm$ 0,5	4,8 $\pm$ 0,3	25 (100 %)	11,0 $\pm$ 2,7	неприменимо	неприменимо
ХПК, мг/дм ³	43 $\pm$ 24	28 $\pm$ 11	58 $\pm$ 15	25 (100 %)	120 $\pm$ 55	15 (61 %)	170 $\pm$ 45 (5,7)
Взвешенные вещества, мг/дм ³	272 $\pm$ 250	44 $\pm$ 20	500 $\pm$ 180	25 (100 %)	862 $\pm$ 450	неприменимо	неприменимо
Общая минерализация, мг/дм ³	129 $\pm$ 110	45 $\pm$ 40	212 $\pm$ 65	25 (100 %)	962 $\pm$ 540	10 (39 %)	2057 $\pm$ 980 (2,1)
Азот аммонийный, мг/дм ³	2,9 $\pm$ 2,5	1,7 $\pm$ 1,0	4,2 $\pm$ 2,2	25 (100 %)	8,2 $\pm$ 4,5	19 (78 %)	10,9 $\pm$ 4,8 (7,3)
Нитриты, мг/дм ³	0,16 $\pm$ 0,15	0,10 $\pm$ 0,04	0,22 $\pm$ 0,10	25 (100 %)	0,15 $\pm$ 0,05	0	0
Нитраты, мг/л	1,34 $\pm$ 0,25	1,44 $\pm$ 0,28	1,25 $\pm$ 0,20	25 (100 %)	1,76 $\pm$ 1,50	0	0
Нефтепродукты (ИК), мг/дм ³	0,63 $\pm$ 0,08	0,39 $\pm$ 0,09	0,82 $\pm$ 0,31	25 (100 %)	0,44 $\pm$ 0,06	21 (83%)	0,48 $\pm$ 0,05 (1,6)
Нефтепродукты (УФ), мг/дм ³	0,21 $\pm$ 0,18	0,03 $\pm$ 0,03	0,18 $\pm$ 0,15	25 (100 %)	0,26 $\pm$ 0,10	7 (28%)	0,50
аПАВ, мг/дм ³	0,17	0,09	0,19	25 (100 %)	0,17 $\pm$ 0,04	0	0
Фенолы, мг/дм ³	0,026 $\pm$ 0,005	0,028 $\pm$ 0,004	0,024 $\pm$ 0,006	25 (100 %)	0,020 $\pm$ 0,009	1 (5,6%)	0,1 (1,0)
Кадмий, мг/дм ³	0,0006 $\pm$ 0,0003	0,0007 $\pm$ 0,0004	0,0002 $\pm$ 0,0002	15 (60 %)	0,0001 $\pm$ 0,0001	0	0
Свинец, мг/дм ³	0,0004 $\pm$ 0,0002	0,0003 $\pm$ 0,0001	0,0004 $\pm$ 0,0002	21 (84 %)	0,0005 $\pm$ 0,0002	0	0
Медь, мг/дм ³	0,0082 $\pm$ 0,0033	0,0067 $\pm$ 0,0025	0,0097 $\pm$ 0,0025	25 (100 %)	0,005 $\pm$ 0,002	0	0
Цинк, мг/дм ³	0,077 $\pm$ 0,021	0,067 $\pm$ 0,035	0,088 $\pm$ 0,028	25 (100 %)	0,046 $\pm$ 0,038	0	0

Примечание: * – Усредненные данные за 2012–2017 гг. Данные представлены в виде среднего арифметического $\pm$ среднее квадратичное отклонения.

Note: * – Averaged data for 2012–2017. Data are presented as arithmetic mean $\pm$ standard deviation

Таблица 2. Содержание химических веществ в почве и снеговом покрове в г.о. Самаре и на разных расстояниях от КНПЗ

Table 2. The content of chemicals in soil and snow cover in Samara and its surrounding areas and at different distances from Kuibyshev oil refinery

Показатель	Внутригородские районы г.о. Самары				КНПЗ [†]					
	содержание в почве, мг/кг		содержание в снеговом покрове, мг/дм ³ талой воды		содержание в почве, мг/кг			содержание в снеговом покрове, мг/дм ³ талой воды		
	условно «чистая» зона	условно «грязная» зона	условно «чистая» зона	условно «грязная» зона	100–300 м	300–700 м	700–1 000 м	100–300 м	300–700 м	700–1 000 м
Взвешенные вещества	не применимо		44 ± 20	500 ± 180	не применимо			948 ± 340	757 ± 280	221 ± 200
Цинк**	2,0 ± 0,8	14,0 ± 3,5	0,067 ± 0,035	0,088 ± 0,028	16,7 ± 2,5	12,8 ± 3,8	16,4 ± 1,5	0,040 ± 0,018	0,039 ± 0,021	0,019 ± 0,015
Свинец**	0,033 ± 0,018	0,38 ± 0,15	0,0003 ± 0,0001	0,0004 ± 0,0002	0,041 ± 0,014	0,09 ± 0,03	0,024 ± 0,006	0,0002 ± 0,0002	0,0007 ± 0,0004	0,0005 ± 0,0003
Медь**	0,90 ± 0,25	1,39 ± 0,51	0,0067 ± 0,0025	0,0097 ± 0,0025	0,55 ± 0,06	0,39 ± 0,10	0,08 ± 0,03	0,006 ± 0,002	0,005 ± 0,004	0,003 ± 0,002
Кадмий**	0,025 ± 0,020	0,016 ± 0,011	0,0007 ± 0,0004	0,0002 ± 0,0002	0,33 ± 0,20	0,18 ± 0,11	0,07 ± 0,03	0,0002 ± 0,0002	0,0001 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0001
НПР (ИК)	304 ± 120	2 280 ± 1 620	0,39 ± 0,09	0,82 ± 0,31	440 ± 110	290 ± 30	231 ± 2	0,36 ± 0,08	0,44 ± 0,10	0,51 ± 0,12
НПР (ИК) [#]	не применимо		не определялось		не применимо			2,6 ± 1,1	2,6 ± 0,9	0,6 ± 0,3
НПР (УФ)	101	953	0,03 ± 0,03	0,18 ± 0,15	не определялось			0,28 ± 0,05	0,17 ± 0,04	0,31 ± 0,15
НПР (УФ) [#]	не применимо		не определялось		не применимо			4,29	3,82	0,69
Фенолы	18,1 ± 5,2	17,5 ± 5,9	0,028 ± 0,004	0,024 ± 0,006	8,9 ± 2,9	19,0 ± 4,8	4,7 ± 1,4	0,015 ± 0,005	0,016 ± 0,010	0,012 ± 0,008
Бенз(а)пирен [#]	0,004 ± 0,004	0,073 ± 0,035	но	0,000001 ± 0,000001	0,080 ± 0,018	0,23 ± 0,10	0,061 ± 0,003	0,00003 ± 0,00002	0,00011 ± 0,00005	0,000003 ± 0,000003
Азот аммонийный	18,8 ± 9,8	9,8 ± 5,1	1,7 ± 1,0	4,2 ± 2,2	18,8 ± 4,5	18,1 ± 11,0	17,8 ± 4,5	9,3 ± 3,6	6,1 ± 2,8	4,4 ± 1,1

Примечание: НПР – нефтепродукты. Данные представлены в виде среднего арифметического ± стандартное отклонение среднего значения; * – содержание указано для валовой формы; ** – содержание указано для подвижных форм; [#] – содержание во взвешенных веществах в пересчете на 1 дм³ талой воды; [†] – указано расстояние от завода; но – не обнаруживалось.
Note: oil products. Data are presented as arithmetic mean ± standard deviation of the mean; * – content is indicated for gross form; ** – content is indicated for mobile forms; [#] – content in suspended substances in terms of 1 dm³ of melt water; [†] – indicates the distance from the plant; but – not found

Жесткость талой воды на расстоянии до 1 000 м от нефтеперерабатывающего завода соответствовала мягкой воде и воде средней жесткости. Однако воды атмосферных осадков характеризуются очень низкой жесткостью (менее 0,1 Ж), в связи с чем полученные результаты также показывают высокое антропогенное воздействие на исследуемую территорию. На территории до 1 000 м от КНПЗ наблюдалась тенденция к увеличению жесткости вблизи крупных автодорог и гаражных массивов по сравнению с состоянием снегового покрова на небольших улицах ($4,6 \pm 2,0$ и $2,4 \pm 1,6$ Ж соответственно) (табл. 3).

Общая минерализация и содержание взвешенных веществ в снеговом покрове вблизи КНПЗ были достоверно выше, чем в снеговом покрове г.о. Самары (962 и 862 мг/дм³ по сравнению с 272 и 129 мг/дм³ соответственно). Не выявлено существенных различий в пространственном распределении взвешенных веществ в зависимости от расстояния от нефтеперерабатывающего завода. В отношении общей минерализации обнаружилась тенденция к увеличению вблизи автодорог с высокой интенсивностью движения по сравнению с небольшими улицами (212 ± 65 и 45 ± 40 соответственно в целом на территории г.о. Самары; $1 470 \pm 980$ и 550 ± 390 мг/дм³ соответственно на территории, прилегающей к КНПЗ, при отсутствии статистически значимых различий значений на

разных расстояниях от завода) (табл. 2 и 3). Полученные результаты могут быть объяснены отличиями в количестве используемых реагентов для более быстрого таяния снега и льда.

Средние значения химического потребления кислорода (ХПК, трудноокисляемые органические вещества) и перманганатной окисляемости (легкоокисляемые вещества) также были выше в талой воде вблизи нефтеперерабатывающего завода, чем в талой воде в «условно грязных» зонах в г.о. Самаре.

С использованием линейного коэффициента корреляции Пирсона было выявлено наличие очень сильной корреляционной связи между содержанием трудноокисляемых органических веществ и общей минерализацией (r -Пирсона $0,924$), высокой корреляционной связи между жесткостью и общей минерализацией (r -Пирсона $0,835$), содержанием трудноокисляемых органических веществ и анионных поверхностно-активных веществ (r -Пирсона $0,749$) (во всех случаях $p < 0,01$), а также умеренной корреляционной связи между содержанием трудноокисляемых органических веществ и концентрацией нефтепродуктов (ИК-спектроскопия) (r -Пирсона $0,446$; $p = 0,10$). На основании этих результатов предполагается, что общая минерализация в основном обусловлена солями кальция и магния и перешедшими в талую воду трудноокисляемыми органическими соединениями. Трудноокисляемые органические соеди-

нения, в свою очередь, могут быть представлены поверхностно-активными веществами и нефтепродуктами. Следует отметить отличия от выводов, сделанных при анализе снегового покрова в г.о. Самаре, где была обнаружена высокая корреляционная связь между ХПК и концентрацией нефтепродуктов, но не концентрацией поверхностно-активных веществ (г-Пирсона 0,773 и -0,064 соответственно). Таким образом, качественный состав загрязняющих его веществ в крупном городе и вблизи промышленных предприятий может сильно варьировать.

При изучении распространенности биогенов (азота аммонийного, азота нитритов, азота нитратов) определено, что содержание и нитритов, и нитратов находилось в пределах гигиенических нормативов и составляло в среднем 0,15 и 1,76 мг/дм³ соответственно, что сопоставимо со значениями для г.о. Самары (0,16 и 1,34 мг/л). Азот аммонийный в большинстве образцов (78,0 %) содержался в превышающих ПДК концентрациях (средняя концентрация в пробах с превышением ПДК составила 10,6 мг/дм³), что превышает соответствующие значения для снегового покрова г.о. Самары (56,0 % проб с превышением ПДК, средняя концентрация в пробах с превышением ПДК – 4,8 мг/дм³). Более высокие величины по сравнению с другими формами свидетельствуют о свежем загрязнении и замедлении процессов минерализации при низких температурах.

Содержание нефтепродуктов в большинстве образцов (83 %) превышало ПДК, при этом снег был загрязнен как алифатическими (ре-

зультаты количественного определения методом ИК-спектроскопии), так и ароматическими (результаты УФ-спектроскопии) углеводородами (табл. 1). Их содержание в талой воде было сопоставимо в снеговом покрове в г.о. Самаре и в СЗЗ КНПЗ, не выявлено связи между их концентрацией и близостью к крупным автодорогам или нефтеперерабатывающему заводу, что свидетельствует о повсеместном их распространении. Кроме того, отсутствие различий между проанализированными образцами по такому характеристичному для исследуемых источников показателю может свидетельствовать о сопоставимом влиянии этих источников на прилегающую территорию. Более того, содержание углеводородов в почве в «условно грязных» зонах в г.о. Самаре превышало содержание углеводородов в почве на территории до 1 000 м от нефтеперерабатывающего завода (табл. 2).

В связи с тем, что многие углеводороды не растворяются в воде и сорбируются на твердых частицах, для проб с территории КНПЗ нами было проведено количественное определение этих соединений во взвешенных веществах методами ИК- и УФ-спектроскопии с последующим пересчетом на содержание в 1 дм³ талой воды (концентрация нерастворившихся нефтепродуктов). Концентрация нерастворившихся нефтепродуктов в 4–7 раз превышала концентрацию растворенных углеводородов. Следует отметить, что концентрация нерастворившихся углеводородов (по результатам ИК- и УФ-спектроскопии) и взвешенных веществ в талой воде уменьшались с увеличением расстояния от завода.

Таблица 3. Содержание химических веществ в снеговом покрове на расстоянии до 1 000 м от КНПЗ в зависимости от близости автотрасс

Table 3. The content of chemicals in the snow cover at a distance of up to 1 000 m from Kuibyshev oil refinery depending on the proximity of highways

Параметр	Вблизи крупных автодорог или автомобильных стоянок	На небольших улицах
рН, ед. рН	7,30 ± 0,69	7,21 ± 0,23
Запах, баллы	1,5 ± 1,3	1,4 ± 0,8
Цветность, град.	58 ± 30	53 ± 29
Жесткость, Ж	4,6 ± 2,0	2,4 ± 1,6
Взвешенные вещества, мг/дм ³	683,0 ± 340,4	1005,0 ± 450,0
Азот аммонийный, мг/дм ³	13,2 ± 7,5	4,2 ± 3,4
Азот нитритов, мг/дм ³	0,22 ± 0,11	0,10 ± 0,06
Азот нитратов, мг/дм ³	1,35 ± 1,00	2,1 ± 1,7
Перманганатная окисляемость, мгО/дм ³	10,3 ± 3,5	11,5 ± 4,3
Химическое потребление кислорода, мг/дм ³	165 ± 120	85 ± 52
Общая минерализация, мг/дм ³	1473 ± 981	553 ± 356
аПАВ, мг/дм ³	0,20 ± 0,08	0,15 ± 0,05
Нефтепродукты (ИК), мг/дм ³	0,463 ± 0,065	0,429 ± 0,107
Нефтепродукты (ИК, взвешенные вещества)*, мг/дм ³	1,82 ± 0,92	1,98 ± 1,05
Нефтепродукты (УФ), мг/дм ³	0,293 ± 0,151	0,231 ± 0,131
Нефтепродукты (УФ, взвешенные вещества)*, мг/дм ³	2,50 ± 1,50	3,61 ± 1,89
Бенз(а)пирен, мг/дм ³	0,00008 ± 0,00002	0,00006 ± 0,00001
Цинк, мг/дм ³	0,08 ± 0,03	0,02 ± 0,01
Кадмий, мг/дм ³	0,00017 ± 0,00005	0,00009 ± 0,00005
Медь, мг/дм ³	0,006 ± 0,004	0,004 ± 0,002
Свинец, мг/дм ³	0,00036 ± 0,00015	0,00056 ± 0,00028
Фенолы, мг/дм ³	0,023 ± 0,007	0,018 ± 0,011
Мышьяк, мг/дм ³	0,014 ± 0,009	0,028 ± 0,012

Примечание: * – содержание во взвешенных веществах в пересчете на 1 дм³ талой воды.

Note: * – content in suspended substances in terms of 1 dm³ of melt water

Затруднительно однозначно интерпретировать эти результаты, так как могли повлиять особенности отбора проб, ограниченность данных только одним проанализированным периодом, но можно предположить вклад завода в загрязнение территории определенными группами углеводородов.

Как было получено ранее, бенз(а)пирен, полиароматический углеводород, канцероген 1 класса опасности, относящийся к группе 2А (канцерогенные агенты для человека с весьма высокой степенью доказательности) по классификации Международного агентства по изучению рака (МАИР) [12], не определялся в профильтрованной талой воде. Преимущественное обнаружение бенз(а)пирена в твердом осадке согласуется с данными литературы и обусловлено его низкой растворимостью в воде [3, 11]. Среднее содержание бенз(а)пирена в пересчете на 1 дм³ талой воды ($0,000076 \text{ мг/дм}^3$) превышало значения для снегового покрова в г.о. Самаре, и так же, как и для нерастворившихся нефтепродуктов, отмечалась тенденция к уменьшению его концентрации с увеличением расстояния от завода (максимальные значения на расстоянии 300–700 м) (табл. 2). Следует отметить, что содержание бенз(а)пирена в образцах снегового покрова внутригородских районов г.о. Самары было достоверно ниже, чем в среднем на территории СЗЗ КНПЗ.

При сопоставлении данных для почвы и снегового покрова отмечается похожая ситуация пространственного распределения для нефтепродуктов в почве и нерастворившихся углеводородов в снеговом покрове (максимальное накопление до 700 м от завода), бенз(а)пирена в почве и снеге (максимальное накопление 300–700 м от завода) (табл. 2). В образцах почв, отобранных в различных внутригородских районах г.о. Самары, выявлена сопоставимая закономерность в распределении таких загрязняющих веществ, как нефтепродукты, бенз(а)пирен, цинк, медь в зависимости от удаленности от автодорог (табл. 2).

Учитывая преимущественное содержание нефтепродуктов и бенз(а)пирена во взвешенных веществах снегового покрова и сопоставимые закономерности распределения этих соединений в почве и снеговом покрове, можно предположить, что они задерживаются в почве после таяния снега. Пыль с заасфальтированных участков территорий и незадернованных участков почв, наряду с выбросами промышленных предприятий, автотранспорта, может выступать источником поступления взвешенных веществ в атмосферный воздух. Следует отметить, что взвешенные вещества являются одним из приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха населенных пунктов Самарской области. Известно, что химические вещества в атмосферном воздухе могут при определенных обстоятельствах и концентрациях влиять на формирование следующих взаимосвязей: взвешенные вещества, диоксид азота, бенз(а)пирен → болезни органов дыхания, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), в т. ч. бенз(а)пирен → злокачественные новообразования и др. [5, 6]. Неблагоприятное влияние среды обитания могло привести к тому, что бо-

лезни органов дыхания являются преобладающими по распространенности в структуре общей заболеваемости Самарской области (24 % в 2014–2016 гг.) [5, 6].

В снеговом покрове обнаруживались все определяемые металлы (кадмий, свинец, цинк, медь) и мышьяк. Как и в почвенном покрове, максимальное накопление свинца, меди и кадмия отмечалось на расстоянии до 700 м от нефтеперерабатывающего предприятия (табл. 2). Однако в отличие от почвенного покрова, где не было обнаружено достоверных различий в распространении мышьяка и цинка на разных расстояниях от завода, содержание этих элементов в снеговом покрове также показывало тенденцию к уменьшению вдали от НПЗ. Не отрицается вклад других источников, в первую очередь автотранспорта, хотя статистически достоверных различий между содержанием определяемых металлов и мышьяка в снеговом покрове вблизи крупных автодорог и на небольших улицах не выявлено (табл. 3).

Дополняет картину антропогенного загрязнения повсеместное распространение поверхностно-активных веществ, содержание которых было выше на участках с интенсивным движением автотранспорта, чем на небольших улицах ($0,20 \pm 0,08$ и $0,15 \pm 0,05 \text{ мг/дм}^3$ соответственно в СЗЗ КНПЗ; $0,19 \pm 0,09$ и $0,09 \pm 0,05$ соответственно в целом в г.о. Самаре).

Содержание фенолов в основном находилось в пределах гигиенических нормативов, за исключением одной точки отбора (1 км к юго-востоку от НПЗ, гаражный массив). Четкой зависимости между их концентрацией в снеговом покрове, интенсивностью движения автотранспорта и близостью к НПЗ не выявлено.

Заключение. На основании полученных результатов можно охарактеризовать состояние снегового покрова в г.о. Самаре и на расстоянии до 1 000 м от КНПЗ как неудовлетворительное, что свидетельствует о повсеместном его загрязнении под влиянием антропогенных факторов. Наиболее значимым с санитарно-гигиенических позиций показателем является содержание в снеговом покрове в г.о. Самаре нефтепродуктов, взвешенных веществ, трудноокисляемых органических веществ (по ХПК), азота аммонийного, некоторых металлов. Многие важные санитарно-гигиенические показатели (значительная часть углеводородов, бенз(а)пирен) не обнаруживались в профильтрованной воде, но определялись во взвешенных веществах, т. е. в период таяния снега эти химические вещества имеют возможность задерживаться и накапливаться в почве и впоследствии с пылью снова могут поступать в атмосферный воздух [1]. Растворившиеся химические соединения могут стать источниками загрязнения подземных и поверхностных вод.

Следует отметить, что сравнительный анализ химического состава снегового покрова на территории, прилегающей к КНПЗ, и на улицах г.о. Самары не выявил статистически значимых различий. С учетом того, что в границах ориентировочной СЗЗ КНПЗ проходят автодороги, можно предположить значимый вклад автотранспорта в антропогенное загрязнение окружающей среды. Эти выводы согласуются с

данными Управления Роспотребнадзора по Самарской области, что одной из основных проблем на территории Самарской области в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха населенных мест является рост числа передвижных источников загрязнения атмосферы с двигателями внутреннего сгорания, эксплуатируемых без учета пропускной способности уличной сети существующей застройки [5, 6].

Необходима организация мероприятий по предотвращению неблагоприятного воздействия на среду обитания выбросов автотранспорта и промышленных предприятий, а также по снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами (перераспределение транспортного потока транзитного грузового автомобильного транспорта, обеспечение бесперебойной работы городского электрического транспорта, благоустройство территории городских округов (озеленение, ежедневный полив улиц и др.), оперативное оповещение промышленных предприятий с целью снижения выбросов на период прогнозирования неблагоприятных метеоусловий).

ЛИТЕРАТУРА

(см. п. 12 в References)

1. Белых Л.И., Горшков А.Г., Рябчиков И.А., Серышев В.А., Мариняйтэ И.И. Распределение и биологическая активность полициклических ароматических углеводородов в системе: источник – снежный покров – почва – растение // Сибирский экологический журнал. 2004. № 11 (6). С. 793–802.
2. Доклад об экологической ситуации в Самарской области за 2017 год. Самара: 2018. Выпуск 28. 226 с.
3. Журавлева Н.В., Потоккина Р.Р., Исмагилов З.Р., Хабибуллина Е.Р. Загрязнение снежного покрова полициклическими ароматическими углеводородами и токсичными элементами на примере г. Новокузнецка // Химия в интересах устойчивого развития. 2014. № 22. С. 445–454.
4. Курмазова Н.А. Снег как индикатор загрязнения атмосферного воздуха // Материалы XII международной заочной научно-практической конференции «Технические науки – от теории к практике», 30 июля 2012 г. Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. С. 87–90.
5. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Самарской области в 2016 году: Государственный доклад / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Самарской области. ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области», 2016. 209 с.
6. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Самарской области в 2017 году: Государственный доклад / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Самарской области. ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области», 2018. 219 с.
7. Онучин А.А., Буренина Т.А., Зубарева О.И., Трефилова О.В., Данилова И.В. Загрязнение снежного покрова в зоне воздействия предприятий Норильского промышленного района // Сибирский экологический журнал. 2014. № 6. С. 1025–1037.
8. Сазонова О.В., Рязанова Т.К., Сергеев А.К., Судакова Т.В., Торопова Н.М., Вистяк Л.Н. Эколого-гигиенические особенности антропогенного загрязнения снежного покрова в промышленном городе // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 2 (299). С. 34–38.
9. Сазонова О.В., Сергеев А.К., Сухачев П.А., Исакова О.Н., Сухачева И.Ф. Особенности снежного загрязнения в городе Самара // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17, № 2 (2). С. 433–437.
10. Сазонова О.В., Сухачева И.Ф., Дроздова Н.И., Исакова О.Н., Сухачев П.А., Вистяк Л.Н. Мониторинг качества снежного покрова как составляющей среды обитания населения г. Самары // Фундаментальные исследования. 2014. № 10 (часть 1). С. 174–179.
11. Янченко Н.И., Белых Л.И., Слуцкий С.Л., Ланько А.В. Полициклические ароматические углеводороды в твердом осадке и легколетучие органические соединения в фильтрате снежного покрова Братска // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327. № 2. С. 52–58.

REFERENCES

1. Belykh L.I., Gorshkov A.G., Ryabchikov I.A., Seryshev V.A., Marinaite I.I. Raspreделение i biologicheskaya aktivnost' polit-siklicheskih aromatcheskih uglevodorodov v sisteme istochnik – snezhnyi pokrov – pochva – rastenie [Distribution and biological activity of polycyclic aromatic hydrocarbons in the system: source – snow cover – soil – plant]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*, 2004, no. 11 (6), pp. 793–802. (In Russ.)
2. Doklad ob ekologicheskoi situatsii v Samarskoi oblasti za 2017 god [Report on the environmental situation in the Samara region in 2017]. Samara: 2018. Edition 28, 226 p. (In Russ.)
3. Zhuravleva N.V., Potokina R.R., Ismagilov Z.R., Khabibullina E.R. Zagryaznenie snegovogo pokrova polit-siklicheskimi aromatcheskimi uglevodorodami i toksichnymi elementami na primere g. Novokuznetska [Pollution of snow cover with polycyclic aromatic hydrocarbons and toxic elements on the example of Novokuznetsk]. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*, 2014, no. 22, pp. 445–454. (In Russ.)
4. Kurmazova N.A. Sneg kak indikator zagryazneniya atmosferno-gozdukh [Snow as an indicator of air pollution]. *Materialy XII mezhdunarodnoi zaochnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: «Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike»*, 30 iyulya 2012 g. Novosibirsk: Izdatel'stvo «Sibirskaia assotsiatsiya konsultantov» Publ., 2012, pp. 87–90. (In Russ.)
5. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya v Samarskoi oblasti v 2016 godu: Gosudarstvennyi doklad [On the state of sanitary and epidemiological well-being in the Samara region in 2016: State report]. *Upravlenie Federal'noi sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteli i blagopoluchiya cheloveka po Samarskoi oblasti. FBUS «Tsentr gieny i epidemiologii v Samarskoi oblasti»*, 2016, 209 p. (In Russ.)
6. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya v Samarskoi oblasti v 2017 godu: Gosudarstvennyi doklad [On the state of sanitary and epidemiological well-being in the Samara region in 2017: State report]. *Upravlenie Federal'noi sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteli i blagopoluchiya cheloveka po Samarskoi oblasti. FBUS «Tsentr gieny i epidemiologii v Samarskoi oblasti»*, 2018, 219 p. (In Russ.)
7. Onuchin A.A., Burenina T.A., Zubareva O.I., Trefilova O.V., Danilova I.V. Zagryaznenie snezhnogo pokrova v zone vozdeistviya predpriyatii Noril'skogo promyshlennogo raiona [Snow cover pollution in the area of enterprises impact of the Norilsk industrial region]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*, 2014, no. 6, pp. 1025–1037. (In Russ.)
8. Sazonova O.V., Ryzanova T.K., Sergeev A.K., Suda-kova T.V., Toropova N.M., Vistyak L.N. Ekologo-gigienicheskie osobennosti antropogennogo zagryazneniya snegovogo pokrova v promyshlennom gorode [Ecological and hygienic features of anthropogenic snow cover pollution in an industrial city]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2017, no. 2 (299), pp. 34–38. (In Russ.)
9. Sazonova O.V., Sergeev A.K., Sukhachev P.A., Isakova O.N., Sukhacheva I.F. Osobennosti snegovogo zagryazneniya v gorode Samara [Features of snow pollution in Samara]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2015, vol. 17, no. 2 (2), pp. 433–437. (In Russ.)
10. Sazonova O.V., Sukhacheva I.F., Drozdova N.I., Isakova O.N., Sukhachev P.A., Vistyak L.N. Monitoring kachestva snegovogo pokrova kak sostavlyayushchei sredy obitaniya naseleniya g. Samary [Monitoring the snow cover quality as a component of the population habitat of Samara]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, no. 10 (Part 1), pp. 174–179. (In Russ.)
11. Yanchenko N.I., Belykh L.I., Slutskii S.L., Lan'ko A.V. Polit-siklicheskie aromatcheskie uglevodorody v tverdom osadke i legkoletuchie organicheskie soedineniya v filtrate snezhnogo pokrova Bratska [Polycyclic aromatic hydrocarbons in solid sediment and volatile organic compounds in the filtrate of the snow cover of Bratsk]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*, 2016, vol. 327, no. 2, pp. 52–58. (In Russ.)
12. Benzo[a]pyren. Monograph. IARC Working Group. Available at: <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F-14.pdf> Accessed September 02, 2017.

Контактная информация:

Сазонова Ольга Викторовна, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой гигиены питания с курсом гигиены детей и подростков СамГМУ, главный внештатный специалист МЗ СО по диетологии, директор НИИ гигиены и экологии человека ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России e-mail: ov_2004@mail.ru

Contact information:

Sazonova Olga, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head at the Department of Food Hygiene with a course for Hygiene of Children and Adolescents of Samara State Medical University, Chief Freelance Specialist of the Ministry of Health for Nutrition, Director of the Scientific Research Institute of Human Hygiene and Ecology of Samara State Medical University of the Russian Ministry of Health e-mail: ov_2004@mail.ru

