

УДК 551.578.4:504.05/.06(571.62)

## О РЕЗУЛЬТАТАХ ХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СНЕЖНОГО ПОКРОВА ХАБАРОВСКА

Новороцкая А.Г.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, e-mail: novag59@mail.ru*

В работе представлены результаты проведенной снегосъемки и анализа химического состава снежного покрова на территории г. Хабаровска за зимний сезон 2017–2018 гг. Дана оценка состояния атмосферного воздуха в крупном промышленном центре Приамурья в зоне влияния выбросов: предприятий теплоэнергетики – ТЭЦ-1, 2, 3, нефтеперерабатывающего завода и автотранспорта, в рекреационной зоне (парки «Динамо» и ЦПКО, «Детский» санаторий), на льду и в долине р. Амур по следующим параметрам: величине рН, удельной электропроводности, концентрациям главных ионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), биогенных ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{SiO}_2$ ) и взвешенных веществ, величинам: показателя относительной кислотности ( $\text{pH}/\text{pNH}_4$ ) и минерализации, типу химического состава снежного покрова. За зимний сезон в снежном покрове накоплено (в  $\text{т}/\text{км}^2$ ) от 1,040 до 4,114 растворимых минеральных веществ, на долю веществ хозяйственного генезиса в среднем пришлось до 81,5% от общего количества солей. Среднее поступление водорастворимых минеральных веществ – 2,494  $\text{т}/\text{км}^2$ , в том числе в виде  $\text{SO}_4^{2-}$  – 23,4%;  $\text{NO}_3^-$  – 13,4%,  $\text{NH}_4^+$  – 3,9% соответственно, что составило 45% от общего количества выпавших солей. Вклад ионов аммония и нитрат-ионов в суммарное содержание минерального азота в СП составил 38–62% и 37–61%, нитрит-ионов – от 0,02 до 0,08% соответственно. В снежном покрове отмечено превышение предельно допустимой концентрации по ионам аммония до 2 раз в среднем и 3 раз максимально.

**Ключевые слова:** снежный покров, ПДК, тип химического состава, минерализация, главные ионы и биогенные вещества, загрязнение, Хабаровск

## ON THE RESULTS OF CHEMICAL MONITORING OF SNOW COVER OF Khabarovsk

Novorotskaya A.G.

*Institute of Water and Ecology Problems, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, e-mail: novag59@mail.ru*

The paper presents the results of snow survey and analysis of the chemical composition of snow cover in the territory of Khabarovsk for the winter season 2017–2018. An assessment of the state of atmospheric air in the large industrial center of the Amur region in the zone of influence of emissions from thermal power plants – TPP-1, 2, 3, oil refinery and motor transport, in the recreation zone (Dynamo and Central Recreation and Leisure parks, Detsky health resort), on ice and in the valley the Amur River on the following parameters: pH, specific conductivity, concentrations of major ions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), biogenic ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{SiO}_2$ ) and suspended substances; on the following values: relative acidity index ( $\text{pH}/\text{pNH}_4$ ) and mineralization, the type of chemical composition of snow cover. During the winter season, snow cover accumulated (in  $\text{t}/\text{km}^2$ ) from 1,040 to 4,114 soluble mineral substances, and the share of substances of economic genesis amounted to 81.5% of the total amount of salts in average. The average intake of water-soluble mineral substances is 2.494  $\text{t}/\text{km}^2$ , including in the form of  $\text{SO}_4^{2-}$  – 23.4%;  $\text{NO}_3^-$  – 13.4%,  $\text{NH}_4^+$  – 3.9%, respectively, which accounted for 45% of the total amount of salts. The contribution of ammonium ions and nitrate ions to the total content of mineral nitrogen in snow cover was 38–62% and 37–61%, and nitrite ions – from 0.02 to 0.08%, respectively. In the snow cover, the maximum permissible concentration for ammonium ions was up to 3 times maximum.

**Keywords:** snow cover, the maximum permissible concentration, type of chemical composition, mineralization, major ions and biogenic substances, pollution, Khabarovsk

Снежный покров (СП) – естественный планшет-накопитель аэрозольных веществ, в котором происходит аккумуляция и консервация атмосферных выпадений. СП является индикатором не только состояния атмосферы, но и загрязнения почвы и объектов гидросферы [1 – 3]. Интерес к исследованию химического состава СП возрос с 1970-х гг. [2]. В дальневосточном регионе лишь единицы исследователей серьезно занимаются изучением СП [1, 4, 5]. Заслуживают внимания работы по исследованию в СП: органического и неорганического углерода [3, 6], органических компонентов: нефтепродуктов [4, 6], фенолов [4], углево-

дородов: ациклических (н-алканов), ароматических [3, 6] и полициклических ароматических (ПАУ) [3, 7] в г. Хабаровске и на территории Большехецирского заповедника. ПАУ представляют серьезную опасность, из-за их воздействия на живые организмы (канцерогенного, мутагенного и тератогенного) [7]. Результаты по водорастворимым минеральным компонентам СП (главным ионам и биогенным веществам), взвешенным веществам приведены в [1, 8].

В Хабаровском крае со сложными климатическими условиями и длительными снежными зимами (период залегания снега от 4,5 и более месяцев) исследование химического

состава СП приобретает особую актуальность, так как 80% населения городов в крае проживает в условиях высокого и очень высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха. Город Хабаровск – крупный административный центр РФ с площадью 386 км<sup>2</sup> и населением 618 150 чел. человек. Основные стационарные источники загрязнения атмосферы в городе – предприятия теплоэнергетики (ТЭЦ-1, 3) и нефтепереработки (Хабаровский НПЗ). Доля автотранспорта – 45% от суммарного выброса загрязняющих веществ. В г. Хабаровске по данным администрации на конец 2017 г. зарегистрировано более 222 тыс. автомобилей. Уровень загрязнения воздуха в городе – повышенный за счет бенз(а)пирена и формальдегида, из основных примесей атмосфера больше всего загрязнена взвешенными веществами и диоксидом азота. В 2014 и 2015 гг. изменились гигиенические нормативы по формальдегиду и фенолу соответственно, что не отражает реальный уровень загрязнения воздуха [9]. В атмосфере г. Хабаровска отмечен рост в 4–5 раз концентраций летучих ароматических углеводородов, в основном в результате деятельности нефтеперерабатывающего завода, а также автостоянок и автозаправок [10].

В зимний период в г. Хабаровске создаются наиболее неблагоприятные метеоусловия для рассеивания загрязняющих веществ – преобладают юго-западные, западные (70–80%) и северо-восточные ветры (11%) с наибольшей повторяемостью слабых ветров – 17–24%, с наибольшим количеством штилей в году – 14% [11]. Из-за близкого географического расположения города и сопредельной территории КНР с высоким экономическим ростом и загрязнением атмосферы не исключен трансграничный перенос атмосферных примесей на Дальний Восток РФ в соответствии с розой ветров [1, 6].

Цель работы – интегральная оценка состояния атмосферного воздуха в г. Хабаровске по химическому составу СП.

Задачи: исследование химического состава СП в промышленных, парковых зонах и в районе интенсивного движения автотранспорта в г. Хабаровске, количественная оценка поступления растворимых минеральных веществ за зимний сезон 2017–2018 гг., в том числе в виде кислотообразующих форм, минерального азота, веществ антропогенного генезиса с последующим определением наиболее загрязненных участков, выявление возможного трансграничного переноса со стороны КНР.

### Материалы и методы исследования

Отобрано 9 интегральных проб СП (минимум по 10–15 колонок каждая) снегомерным цилиндром ВС–43 на всю его мощность в полиэтиленовые пакеты в период максимального влагозапаса в СП в соответствии с ISO 5667 – 1.2 (2006, 1991) [7] и [12] 13–14 марта 2018 г. на следующих площадках (станциях) г. Хабаровск: правый берег р. Амур (ст. 1), центр города, зона воздействия автотранспорта (ст. 2), на льду р. Амур (ст. 3), санаторий «Детский» (ст. 4); районы парков: «ЦПКО» (Центральный парк культуры и отдыха) (ст. 5), «Динамо» (ст. 6); районы ТЭЦ-1 (ст. 7), ТЭЦ-2 (ст. 8), ТЭЦ-3 (ст. 9) (рис. 1).

Проведена снегосъемка: измерялась высота (h, см), рассчитывались плотность (d, г/см<sup>3</sup>) и влагозапас (P, мм) СП. Образцы СП плавилась при комнатной температуре в закрытой стеклянной посуде (объем проб составил не менее 2,5–3,0 дм<sup>3</sup> в соответствии с [12]), фильтровались под вакуумом через ядерные фильтры с размером пор 0,45 мкм и подвергались химическому анализу на следующие показатели: величина рН, удельная электропроводность (УЭП), главные ионы (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), биогенные (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, SiO<sub>2</sub>) и взвешенные вещества (ВВ) по [12].



Рис. 1. Схема отбора проб снежного покрова в г. Хабаровске (составлена С.И. Левшиной)

Рассчитаны: суммарная концентрация ионов натрия и калия, величина минерализации (M) как сумма всех определенных при анализе минеральных веществ, средневзвешенные (далее – средние) по

казатели СП (с учетом ст. 2). Корреляционный анализ проведен с помощью программы EXCEL-2016. Для выявления зон загрязнения и оценки состояния СП использовались индикаторы экологического состояния СП [1]. Физико-химические характеристики СП сравнивались с условно-фоновыми показателями – для территории Эворон-Чукчагирской низменности по данным 1976–1980 гг. [13] и с предельно допустимыми концентрациями вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК) [14] из-за отсутствия нормативных документов по ПДК для СП. При определении типа химического состава СП использовалась классификация О.А. Алекина [15]. Подробно методы, методики, расчетные формулы, данные по условно-фоновой территории приведены в работе [8].

#### Результаты исследования и их обсуждения

Результаты химического состава (и усредненные данные) СП г. Хабаровска представлены в табл. 1, 2.

Химический состав СП в основном – сульфатно-кальциевый второго типа ( $S_{II}^{Ca}$ ), изредка – сульфатно-кальциево-магниевый второго типа ( $S_{II}^{Ca, Mg}$ ) (ст. 5), для СП, отобранного у автодороги – хлоридно-натриевый третьего типа ( $Cl_{III}^{Na}$ ) (ст. 2), что объяснялось использованием реагентов в качестве антиобледенителей дорог.

Максимальные показатели М, ВВ и УЭП отмечены в СП в зоне влияния выбросов

автотранспорта (ст. 2), которые превысили средние величины (без учета данных ст. 2) по г. Хабаровску в 3 и 4 раза (рис. 2). В СП ст. 2 также наблюдались наибольшие концентрации  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NO_2^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$  и  $SiO_2$ , которые составили 1,7; 2,0; 2,4; 2,2; 8,7 и 1,3 раза от средних величин соответственно. Не исключена потеря доли хлоридов натрия и калия СП за счет их хорошей растворимости в результате начавшегося снеготаяния (при отрицательной температуре воздуха). Наибольшие величины М СП промышленной зоны отмечены для района ТЭЦ-3 (ст. 9) (28,1 мг/дм<sup>3</sup>) – до 1,3 раз средних и 4,9 условно-фоновых единиц. Высокие показатели М характерны и для СП парковых зон: 22,1 и 25,7 мг/дм<sup>3</sup> для станций 5 и 6 соответственно (рис. 1, 2).

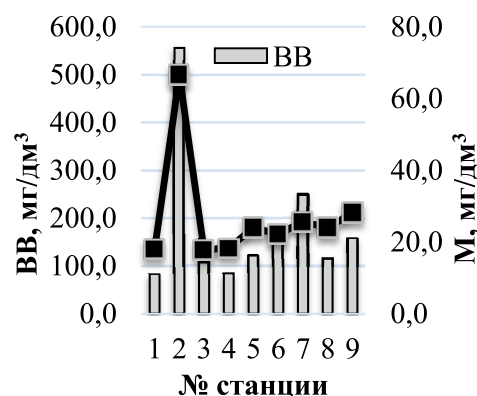


Рис. 2. Содержание взвешенных веществ и величина минерализации снежного покрова, мг/дм<sup>3</sup>

Таблица 1

Интегральные показатели химического состава снежного покрова г. Хабаровска и результаты снегосъемки, март 2018 г. (n = 9)

pH	УЭП, мкСм/см	М, мг/дм <sup>3</sup>	ВВ, мг/дм <sup>3</sup>	pH/pNH <sub>4</sub>	h, см	d, г/см <sup>3</sup>	P, мм
4,96–6,64 5,40	14,8–100,3 30,7	17,9–66,5 25,9	83,3–555,9 172,0	1,1–1,6 1,3	26–56 43	0,17–0,26 0,22	58–134 96

Примечание: здесь и далее над чертой – минимальное и максимальное значение, под чертой – средневзвешенное значение, n – количество проб.

Таблица 2

Содержание главных ионов и биогенных веществ в снежном покрове г. Хабаровска, март 2018 г., мг/дм<sup>3</sup> (n = 9)

Компонент								
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (P)	SiO <sub>2</sub>
1,4–3,1 1,9	0,4–1,9 0,8	2,7–8,7 4,3	1,9–22,7 4,2	4,81–8,02 6,06	0,59–1,51 1,01	2,42–5,11 3,48	0,037–0,381 0,154	0,37–0,69 0,53

Минимальные величины рН СП обнаружены для ст. 8, 4, 1 и 2 (ниже 5,60, характерной для незагрязненных атмосферных осадков): от 4,96 до 5,13, средняя величина рН для района исследований (без учета пробы СП на ст. 2) – 5,37, что характеризует сдвиг рН в сторону кислой среды. Максимальные значения рН СП (до 6,64; 6,33) отмечены для промышленной зоны района ТЭЦ-1, ТЭЦ-3, что вполне естественно, так как защелачивание СП происходит в результате взаимодействия с золой топлива. Среди парков следует выделить парк «Динамо», находящийся в центре города, в зоне влияния выбросов автотранспорта, и характеризующийся большим загрязнением СП ионами аммония (до 3 ПДК), чем «ЦПКО», где обнаружена более значительная концентрация нитрат-ионов в СП (4,37 мг/дм<sup>3</sup>). Район санатория «Детский», находящегося в северной части г. Хабаровска, по физико-химическим показателям нельзя принять в качестве фонового района. Несмотря на минимальное содержание нитрат-ионов в СП ст. 4 величина М СП составила до 3,2 условно-фоновых единиц, содержание ионов аммония – до 1,9 ПДК. Концентрация NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в СП на всех станциях наблюдения – выше ПДК (рис. 3), в среднем – до 2 раз [14]. По величине показателя относительной кислотности СП (рН/рNH<sub>4</sub>), которая изменялась от 1,1 (ст. 1) до 1,6 (ст. 7) (при среднем показателе – 1,3), атмосферу г. Хабаровска на станциях 1, 3, 4, 8 можно охарактеризовать как слабо подверженную, а на ст. 2, 5, 6, 7, 9, как подверженную непосредственному влиянию хозяйственной деятельности [1]. Более низкие величины: М СП, показателя относительной кислотности (рН/рNH<sub>4</sub>) зимнего сезона 2017–2018 гг. по сравнению с показателями для прошлого года объяснялись гидрометеорологическими особенностями периодов наблюдений.

Минеральные соединения азота в СП представлены NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Вклад ионов аммония и нитрат-ионов в суммарное содержание минерального азота в СП составил 38–62% и 37–61%, нитрит-ионов – от 0,02 до 0,09% соответственно. Вклад нитрит- и нитрат-ионов в зимний сезон 2016–2017 гг. был выше: 0,03–7,7% и 37–85% соответственно. За зимний сезон наблюдений поступило (в т/км<sup>2</sup>) от 0,074 (ст. 3) до 0,227 (ст. 5), в среднем – 0,151 минерального азота.

Максимальная концентрация ортофосфат-ионов обнаружена в СП ст. 9, что

связано с использованием угля в качестве ископаемого топлива на ТЭЦ-3, минимальные – в СП ст. 1, 3. Содержание НРО<sub>4</sub><sup>2-</sup> в СП соответствовало таковому в СП и атмосферных осадках во время лесных пожаров [13].

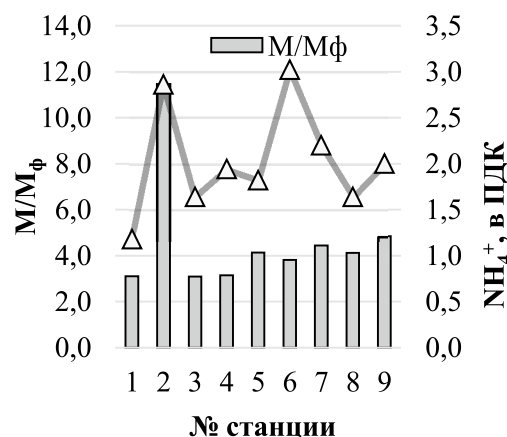


Рис. 3. Величины минерализации снежного покрова г. Хабаровска в условно-фоновых (М<sub>ф</sub>) единицах и содержание ионов аммония в СП в ПДК

Концентрация ВВ в СП зимнего сезона 2017–2018 гг. выше прошлогоднего значения в 1,3 раза, минимальное содержание ВВ отмечено в СП станций 1, 3 за счет преобладающих ветров по долине р. Амур, максимальное – в зоне влияния ТЭЦ-1 – ст. 7. Выбросы автотранспорта в центре города привели к локальному максимальному загрязнению СП ВВ – на ст. 2 содержание пыли в СП в 4 раза выше среднего значения.

За исследованный зимний сезон в СП накоплено (в т/км<sup>2</sup>) от 1,040 (станция 3) до 4,114 (станция 2) (рис. 4), в среднем – 2,494 т/км<sup>2</sup> растворимых минеральных веществ. В основном из атмосферы в СП поступали соли главных ионов (80%), доля биогенных веществ составила 20%, кислотообразующих форм: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 23,4%; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 13,4%; ионов аммония – около 4%. До 81,5% от общего количества солей в СП в среднем пришлось на долю веществ хозяйственного генезиса. Полученные количественные характеристики согласовывались с данными для сезона 2016–2017 гг. Несмотря на более низкую величину М СП на фоне снижения поступления нитрат-ионов в 1,1 раза по сравнению с прошлым сезоном доля поступления сульфат-ионов и ионов аммония в СП за исследованный период возросла в 1,6 и 1,1 раз.

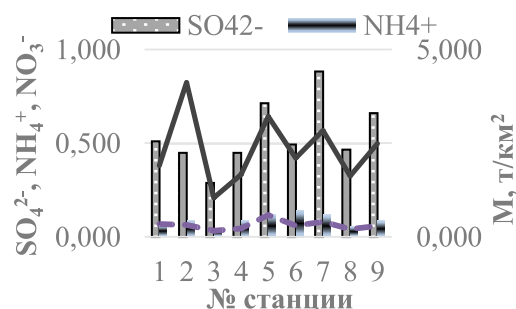


Рис. 4. Поступление сульфат-, нитрат-ионов, ионов аммония, минеральных веществ в СП г. Хабаровска за зимний сезон 2017–2018 гг., т/км<sup>2</sup>

Значимые величины коэффициентов корреляции ( $r$ ) характеризовали тесную связь между параметрами (табл. 3). Из таблицы видно, что влагозапас в СП зависит от высоты СП, а величины УЭП, М СП – в основном определяются содержанием почти всех компонентов кроме сульфат-, орто-фосфат-ионов и ионов аммония. Величины  $r$  подтверждают вышеизложенные

данные по поступлению растворимых минеральных веществ из атмосферы в СП за зимний сезон.

Более детальную количественную характеристику (в том числе пылевую нагрузку и пр.) для исследованной территории по химическому составу СП на данном этапе исследования рассчитать не представилось возможным из-за отсутствия гидрометеорологической информации, в частности по датам образования устойчивого СП и его схода, датам перехода среднесуточных температур воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  и  $-5^{\circ}\text{C}$  весной, осенью и зимой соответственно для расчета длительности зимнего сезона, сумм выпавших атмосферных осадков как в зимний, так и в предзимний период года, что чрезвычайно важно для понимания процессов выведения примесей из атмосферы. В официальных источниках МПР Хабаровского края [9] с 2017 г. отсутствует информация о климатических особенностях года, что затрудняет выявление роли метеорологических факторов в формировании химического состава СП.

Таблица 3

Расчетные значения коэффициентов парной корреляции ( $r$ )

	h	P	pH	УЭП	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>	M
h	1															
P	<b>0,85</b>	1														
pH	0,25	0,45	1													
УЭП	-0,53	-0,40	0,32	1												
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	-0,55	-0,40	0,22	<b>0,99</b>	1											
Ca <sup>2+</sup>	-0,51	-0,42	0,21	<b>0,78</b>	<b>0,80</b>	1										
Mg <sup>2+</sup>	-0,23	-0,16	0,54	<b>0,92</b>	<b>0,89</b>	<b>0,73</b>	1									
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-0,24	-0,26	0,55	<b>0,68</b>	0,57	0,54	<b>0,75</b>	1								
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,23	-0,14	0,60	0,65	0,52	0,21	<b>0,67</b>	<b>0,83</b>	1							
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,32	-0,25	0,54	<b>0,93</b>	<b>0,89</b>	<b>0,81</b>	<b>0,97</b>	<b>0,79</b>	0,65	1						
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,33	0,13	0,53	0,30	0,22	0,38	0,48	0,56	0,36	0,56	1					
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0,13	-0,14	0,53	0,47	0,42	0,61	0,65	0,47	0,30	0,59	0,34	1				
Cl <sup>-</sup>	-0,57	-0,43	0,19	<b>0,99</b>	<b>1,00</b>	<b>0,78</b>	<b>0,87</b>	0,60	0,55	<b>0,88</b>	0,22	0,37	1			
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,13	0,13	0,57	<b>0,77</b>	<b>0,80</b>	0,61	<b>0,83</b>	0,43	0,41	<b>0,82</b>	0,27	0,41	<b>0,76</b>	1		
SiO <sub>2</sub>	0,03	0,03	<b>0,75</b>	<b>0,70</b>	0,63	0,50	<b>0,86</b>	<b>0,75</b>	<b>0,70</b>	<b>0,88</b>	<b>0,73</b>	0,55	0,61	<b>0,74</b>	1	
M	-0,49	-0,36	0,34	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>	<b>0,83</b>	<b>0,94</b>	0,66	0,58	<b>0,95</b>	0,32	0,52	<b>0,98</b>	<b>0,82</b>	<b>0,71</b>	1

Примечание. Табличные значения:  $r = 0,67$ ,  $P = 0,95$ ,  $f = 7$ , где  $P$  – достоверность,  $f$  – степень свободы ( $f = n - 2$ ), **жирным** шрифтом выделены значимые значения  $r$ .

Таким образом, можно заключить, что на формирование химического состава снежного покрова г. Хабаровска оказывали влияние газопылевые выбросы от стационарных и передвижных источников, что проявилось в повышении концентраций сульфат-ионов, ионов аммония в снегу, в закислении и защелачивании снежного покрова, в увеличении содержания взвешенных веществ (пыли). Влияние антропогенной деятельности на снежный покров отразилось в возрастании величины его минерализации до 4,9 условно-фоновых единиц и превышении ПДК по ионам аммония до 3 раз максимально. За зимний сезон 2017–2018 гг. в снегу накоплено в среднем около 2,5 т/км<sup>2</sup> растворимых минеральных веществ, доля веществ антропогенного генезиса составила более 80%. Не исключены: трансграничный перенос загрязняющих веществ со стороны КНР в соответствии с розой ветров в зимний период и вероятность поступления загрязняющих веществ в почвенный покров и в воды р. Амур в весенний период при снеготаянии.

#### Список литературы / References

- Новороцкая А.Г. Химический состав снежного покрова как индикатор экологического состояния Нижнего Приамурья: автореф. дис. ... канд. географ. наук. Хабаровск, 2002. 24 с.  
Novorotskaya A.G. The chemical composition of snow cover as an indicator of the ecological state of the Lower Amur region: avtoref. dis. ... kand. geograf. nauk. Khabarovsk, 2002. 24 p. (in Russian).
- Калманова В.Б. Экологическое состояние снежного покрова как показатель качества урбанизированной среды (на примере г. Биробиджана) // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–2 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21525> (дата обращения: 09.12.2018).  
Kalmanova V.B. The ecological condition of the snow cover as an indicator of the quality of the urban environment (by the example of Birobidzhan) // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. № 2–2 [Electronic resource]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21525> (date of access: 09.12.2018) (in Russian).
- Левшина С.И. Распределение органических веществ в поверхностных водах и снежном покрове территории государственного природного заповедника «Большехехцирский» // Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата: сборник докладов Всероссийской конференции (Хабаровск, 29 сентября – 3 октября 2014 г.). Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2014. С. 104–107.  
Levshina S.I. Organic matter distribution in surface waters and snow cover in the Bolshehekhtsirsky state nature reserve // *Water and Ecological Problems, Ecosystems Transformations under the Global Climate Change: All-Russia Conference Proceedings* (Khabarovsk, September 29 – October 3, 2014). Khabarovsk: IWEP FEB RAS, 2014. P. 104–107 (in Russian).
- Levshina S. Petroleum products and phenols in snow cover in Khabarovsk, southern Russian Far East Water, Air, & Soil Pollution. 2012. vol. 223. no 6. P. 3553–3563. DOI: 10.1007/s11270-012-1136-2.
- Калманова В.Б. Исследование техногенного загрязнения атмосферного воздуха г. Биробиджана // Современные проблемы регионального развития: тезисы VII Всероссийской научной конференции (Биробиджан, 9–11 октября 2018 г.) / Под ред. Е.Я. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, ФГБУ ВО «ПГУ им. Шолом-Алейхема», 2018. С. 11–15. DOI: 10.31433/978-5-904121-22-8-2018-11-15.  
Kalmanova V.B. The study of technogenic pollution of atmospheric air of the city of Birobidzhan // *Present Problems of Regional Development: Materials of the VII All-Russian Scientific Conference* (Birobidzhan, October 09–11, 2018), edited by E.Ya. Frisman. Birobidzhan: ICARP FEB RAS, FSBEI HPE «Sholom-Aleichev PSU», 2018. P. 11–15 (in Russian).
- Левшина С.И. Органические вещества в снежном покрове территории государственного природного заповедника «Большехехцирский» в период аномально снежной зимы // Регионы нового освоения: Современное состояние природных комплексов и вопросы их охраны: сборник материалов конференции с международным участием (г. Хабаровск, 11–14 октября 2015 г.). Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2015. С. 184–186.  
Levshina S.I. Organic matter in the Snow Cover in Time of Anomalously Snowy Winter in the Bolshehekhtsirsky State Wildlife Reserve // *Regions of New Development: Current State of Natural Complexes and the Problems of their Protection: conference with International Participation Proceedings* (Khabarovsk, October 11–14, 2015). Khabarovsk: IWEP FEB RAS, 2015. P. 184–188 (in Russian).
- Левшина С.И. Загрязнение снежного покрова территории Большехехцирского государственного природного заповедника полициклическими ароматическими углеводородами // Природные опасности, современные экологические риски и устойчивость экосистем: VII Дружининские чтения: материалы Всероссийской конференции с международным участием. (Хабаровск, 2–5 октября 2018 г.). Хабаровск: ООО «Омега-пресс», 2018. С. 228–231.  
Levshina S.I. Polycyclic aromatic hydrocarbon (pah) pollution in snow of the Bol'shehekhtsirsky state nature reserve area // *Natural hazards, modern environmental risks and ecosystem resilience: VII Dmzhinin's Readings: the Scientific Conference Proceedings* (Khabarovsk, October 2–5, 2018). Khabarovsk: ООО Omega-Press, 2018. P. 228–231 (in Russian).
- Новороцкая А.Г. Эколого-глюциохимические критерии оценки состояния атмосферы г. Хабаровск // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 12 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/12/75274> (дата обращения: 09.12.2018).  
Novorotskaya A.G. Glaciochemical criteria assessment of Khabarovsk atmosphere conditions // *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii*. 2016. № 12 [Electronic resource]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/12/75274> (date of access: 09.12.2018) (in Russian).
- Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2017 году / под ред. А.Б. Ермолина. Воронеж: ООО «Фаворит», 2018. 250 с.  
State report on the state and protection of the environment of the Khabarovsk Territory in 2017 / ed. A.B. Ermolin. Voronezh: ООО «Favorit», 2018. 250 p. (in Russian).
- Подпенко Е. Чем мы дышим? Опасен ли воздух в Хабаровске? [Электронный ресурс]. URL: <https://habinfo.ru/chem-my-dyshim-opasen-li-vozduh-v-habarovske/> (дата обращения 10.12.2018).  
Podpenko E. What do we breathe? Is the air in Khabarovsk dangerous? [Electronic resource]. URL: <https://habinfo.ru/chem-my-dyshim-opasen-li-vozduh-v-habarovske/> (date of access 10.12.2018) (in Russian).
- Новороцкий П.В. Экологические аспекты загрязнения атмосферного воздуха Хабаровска. Препринт: ИВЭП ДВО РАН, Хабаровск, 1993. 43 с.  
Novorotsky P.V. Environmental aspects of air pollution in Khabarovsk. Preprint: IWEP FEB RAS, Khabarovsk, 1993. 43 p. (in Russian).
- Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. М., 1991. 556 с. (ред. от 11.02.2016).  
Guidelines for the control of air pollution. RD 52.04.186-89. M., 1991. 556 p. (red. of 11.02.2016) (in Russian).
- Иванов А.В., Кашин Н.П. Лесные пожары и многолетняя изменчивость химического состава атмосферных осадков и снежного покрова // Гидрохимические материалы. 1989. № 95. С. 3–14.  
Ivanov V.V., Kashin N.P. Forest fires and long-term variability of the chemical composition of precipitation and snow cover // *Hydrochemical materials*. 1989. № 95. P. 3–14 (in Russian).
- Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (Зарегистрировано в Минюсте России 13.01.2017 № 45203).  
Order of the Ministry of Agriculture of Russia dated December 13, 2016 № 552 «On approval of water quality standards for water bodies of fisheries significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in waters of water bodies of fisheries value» (Zaregistrirvano v Minyuste Rossii 13.01.2017 № 45203) (in Russian).
- Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: ГИМИЗ, 1970. 444 с.  
Alekin O.A. Basics of hydrochemistry. L.: GIMIZ, 1970. 444 p. (in Russian).