

УДК 556.114.6

ОСОБЕННОСТИ КАЧЕСТВА ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ХАБАРОВСКА ВО ВРЕМЯ ПОЛОВОДЬЯ.

1. ОСНОВНЫЕ ИОНЫ И БИОГЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА

© 2024 г. В. П. Шестеркин^{а, *}, И. С. Синькова^а, Н. М. Шестеркина^а

^аХФИЦ, Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
Хабаровск, 680000 Россия

*e-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru

Поступила в редакцию 06.09.2022 г.

После доработки 17.05.2023 г.

Принята к публикации 27.11.2023 г.

Представлены результаты изучения химического состава воды малых рек г. Хабаровска в период весеннего половодья в 2018–2022 гг. Показано значительное варьирование концентраций основных ионов и биогенных веществ в речных водах, обусловленное большими различиями химического состава талых снеговых, подземных, сточных вод, а также вод из изношенных систем водоснабжения и водоотведения. В начале периода снеготаяния максимальные минерализация, концентрация хлоридных ионов и ионов натрия в центре города, превышающие ПДК, и хлоридно-натриевый состав из-за использования противогололедных реагентов установлены в воде рек, дренирующих районы с интенсивным движением автотранспорта. Наибольшее загрязнение речных вод аммонийным и нитритным азотом, фосфатами отмечено в начале половодья вследствие выноса с поверхности водосборов. Показано, что в течение половодья в воде многих рек, кроме питающихся коммунальными сточными водами, концентрации растворенных веществ постепенно снижаются, состав воды становится гидрокарбонатно-кальциевым.

Ключевые слова: Хабаровск, малые реки, весеннее половодье, загрязнение, хлориды, аммонийный и нитритный азот, фосфаты.

DOI: 10.31857/S0321059624030104 EDN: ATZILS

ВВЕДЕНИЕ

Урбанизация – мощный фактор преобразования химического состава вод малых рек из-за сбросов промышленных и бытовых сточных вод, вод ливневого и талого стока [16]. В г. Хабаровске, основанном в 1858 г., проблема качества вод малых рек существует давно. В 1905 г. санитарный врач А.В. Чириков писал, что “...реки Плюснинка, Чердымовка и Лесопилка, впадающие в Амур, по-видимому, предназначены городской администрацией для роли естественной канализации”, “...по ложу речки Плюснинки струится клоачная жидкость и несколько ниже казенного дебаркадера изливается в реку, к несчастью именно в том месте, где берут воду как водовозы, так и корейцы-водоносы” [18].

Дальнейшее расширение территории города, протянувшегося вдоль Амура, затронуло водо-

сборы малых рек Матренихи, Полежаевки, Березовой и др., начиная с 1958 г. – реки Плюснинка, Чердымовка, Лесопилка и Курча-Мурча были постепенно убраны в бетонные коллекторы.

Мониторинг за качеством вод рек Черной и Березовой с 1975 г. осуществляет “Росгидромет” в период открытого русла. Согласно материалам этих наблюдений, р. Черная – “очень грязная”, а р. Березовая – “грязная”. В настоящее время они – приемники сточных вод МУП “Водоканал”. В 2021 г. в эти водотоки в составе сточных вод поступило 1.29 т фосфатов, 0.4 т нефтепродуктов [2].

Исследования ИВЭП ДВО РАН в 1997–1998 гг. дали возможность получить первые сведения о содержании основных ионов и биогенных веществ в период открытого русла в воде притоков рек Черной и Березовой [6]. Материа-

лы наблюдений в декабре 2017 г. – марте 2018 г. свидетельствовали о загрязнении рек центральной части г. Хабаровска аммонийным и нитритным азотом [17, 19].

В меньшей степени изучено качество вод малых рек в период весеннего половодья, когда в их питании доминируют талые снеговые воды. Снежный покров, как известно [8], хороший индикатор загрязнения атмосферы зимой из-за сорбции аэрозолей, частиц пыли, сажи и др. Немногочисленные сведения о химическом составе снежного покрова г. Хабаровска свидетельствуют о загрязнении его соединениями азота и фосфора [9, 17, 20]. Рост количества автотранспорта и использование для борьбы с гололедом химических средств не могли не повлиять на качество вод малых рек города. Так, 18 ноября 2018 г. после выпадения 7 мм снега на дорогах Хабаровска было использовано более 160 т песчано-соляной смеси, 19 т реагента и 3 т технической соли [15]. Аналогичная ситуация имела место и в последующие годы.

Исследования в г. Минске свидетельствуют, что во время снеготаяния больше всего загрязнены воды с дорог, в которых в результате использования противогололедных реагентов содержание Cl^- достигало 805–5660 мг/дм³, Na^+ – 610–3580 мг/дм³ [10]. В г. Москве в 2000–2001 гг. общее количество загрязняющих веществ, поступивших в реки с талыми водами, составляло ~60% валовых сбросов загрязняющих веществ в водоемы города. Иногда содержание хлоридов в сбрасываемом в реки снеге превышало ПДК в 20–100 раз [13].

Отсутствие мониторинга качества вод малых рек г. Хабаровска в период весеннего половодья обусловило необходимость изучения пространственно-временной изменчивости качества вод в эту фазу водного режима.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Наблюдения на малых реках г. Хабаровска проводили с 11 марта по 19 апреля в 2018–2022 гг. Мониторинг отсутствовал на р. Лесопилке в 2020–2022 гг. из-за работ на набережной, р. Чердымовке в апреле 2021–2022 гг. – из-за заполнения коллектора водами Амура. Пробы воды

отбирали с поверхности, анализировали в ЦКП при ИВЭП ДВО РАН. В образцах воды по [14] определяли содержание главных ионов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} и Cl^-) и биогенных веществ (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- и HPO_4^{2-}). Схема района исследований дана на рис. 1. При оценке загрязнения использовали значения ПДК вредных веществ для водных объектов рыбохозяйственного значения РФ [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Химический состав вод малых рек Хабаровска формируется на Среднеамурской низменности, ограниченной на севере Воронежскими высотами, на юге – предгорьями Большого и Малого Хехцира, в центральной части города – на холмисто-увалистой поверхности. Во время половодья в питании рек активное участие принимают талые снеговые воды, на отдельных водотоках – воды из изношенных систем водоснабжения и водоотведения, иногда – сточные воды жилищно-коммунального хозяйства.

В г. Хабаровске средняя дата образования устойчивого снежного покрова – 15 ноября, ранняя – 16 октября, разрушения – 28 марта и 1 февраля соответственно. Наибольшая высота снежного покрова достигает 35 см, наименьшая – 7 см [3]. Во время наблюдений сумма осадков за декабрь–февраль изменялась от 9 (2018–2019 гг.) до 47 мм (2021–2022 гг.) [11].

В начале марта водный сток на большинстве рек из-за промерзания и образования наледей отсутствует, сохраняется лишь на реках Безымянной, Плюснинке, Лесопилке, Чердымовке, редко на реках Матренихе и Полежаевке из-за питания сточными водами.

Малые реки на окраине города с преимущественно малоэтажной застройкой, садово-огородными участками

Малые реки в южной (Матрениха, Безымянная, Красная речка) и северо-восточной частях города (Черная, Гнилая падь, Полежаевка, Березовая) характеризуются большим различием химического состава вод из-за разной освоенности водосборов.



Рис. 1. Картограмма территории расположения водотоков: 1 – Матрениха; 2 – Безымянная; 3 – Красная речка; 4 – Черная; 5 – Гнилая падь; 6 – Плюснинка; 7 – Чердымовка; 8 – Лесопилка, 9 – Курча-Мурча; 10 – Полежаевка; 11 – Березовая.

В начале снеготаяния (II декада марта) максимальная минерализация вследствие выноса основной массы солей из снежного покрова отмечается в воде р. Красная речка, дренирующей в верхнем течении садовые участки и участок федеральной автомобильной дороги А370 “Усури”, а в нижнем течении – строения частного сектора (табл. 1, 2). Меньше содержание солей в воде р. Безымянной, питающейся неочищенными сточными водами. Минерализация воды этих рек по сравнению с зимой была выше соответственно в 2 и 1.3 раза [19]. В воде р. Полежаевки, водосбор которой освоен под садово-огородные участки, больших различий минерализации между зимой и весной нет. Воды остальных рек, в питании которых эпизодически участвуют сточные воды, содержат солей существенно меньше (в р. Матренихе в 1.6–2.2 раза), чем зимой [19].

Во время снеготаяния минерализация речных вод резко снижается, достигая наименьших за половодье значений (рис. 2).

Большие различия отмечаются в соотношениях концентраций основных ионов. В воде рек Красная речка, Матренихи, Черной и Гнилая падь из-за выноса противогололедных солей в начале таяния снега преобладает Na^+ (42–49% экв), в конце – Ca^{2+} (40–48% экв). В воде р. Безымянной в марте также доминирует Na^+ (до 51% экв), в апреле – аммонийный азот (до 32% экв). Иная ситуация характерна для рек Березовой и Полежаевки, в воде которых в марте содержится в среднем больше Ca^{2+} (до 39% экв).

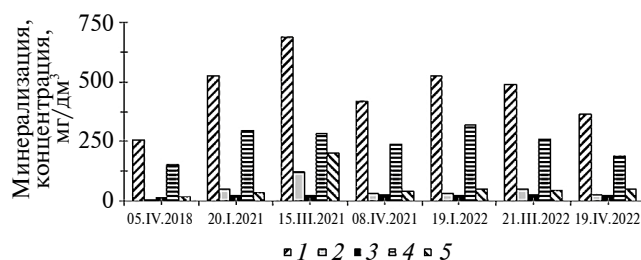


Рис. 2. Содержание растворенных веществ в воде р. Безымянной в 2018, 2021, 2022 гг.: 1 – минерализация; 2 – Na^+ ; 3 – Ca^{2+} ; 4 – HCO_3^- ; 5 – Cl^- .

Таблица 1. Химический состав вод малых рек южной части г. Хабаровска (здесь и в табл. 2, 3 числитель – минимальное и максимальное, знаменатель – среднее значение)

Показатель	Река					
	Матрениха		Безымянная		Красная речка	
	Март	Апрель	Март	Апрель	Март	Апрель
pH	6.8	<u>6.8–7.4</u> 7.2	<u>7.2–7.3</u> 7.2	<u>7.2–7.4</u> 7.3	7.9	<u>6.7–7.4</u> 7.1
Na ⁺ , мг/дм ³	51	<u>4.4–13</u> 8	<u>49–124</u> 87	<u>4–33</u> 22	160	<u>6–9</u> 7
K ⁺ , мг/дм ³	11.2	<u>3.3–5.0</u> 4.0	<u>11.2–14.8</u> 13	<u>5.5–8.8</u> 7.6	16.7	<u>2.0–3.0</u> 2.5
Ca ²⁺ , мг/дм ³	25	<u>8–14</u> 11	<u>24–30</u> 27	<u>18–23</u> 20	87	<u>11–16</u> 13
Mg ²⁺ , мг/дм ³	7.0	<u>2.5–3.5</u> 3.0	<u>7.5–9.7</u> 8.6	<u>5.1–7.2</u> 6.1	32	<u>2.5–4.0</u> 3.2
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	187	<u>54–74</u> 67	<u>269–284</u> 272	<u>153–239</u> 194	556	<u>42–62</u> 55
Cl ⁻ , мг/дм ³	29	<u>6–10</u> 8	<u>44–203</u> 124	<u>20–50</u> 38	183	<u>6–12</u> 9
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	22	<u>7–20</u> 12	<u>24–27</u> 25	<u>20–27</u> 25	63	<u>2.0–16</u> 8
NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	3.3	<u>1.3–2.2</u> 1.8	<u>3.0–30.3</u> 16.7	<u>14.9–24.9</u> 17.9	20.4	<u>0.5–3.5</u> 1.7
NO ₂ ⁻ , мг N/дм ³	0.10	<0.03	<u><0.01–0.38</u> 0.19	<u><0.01–0.03</u> 0.02	0.15	<u>0.02–0.07</u> 0.05
NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	1.78	<u>0.42–1.09</u> 0.69	<u>0.01–0.70</u> 0.35	<u><0.01–0.38</u> 0.17	2.28	<u>0.84–1.45</u> 1.17
HPO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	0.86	<u>0.09–0.18</u> 0.14	<u>1.03–3.12</u> 1.78	<u>0.69–2.15</u> 1.33	0.77	<u>0.04–0.10</u> 0.07
Минерализация, мг/дм ³	347	<u>111–127</u> 120	<u>482–687</u> 585	<u>356–416</u> 336	1137	<u>101–114</u> 108

В воде большинства рек в половодье среди анионов доминирует HCO₃⁻ (48–70% экв), на втором месте хлориды (14–33% экв). Лишь в воде р. Безымянной в начале половодья преобладает Cl⁻ (51% экв.), в конце – HCO₃⁻ (67% экв). Поэтому по химическому составу воды в основном относятся к гидрокарбонатному классу, группе натрия (март) или кальция (апрель), первому или второму классу [1].

Характерная черта вод рек города из-за выноса с поверхности водосборов и сброса сточных вод – повышенное содержание биогенных веществ [16].

Аммонийная – основная форма соединений азота в воде исследуемых рек. Повышению его содержания способствуют процессы денитрификации, протекающие в условиях дефицита растворенного в воде кислорода и больших количеств органических веществ. Максимальное содержание, значительно превышающее ПДК

(0.39 мг N/дм³), в начале снеготаяния отмечено в воде рек, в питании которых постоянно (Безымянная) или эпизодически участвуют сточные воды (Черная, Гнилая падь), выносятся органические удобрения с садово-огородных участков (Красная речка, Полежаевка, Матрениха). В воде рек Березовой, Матренихи, Безымянной и Гнилая падь в начале половодья содержание иона аммония в среднем ниже, чем зимой, соответственно в 9.7, 8.7, 2.9 и 1.6 раза из-за разбавления талыми снеговыми водами [19].

В период половодья содержание аммонийного азота в воде большинства рек, за исключением водотоков, питающихся сточными водами (Безымянная, Гнилая падь и Черная), снижается и достигает наименьших за половодье значений (рис. 3).

Присутствие нитритного азота в речных водах обусловлено в основном процессами разложения

Таблица 2. Химический состав вод малых рек северо-восточной части г. Хабаровска

Показатель	Река							
	Черная		Гнилая падь		Полежаевка		Березовая	
	Март	Апрель	Март	Апрель	Март	Апрель	Март	Апрель
pH	<u>7.3–7.4</u> 7.3	<u>7.0–7.4</u> 7.2	<u>7.2–7.4</u> 7.3	<u>7.2–7.6</u> 7.4	<u>6.5–7.8</u> 7.3	<u>7.0–7.5</u> 7.3	7.7	<u>6.8–7.8</u> 7.4
Na ⁺ , мг/дм ³	<u>25–88</u> 57	<u>14–26</u> 19	<u>27–54</u> 40	<u>20–31</u> 27	<u>10–38</u> 19	<u>9–23</u> 15	30.3	<u>18–38</u> 25
K ⁺ , мг/дм ³	<u>10.8–15.3</u> 13.1	<u>8.8–9.5</u> 9.2	<u>10.8–11.0</u> 10.9	<u>6.0–7.1</u> 6.7	<u>3.0–16.0</u> 9.8	<u>5–8</u> 6	10.5	<u>4.6–6.6</u> 5.4
Ca ²⁺ , мг/дм ³	<u>25–34</u> 30	<u>26–40</u> 32	<u>33–53</u> 43	<u>38–54</u> 45	<u>20–34</u> 26	<u>23–40</u> 30	31	<u>18–29</u> 16
Mg ²⁺ , мг/дм ³	<u>8.9–18.9</u> 13.9	<u>6.5–7.7</u> 7.2	<u>9.3–12.8</u> 11.1	<u>8.8–10.7</u> 10.0	<u>4.7–10.4</u> 7.1	<u>5.4–9.7</u> 7.0	9.2	<u>4.4–8.2</u> 6.1
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	<u>185–272</u> 229	<u>100–148</u> 128	<u>175–209</u> 192	<u>194–203</u> 198	<u>81–127</u> 101	<u>76–142</u> 103	128	<u>94–163</u> 119
Cl ⁻ , мг/дм ³	<u>42–75</u> 59	<u>19–30</u> 24	<u>52–73</u> 63	<u>27–41</u> 36	<u>17–53</u> 26	<u>17–23</u> 19	22	<u>17–23</u> 21
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	<u>22–37</u> 30	<u>21–43</u> 30	23	<u>24–51</u> 34	<u>12–40</u> 22	<u>22–60</u> 35	75	<u>15–33</u> 22
NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	<u>11.3–19.2</u> 15.3	<u>3.7–5.7</u> 4.9	<u>6.1–6.9</u> 6.5	<u>4.2–9.8</u> 6.2	<u>0.29–28.8</u> 6.3	<u>0.95–2.02</u> 1.33	1.4	<u>1.46–2.49</u> 1.94
NO ₂ ⁻ , мг N/дм ³	<u>0.01–0.03</u> 0.02	<u>0.04–0.08</u> 0.06	<u>0.04–0.13</u> 0.09	0.04	<u>0.02–0.08</u> 0.04	<u>0.02–0.06</u> 0.03	0.04	<u>0.02–0.04</u> 0.03
NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	<u>0.02–0.14</u> 0.08	<u>0.82–1.81</u> 1.29	<u>0.52–0.86</u> 0.69	<u>0.41–1.26</u> 0.85	<u>0.14–1.90</u> 1.16	<u>0.65–1.67</u> 1.10	1.31	<u>0.47–1.22</u> 0.87
HPO ₄ ²⁻ , мг P/дм ³	<u>1.06–1.43</u> 1.25	<u>0.05–0.50</u> 0.23	<u>0.06–0.09</u> 0.08	<u>0.03–0.37</u> 0.15	<u>0.02–4.99</u> 1.07	<u>0.03–0.06</u> 0.04	0.20	<u>0.09–0.22</u> 0.11
Минерализация, мг/дм ³	<u>219–546</u> 383	<u>211–373</u> 301	<u>391–404</u> 398	<u>351–368</u> 370	<u>173–343</u> 229	<u>166–319</u> 224	315	<u>186–314</u> 229

органических веществ и нитрификации. Содержание этого вещества меняется в очень широких пределах (табл. 1, 2). Максимальное загрязнение (> 21 ПДК) отмечается в начале половодья в воде рек Красная речка и Гнилая падь. Менее загрязнены остальные реки. В период снеготаяния его содержание в воде рек снижается, причем в реках Матренихе и Безымянной — из-за

анаэробных условий до предела обнаружения. Повышение концентрации нитритного азота наблюдается лишь в воде р. Черной (табл. 2) из-за влияния сточных вод.

Максимальная концентрация нитратного азота в начале снеготаяния отмечается в воде Красной речки и Березовой, в конце снеготая-

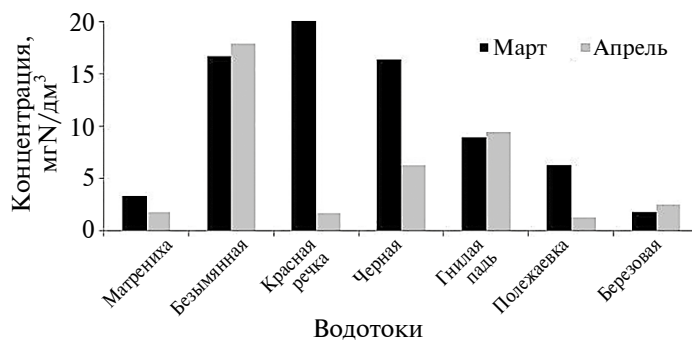


Рис. 3. Среднее содержание иона аммония в воде рек окраин г. Хабаровска в период половодья в 2018–2022 гг.

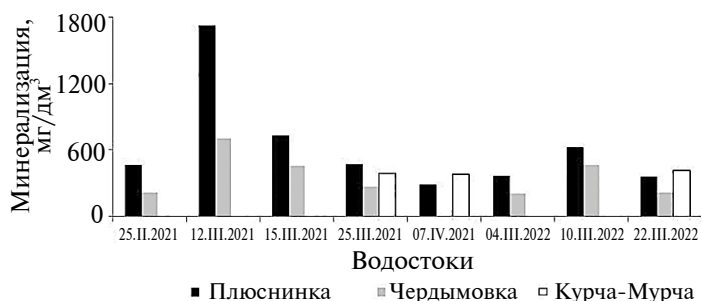


Рис. 4. Изменение минерализации воды рек центральной части г. Хабаровска в феврале–апреле 2021–2022 гг.

ния – Черной (табл. 1, 2). Наименьшее его содержание, часто ниже предела обнаружения, отмечено в Безымянной за счет денитрификации. Аналогичные значения в воде этой реки, а также Матренихи, Гнилой пади и Березовой наблюдались и зимой [19].

В больших диапазонах меняется содержание фосфатов, максимальные величины из-за выноса удобрений с дачных участков отмечаются в начале снеготаяния в воде Красной речки, Полежаевки и Черной. Менее загрязнены фосфатами в это время воды Матренихи, Безымянной, Березовой и Гнилой Пади, в питании которых принимают участие и сточные воды. Повышенные концентрации фосфатов в воде Черной, Матренихи и Березовой наблюдались и ранее [6], что свидетельствует о хроническом загрязнении этих водотоков фосфатами. В конце снеготаяния содержание этого вещества в воде большинства рек значительно снижается. Исключение – р. Безымянная, в которую в течение года сбрасываются сточные воды.

Малые реки центральной части города (Плюснинка, Чердымовка, Лесопилка, Курча-Мурча)

Малые реки центральной части города, питающиеся подземными водами, водами изношенных систем водоснабжения и водоотведения, как и зимой, характеризуются слабощелочными величинами рН. По сравнению с реками окраин города, они характеризуются более высоким содержанием в воде основных ионов, соответственно – минерализацией, значительной амплитудой их колебаний (табл. 3).

Максимальная минерализация отмечена в воде р. Плюснинки во второй декаде марта

2021 г. (табл. 3) после малоснежной зимы (в декабре–феврале выпало 24 мм осадков). В воде р. Чердымовки, часть водосбора которой занята малоэтажными бараками, минерализация воды была ниже в 2.4 раза. По сравнению с зимой [19] из-за выноса противогололедных реагентов с первыми порциями талых вод ее значения в воде этих рек были выше в 3.6 и 3.4 раза соответственно. В 2018–2020 и 2022 гг. содержание солей в воде этих рек было ниже (рис. 4). Такие большие различия могут быть вызваны как разными сроками наступления снеготаяния, так и количеством используемых на дорогах реагентов.

Существенные различия были в солевом составе. В начале снеготаяния в марте 2018 г. в воде Чердымовки и Плюснинки относительное содержание Cl^- достигало 74% экв, превышало значение ПДК в 1.2 и 1.1 раза соответственно, в то время как в воде Лесопилки эти значения составляли 13% экв и 0.05 ПДК. Более высокое содержание Cl^- отмечалось в воде Плюснинки в марте 2021 г. (78% экв и 2.4 ПДК). Доля Na^+ среди катионов в воде Плюснинки и Чердымовки в марте 2018 г. составила 62 и 66% экв (1.4–1.5 ПДК), на втором месте был Ca^{2+} (23 и 20% экв соответственно). Иная ситуация была характерна для Лесопилки, дренирующей территорию частных домов, в ее воде содержание Ca^{2+} достигало 43% экв, Na^+ – 32% экв. Наибольшее содержание Na^+ было характерно для вод Плюснинки и Чердымовки в марте 2021 г. (71–78% экв), причем в первой оно составляло 3.6 ПДК.

Поэтому, по классификации О.А. Алекина [1], в начале снеготаяния воды Плюснинки и Чердымовки относились к хлоридному классу,

Таблица 3. Химический состав вод малых рек центральной части г. Хабаровска

Показатель	Река							
	Плюснинка		Чердымовка		Лесопилка		Курча-Мурча	
	Март	Апрель	Март	Апрель	Март	Апрель	Март	Апрель
pH	<u>7.1–8.1</u> 7.6	<u>7.6–7.8</u> 7.7	<u>7.0–7.8</u> 7.5	7.2	<u>6.8–7.3</u> 7.1	7.5	<u>7.6–7.8</u> 7.7	7.8
Na ⁺ , мг/дм ³	<u>22–435</u> 104	<u>17–24</u> 20	<u>13–180</u> 67	16.9	<u>24–38</u> 31	23	<u>25–32</u> 28	29
K ⁺ , мг/дм ³	<u>5.7–10.5</u> 8.0	<u>3.6–6.5</u> 5.0	<u>3.0–12.5</u> 5.7	5.5	<u>10.0–14.0</u> 12.0	6.5	<u>5.0–11.0</u> 8	6.4
Ca ²⁺ , мг/дм ³	<u>31–59</u> 47	<u>39–64</u> 52	<u>17–47</u> 31	43	<u>33–44</u> 39	42	<u>31–50</u> 43	53
Mg ²⁺ , мг/дм ³	<u>5.5–31.0</u> 15.2	<u>9.3–14.2</u> 11.8	<u>4.5–10.9</u> 7.6	10.6	<u>6.5–7.4</u> 7.0	9.1	<u>12–13</u> 13	12
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	<u>102–266</u> 196	<u>164–259</u> 212	<u>91–182</u> 130	185	<u>129–188</u> 159	234	<u>193–229</u> 210	209
Cl ⁻ , мг/дм ³	<u>39–720</u> 186	<u>31–63</u> 47	<u>14–331</u> 111	56	<u>14–54</u> 34	39	<u>40–59</u> 42	40
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	<u>12–30</u> 20	<u>16–20</u> 18	<u>9–19</u> 15	15	<u>18–26</u> 22	9.0	<u>17–26</u> 21	29
NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	<u>0.9–6.0</u> 3.5	<u>1.9–2.3</u> 2.1	<u>0.7–8.1</u> 3.0	4.3	<u>6.7–15.3</u> 10.0	5.76	<u>0.4–11.1</u> 4.3	2.6
NO ₂ ⁻ , мг N/дм ³	<u>0.05–0.40</u> 0.15	<u>0.14–0.26</u> 0.12	0.04–0.20 0.10	0.12	<u>0.10–0.16</u> 0.13	<0.03	<u>0.01–0.04</u> 0.03	0.06
NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	<u>1.11–2.39</u> 1.71	<u>0.10–0.11</u> 0.10	<u>0.99–1.58</u> 1.19	1.48	<u>0.90–2.15</u> 1.52	0.01	<u>0.8–2.1</u> 1.2	1.20
HPO ₄ ²⁻ , мг P/дм ³	<u>0.01–0.33</u> 0.06	<u>0.03–0.06</u> 0.04	<u>0.01–0.49</u> 0.14	0.09	<u>0.25–0.64</u> 0.47	0.09	<u>0.07–0.32</u> 0.08	0.02
Минерализация, мг/дм ³	<u>260–1720</u> 649	<u>291–458</u> 375	<u>172–795</u> 410	345	<u>307–461</u> 384	370	<u>326–412</u> 377	387

группе натрия, Лесопилки – к хлоридному классу, группе кальция-натрия, третьему типу.

Во время половодья минерализация воды постепенно снижается (рис. 4), изменяется и ее химический состав (табл. 3). Более резкое снижение содержания Na⁺ по сравнению с остальными катионами приводит к появлению вод гидрокарбонатного класса, группы кальция, второго типа. Наряду со снижением содержания Ca²⁺, Na⁺ и Mg²⁺ в конце марта 2018 г. в воде отмечается повышение содержания K⁺.

На спаде половодья, в I декаде апреля, минерализация речных вод достигает наименьших значений. В р. Плюснинке основной вклад в минерализацию внесли HCO₃⁻ и Ca²⁺ (34 и 27% экв соответственно). Содержание Na⁺ и Cl⁻ было < 11% экв.

В малоснежные зимы 2018–2019 и 2019–2020 гг. содержание основных ионов в воде рек

в начале снеготаяния было значительно ниже, вероятно, из-за использования меньшего количества реагентов. По составу воды рек были гидрокарбонатно-кальциевыми или гидрокарбонатными натриево-кальциевыми.

Среди минеральных форм азота в начале половодья доминирует ион аммония, причем по сравнению с реками окраин, в которых его содержание менялось от 0.3 до 28.8 мг N/дм³, в водотоках центральной части города оно варьировало в более узких пределах. Максимальная концентрация (до 40 ПДК), как и зимой, отмечена в воде р. Лесопилки (табл. 3). Несколько меньшей (до 28 ПДК) она была зафиксирована в воде р. Курча-Мурча, дренирующей территорию нефтепергонного завода (рис. 5). В воде остальных рек в это время концентрации аммонийного азота были < 21 ПДК и превышали зимние значения.

В начале половодья воды рек центральной части города более загрязнены нитритным азо-

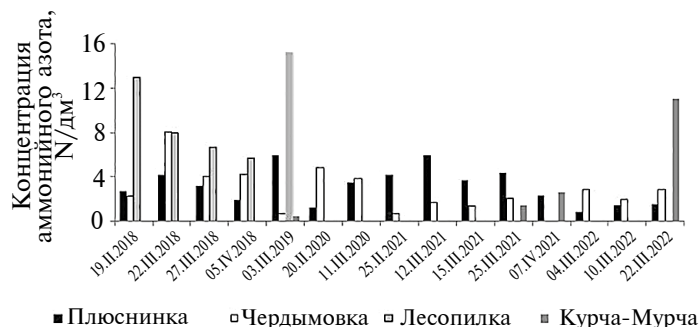


Рис. 5. Изменение содержания аммонийного азота в воде малых рек центральной части г. Хабаровска в феврале–апреле 2018–2022 гг.

том (до 20 ПДК, за исключением р. Курча-Мурча), чем реки окраин (кроме р. Безымянной, питающейся неочищенными сточными водами). Наименьшие его значения отмечены в воде р. Курча-Мурча, наибольшие – р. Плюснинки (табл. 3).

В более широких пределах (0.3–1.6 мг N/дм³), чем зимой, варьирует содержание нитратного азота. Максимальными значениями (как и нитритного азота) характеризуются воды р. Плюснинки (табл. 3).

Поведение минерального фосфора не отличалось от поведения остальных биогенных веществ. Наибольшие концентрации также отмечены в начале половодья, они были значительно ниже, чем в воде рек окраин города (табл. 1–3). По сравнению с зимней меженью [19] концентрации фосфатов в воде Плюснинки и Чердымовки во время половодья были выше, а р. Лесопилки – значительно выше. В конце половодья содержание этого вещества в воде центральной части города снижалось до 0.02–0.09 мг P/дм³, т. е. также было ниже, чем на окраине Хабаровска.

ВЫВОДЫ

Малые реки г. Хабаровска во время весеннего половодья значительно различаются по химическому составу воды, содержанию основных ионов и биогенных веществ, что обусловлено большой разницей химического состава талых снеговых, подземных и сточных вод, вод изношенных систем водоснабжения и водоотведения.

В районах интенсивного движения автотранспорта использование противогололедных реагентов в зимний период обуславливает максимальные минерализацию и концентрации Na⁺ и Cl⁻ (в центре города они >ПДК) и хлоридно-натриевый состав речных вод в начале снеготаяния.

Воды большинства малых рек загрязнены аммонийным и нитритным азотом и фосфатами за счет их поступления с поверхностным стоком, наибольшие концентрации отмечены в начале половодья.

В течение половодья содержание растворенных веществ в воде рек, за исключением питающихся сточными водами, постепенно снижается, состав воды становится гидрокарбонатно-кальциевым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 442 с.
2. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2021 году. Хабаровск: МПР Хабаровского края, 2022. 256 с.
3. *Лобченко Е.Е., Минина Л.И., Гончаров А.В., Ничипорова И.П., Сорокина Е.Ф.* Тенденции изменения качества поверхностных вод в районе г. Екатеринбург // Современные проблемы гидрохимии и формирования качества вод. Матер. науч. конф. с международ. участием. Ростов-на-Дону: ГХИ, 2010. С. 130–133.
4. *Лобченко Е.Е., Минина Л.И., Лямперт Н.А., Ничипорова И.П., Листопадова Н.Н.* Динамика уровня загрязненности поверхностных вод бассейна р. Москва // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга

- качества поверхностных вод. Материалы науч. конф. с международ. участием. Ростов-на Дону: ГХИ, 2015. Ч. 1. С. 84–88.
5. *Морина О.М., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Иванова Е.Г.* Проблемы качества малых рек г. Хабаровск и его окрестностей // Города Дальнего Востока: экология и жизнь человека. Материалы науч. конф. Владивосток; Хабаровск: ДВО РАН, 2003. С. 104–106.
 6. *Нефедова Е.Г.* Внутригодная изменчивость содержания основных поллютантов в малых водотоках городского округа г. Воронеж // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Тр. VI международ. науч.-практ. конф. Пермь: ПГУ, 2017. Т. 2. С. 73–76.
 7. *Никаноров А.М.* Гидрохимия. Ростов-на-Дону: НОК, 2008. 461 с.
 8. *Новороцкая А.Г.* О результатах химического мониторинга снежного покрова Хабаровска // Успехи современного естествознания. 2018. № 12-2. С. 374–379.
 9. *Овчарова Е.П., Хомич В.С., Чудук В.Н.* Влияние поверхностного стока с городской территории на химический состав и качество речных вод // Экологическое состояние водных объектов. Качество вод и научные основы их охраны. Докл. VI Всерос. гидрол. съезда. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. С. 154–158.
 10. *Петров Е.С., Новороцкий П.В., Ленишин В.Т.* Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Владивосток; Хабаровск: Дальнаука, 2000. 174 с.
 11. Погода и Климат.
http://www.pogodaiklimat.ru/history/31735_2.htm
 12. Приказ Минсельхоза России от 13.2016 № 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”. М.: Минюст России, 2017. № 45203.
 13. *Примин О.Г., Тен А.Э.* Экологическая оценка использования противоголедных реагентов в зимний период в г. Москве // Экология и пром-сть России. 2018. Т. 22. № 4. С. 11–15.
 14. РД 52.18.595-96 Руководящий документ Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды. <https://docs.cntd.ru/document/1200036098> (дата обращения: 19.08.2021)
 15. Свыше 160 тонн песчано-соляной смеси высыпали хабаровские дорожники на городские улицы.
<https://www.dvnovosti.ru/khab/2018/11/16/91091/>
 16. *Скакальский Б.Г.* Формирование гидрохимического режима поверхностных вод в условиях антропогенного воздействия // Экологическое состояние водных объектов. Качество вод и научные основы их охраны. Докл. VI Всерос. гидрол. съезда. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. С. 99–109.
 17. *Фишер Н.К., Гаретова Л.А., Имранова Е.Л., Кириенко О.А., Афанасьева М.И.* Оценка экологического состояния малых рек центральной части Хабаровска в период снеготаяния // Региональные проблемы. 2018. Т. 21. № 3. С. 35–44.
 18. *Чириков А.В.* Реки Амурского бассейна (Шилка, Амур и Сунгари) в санитарном отношении. 1905. СПб.: МПС, 133 с.
 19. *Шестеркин В.П., Афанасьева М.И.* Гидрохимия малых рек центральной части Хабаровска в период половодья // Материалы II международ. науч.-практ. конф. Чита: ЗабГУ, 2018. С. 59–64.
 20. *Шестеркин В.П., Афанасьева М.И., Шестеркина Н.М.* Особенности качества воды малых рек Хабаровска в зимний период // Геоэкология, инженерная геология, геоэкология. 2019. № 3. С. 78–87.
 21. *Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Форина Ю.А.* Химический состав снежного покрова г. Хабаровск и его пригородной зоны // Города Дальнего Востока: экология и жизнь человека. Материалы конф. Дружининские чтения. Вып. 1. Владивосток; Хабаровск: ДВО РАН, 2003. С. 177–179.