

Заключение

В результате проведенных исследований выявлены некоторые закономерности взаимодействия морских и речных вод – изменение температуры, солености, химических показателей.

Содержание хлорофилла *a* в воде на исследуемом разрезе изменялось в пределах от 0,27 до 2,5 мкг/л. Наибольшие концентрации (2,5 и 1,96 мкг/л в фазу прилива и отлива соответственно) отмечены на станциях, наиболее приближенных к устью реки. Среднее значение растительного пигмента составило 1,27 мкг/л, что чуть ниже полученного ранее (1,5 мкг/л). Азот и фосфор в поверхностной водной массе представлены в основном органическими соединениями. Содержание нитритов (до 0,002 мг N/л), нитратов (до 0,06 мг N/л), ионов аммония (до 0,035 мг N/л) и минерального фосфора в пробах морской воды незначительное. Большую часть из всех форм азота составил азот органический (0,33–1,36 мг N/л), а содержание общего фосфора изменялось в пределах 12,2–18,3 мкг/л.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 09-05-00658-а.

Литература

1. Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. Ч. I. СПб., 1995. С. 93–97.
2. Бергер В. Я. Продукционный потенциал Белого моря. СПб., 2007. С. 61–65.
3. ГОСТ 17.1.04.02-90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла. М., 1990. 15 с.
4. Запара Е. В., Белевич Т. А., Ильяш Л. В. Структура сообщества планктонных водорослей Белого моря при разных источниках азота и уровня освещенности // Современные проблемы альгологии: Материалы междунар. конф. и VI Школы по морской биологии. Ростов-на-Дону, 2008. С. 153–155.
5. Налетова И. А., Сапожников В. В. Биогенные элементы и продукционно-деструкционные процессы в Белом море // Океанология. 1993. Т. 33, № 2. С. 195–200.
6. Федоров В. Д., Житина Л. С., Корсак М. Н., Белая Т. И. Распределение биомассы и продукции фитопланктона в бассейне Белого моря // Биологические науки. 1980. № 11. С. 72–76.
7. Шевченко В. П., Филиппов А. С., Богунов А. Ю. и др. Геохимические исследования снега, льда и воды в устьевой зоне реки Северной Двины в феврале 2006 г. // Вестник АГТУ. 2008. № 74. С. 118–135.

МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА р. ПЯСИНА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

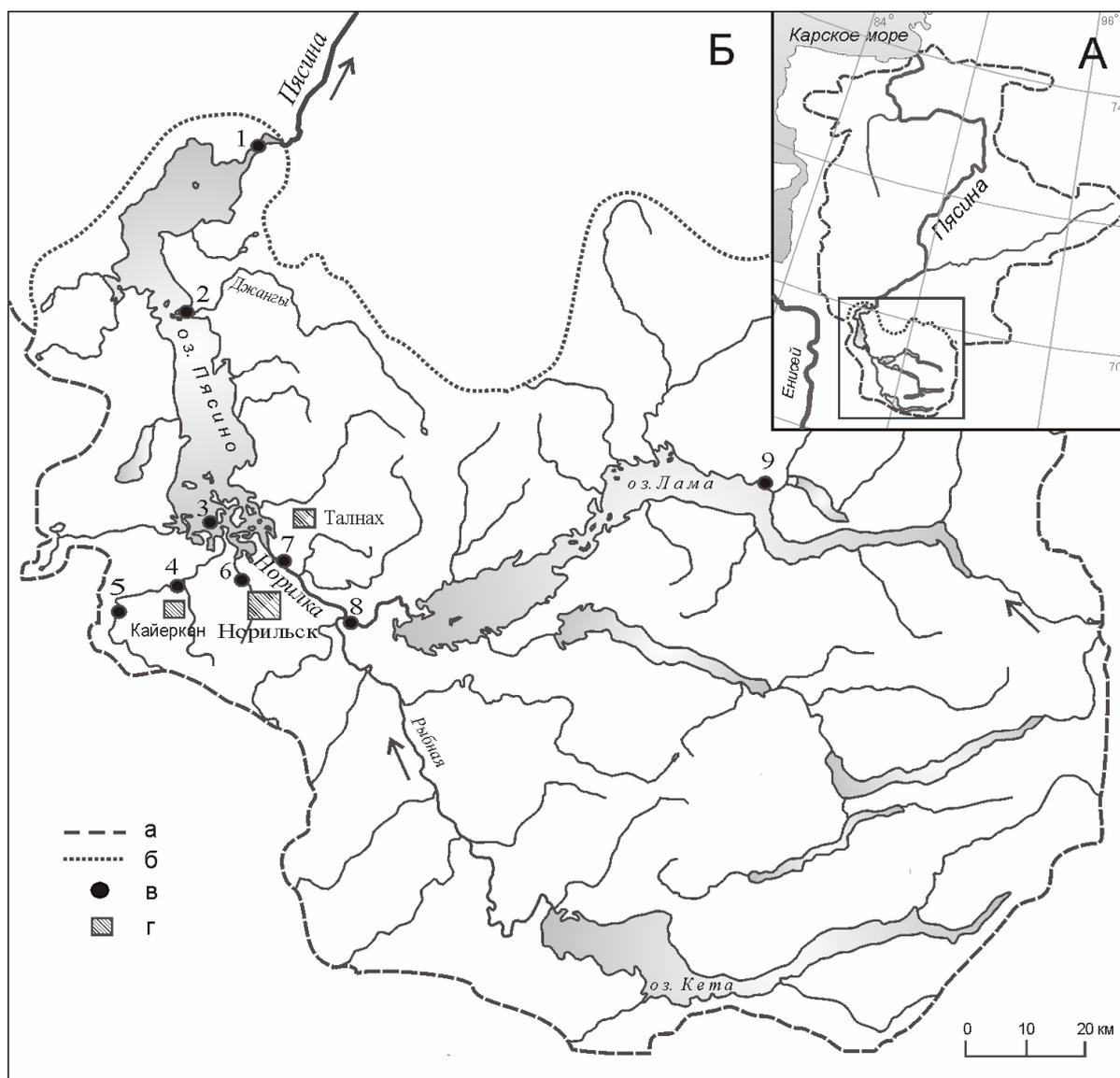
Е. В. Румянцева

Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт

Введение

В водосборном бассейне р. Пясина выделяется ее верхняя часть – озерно-речная система, включающая оз. Пясино и впадающие в него реки и называемая Норило-Пясинской водной системой. Собственно рекой Пясина считается ее транзитный участок от истока из оз. Пясино до выхода в море (см. рис.). Характерной особенностью водосборного бассейна р. Пясина является то, что примерно 20% стока, впадающего в Карское море, формируется на водосборе Норило-Пясинской водной системы. Поэтому оценка качества вод на транзитном участке р. Пясина во многом зависит от показателей Норило-Пясинской водной системы.

Норило-Пясинская водная система испытывает наибольшее антропогенное воздействие от предприятий Норильского горно-металлургического комплекса и населенных пунктов Норильского района. Загрязнение вод р. Пясина распространяется ниже по течению в Пясинский залив Карского моря. Особую актуальность исследование приобретает в связи с разработкой нормативов качества поверхностных вод, учитывающих региональные особенности и индивидуальные характеристики водных объектов, что предусматривается новым водным законодательством РФ.



Водосборный бассейн р. Пясина (А) и ее верхнего участка Норило-Пясинской водной системы (Б):

а, б – границы водосборных бассейнов р. Пясина и Норило-Пясинской водной системы; в – пункты гидрохимических наблюдений; г – населенные пункты

1 – оз. Пясина, 0,5 км от истока р. Пясина; 2 – оз. Пясина, 4 км от устья р. Джанглы; 3 – оз. Пясина, 10 км от устья р. Амбарной; 4 – р. Амбарная, 13 км от устья; 5 – р. Амбарная, 30 км от устья; 6 – р. Щучья, 6 км от Норильска; 7 – р. Норилка, 1 км выше впадения р. Рыбной; 9 – оз. Лама, дом отдыха «Лама»

Целью исследования является оценка многолетней изменчивости качества вод Норило-Пясинской водной системы по химическим показателям за период 1980–2003 гг. в условиях антропогенного воздействия.

Ранее вопросу изучения качества вод объектов Норило-Пясинской водной системы в условиях антропогенного воздействия было посвящено небольшое количество работ. Обобщение исследований по влиянию антропогенной нагрузки на водосборе Норило-Пясинской системы представлено в работе А. В. Евсеева и др. [3] и др. Основные итоги многолетних режимных гидрохимических наблюдений, впервые приведенные в статье В. А. Брызгалю и др. [2], обобщены до 1998 г.

Материалы и методы

Исходными материалами для оценки качества поверхностных вод послужили данные гидрологических и гидрохимических наблюдений сети Росгидромета. Гидрохимические данные получены из Гидрохимического института при совместной плановой научно-исследовательской работе.

Режимные наблюдения за качеством поверхностных вод исследуемого района проводились на 9 гидрохимических пунктах, обозначенных на рис. Пункты наблюдений были расположены на реках Амбарная, Щучья, Норилка, на озерах Пясино и Лама. Обобщены результаты анализа более чем 1300 проб воды при частоте отбора проб в среднем 7–12 раз в год за период 1980–2003 гг.

Для оценки многолетней изменчивости качества вод Норило-Пясинской водной системы была адаптирована методика группировки по интервалам [5]. Суть методики состоит в определении наиболее часто встречаемого интервала в вариационном ряду химического показателя за весь период наблюдений. При широком диапазоне колебания химических данных в ряду (особенно для загрязненных вод) определение среднего арифметического значения, как правило, дает завышенную оценку многолетней изменчивости. Поэтому выявление наиболее часто встречаемого интервала позволяет более точно оценить многолетние характеристики химических показателей.

Для определения оптимального числа интервалов в вариационном ряду использовано число Стёрджесса (n):

$$n = (1 + 3,322 \lg N),$$

где N – количество членов вариационного ряда.

Ранжированный по возрастанию вариационный ряд разбивается на определенное число интервалов (n) при величине интервала (d), вычисленной по формуле:

$$d = (x_{\max} + x_{\min})/n,$$

где x_{\max} и x_{\min} – максимальные и минимальные значения ряда.

Интервал, имеющий наибольшую частоту, является наиболее часто встречаемым, т. е. характерным интервалом химического показателя за анализируемый период.

Всего было обработано 192 вариационных ряда по 16 химическим показателям, представлены обобщенные характеристики по основным показателям.

Для сопоставления химических параметров использованы значения предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ для водных объектов рыбохозяйственного значения [6].

Результаты и обсуждение

Полученные на основе предложенной методики многолетние характеристики основных химических показателей водных объектов Норило-Пясинской водной системы представлены в табл. 1. Проведенный анализ по наиболее часто встречаемым интервалам и диапазонам колебаний значений выявил основные закономерности пространственной изменчивости качества вод системы.

По кислотно-щелочным условиям воды Норило-Пясинской системы относятся к классу нейтральных и слабощелочных. При этом характерный интервал водородного показателя вод р. Амбарной существенно выше, чем в водах других водных объектов системы. Широкие диапазоны колебания водородного показателя р. Щучьей свидетельствуют о нестабильном развитии среды обитания живых организмов, неустойчивых процессах миграции элементов и превращении биогенных веществ.

Изменение кислородного режима водных объектов системы имеет четкую зависимость от степени антропогенной нагрузки, оказываемой на них. Содержание растворенного кислорода уменьшается от оз. Лама к оз. Пясино, при этом определенную угрозу для экологического состояния водотока представляют минимальные значения на р. Щучьей, а иногда и полное отсутствие. Удовлетворительное содержание растворенного кислорода в воде способствует оптимальному развитию большинства живых организмов, населяющих исследуемые водоемы.

По степени минерализации исследуемые поверхностные воды, в основном, относятся к группе пресных. Наиболее часто встречаемые значения минерализации вод оз. Лама и р. Норилка меньше 100 мг/дм^3 и небольшие по величине интервала, что позволяет их отнести к ультрапресным. Для рек Щучьей, Амбарной (13 км от устья) и оз. Пясино (10 км от устья р. Амбарной) выявлены максимальные наблюдаемые значения – более 1400 мг/дм^3 . Концентрации сульфатов в воде системы находятся на высоком уровне, варьируются по величине характерного интервала в зависимости от диапазона колебаний значений. По соотношению анионов воды рек и озер системы носят переходный характер от гидрокарбонатных к сульфатным. Можно предположить два источника поступления сульфатов в воды системы: природный и антропогенный. С одной стороны, изучаемая территория приурочена к Талнахско-Норильской группе месторождений сульфидных медно-никелевых руд [4]. Взаимодействие поверхностных и грунтовых вод с сульфидными рудами меди, никеля, цинка,

других тяжелых металлов и их окисление формируют сульфатные воды. С другой стороны, в составе промышленных выбросов и сбросов предприятий Норильского горно-металлургического комплекса сера и ее соединения составляют значительную часть.

Таблица 1

Многолетние характеристики основных химических показателей водных объектов Норило-Пясинской водной системы за 1980–2003 гг.

| Показатель | оз. Пясино | | | р. Амбарная | р. Щучья | р. Норилка | оз. Лама | | |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | Номер пункта по рисунку | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| pH* | <u>7,58–7,73</u> 5,90–8,80 | <u>7,44–7,57</u> 6,15–8,35 | <u>7,34–7,49</u> 5,90–8,35 | <u>7,80–7,95</u> 6,15–8,85 | <u>8,01–8,16</u> 6,10–8,60 | <u>7,79–8,05</u> 5,45–9,87 | <u>7,33–7,48</u> 5,80–8,55 | <u>7,38–7,55</u> 5,60–8,50 | <u>7,33–7,47</u> 6,0–8,65 |
| Растворенный кислород | <u>9,94–10,5</u> 4,04–15,2 | <u>9,95–10,7</u> 3,41–15,7 | <u>8,73–9,40</u> 3,43–14,7 | <u>9,47–10,1</u> 4,17–16,1 | <u>9,97–10,7</u> 3,57–15,7 | <u>6,88–7,74</u> н. о.–14,6 | <u>10,5–11,0</u> 4,04–15,1 | <u>10,7–11,3</u> 4,5–15,5 | <u>10,5–11,1</u> 4,15–14,5 |
| Минерализация | <u>54,9–98,3</u> 11,5–793 | <u>25,4–72,4</u> 25,4–824 | <u>35,9–118</u> 35,9–1438 | <u>124–206</u> 42,4–1430 | <u>125–177</u> 20,9–852 | <u>111–291</u> 111–2994 | <u>52,0–67,5</u> 36,6–299 | <u>46,4–55,9</u> 36,9–189 | <u>53,3–64,2</u> 31,5–228 |
| Сульфаты | <u>2,4–22,3</u> 2,4–361 | <u>2,9–26,0</u> 2,9–396 | <u>8,6–66,5</u> 8,6–992 | <u>3,8–62,3</u> 3,8–998 | <u>16,4–30,9</u> 1,9–234 | <u>18,8–121,2</u> 18,8–1657 | <u>16,1–23,1</u> 9,1–129 | <u>19,3–23,8</u> 1,4–73,0 | <u>13,4–20,4</u> 6,4–132 |
| Азот нитратный | <u>н. о.–0,16</u> н. о.–2,86 | <u>н. о.–0,17</u> н. о.–2,96 | <u>н. о.–0,07</u> н. о.–1,12 | <u>н. о.–0,05</u> н. о.–0,93 | <u>н. о.–0,04</u> н. о.–0,61 | <u>н. о.–0,13</u> н. о.–2,12 | <u>н. о.–0,04</u> н. о.–0,64 | <u>н. о.–0,03</u> н. о.–0,40 | <u>н. о.–0,02</u> н. о.–0,44 |
| Азот нитритный | <u>н. о.–0,012</u> н. о.–0,220 | <u>н. о.–0,005</u> н. о.–0,077 | <u>н. о.–0,009</u> н. о.–0,151 | <u>н. о.–0,011</u> н. о.–0,192 | <u>н. о.–0,002</u> н. о.–0,030 | <u>н. о.–0,024</u> н. о.–0,390 | <u>н. о.–0,004</u> н. о.–0,066 | <u>н. о.–0,002</u> н. о.–0,032 | <u>н. о.–0,001</u> н. о.–0,026 |
| Азот аммонийный | <u>н. о.–0,10</u> н. о.–1,81 | <u>0,09–0,18</u> н. о.–1,53 | <u>н. о.–0,24</u> н. о.–4,05 | <u>н. о.–0,83</u> н. о.–14,1 | <u>н. о.–0,11</u> н. о.–1,80 | <u>н. о.–1,06</u> н. о.–18,0 | <u>0,06–0,13</u> н. о.–1,08 | <u>н. о.–0,05</u> н. о.–0,80 | <u>н. о.–0,03</u> н. о.–0,62 |
| Железо общее | <u>н. о.–0,19</u> н. о.–3,50 | <u>0,03–0,30</u> 0,03–4,70 | <u>0,13–0,26</u> н. о.–2,18 | <u>н. о.–0,33</u> н. о.–5,60 | <u>н. о.–0,06</u> н. о.–1,61 | <u>0,03–0,27</u> 0,03–3,86 | <u>н. о.–0,15</u> н. о.–2,63 | <u>н. о.–0,13</u> н. о.–2,15 | <u>н. о.–0,22</u> н. о.–3,90 |
| Медь | <u>н. о.–0,005</u> н. о.–0,087 | <u>н. о.–0,013</u> н. о.–0,216 | <u>н. о.–0,012</u> н. о.–0,198 | <u>н. о.–0,021</u> н. о.–0,384 | <u>н. о.–0,003</u> н. о.–0,054 | <u>н. о.–0,145</u> н. о.–2,47 | <u>н. о.–0,005</u> н. о.–0,093 | <u>н. о.–0,004</u> н. о.–0,070 | <u>н. о.–0,002</u> н. о.–0,039 |
| Никель | <u>н. о.–0,012</u> н. о.–0,231 | <u>н. о.–0,004</u> н. о.–0,066 | <u>н. о.–0,005</u> н. о.–0,084 | <u>н. о.–0,015</u> н. о.–0,278 | <u>н. о.–0,006</u> н. о.–0,106 | <u>н. о.–0,154</u> н. о.–2,62 | <u>н. о.–0,024</u> н. о.–0,459 | <u>н. о.–0,003</u> н. о.–0,054 | <u>н. о.–0,003</u> н. о.–0,043 |
| Нефтепродукты | <u>н. о.–0,12</u> н. о.–2,35 | <u>0,15–0,29</u> н. о.–2,50 | <u>0,14–0,27</u> н. о.–2,32 | <u>н. о.–0,09</u> н. о.–1,64 | <u>н. о.–0,11</u> н. о.–1,89 | <u>н. о.–0,14</u> н. о.–2,36 | <u>н. о.–0,12</u> н. о.–2,20 | <u>н. о.–0,08</u> н. о.–1,48 | <u>н. о.–0,09</u> н. о.–1,66 |

Примечание. Единицы измерения: для pH – ед. pH, для остальных показателей – мг/дм³; н. о. – ниже предела обнаружения. В числителе – наиболее часто встречаемый интервал, в знаменателе – диапазон колебания показателя.

Для водных объектов системы характерные интервалы концентраций минеральных форм азота не превышают установленные ПДК, за исключением рек Щучьей и Амбарной (13 км от устья). Экстремально высокие концентрации аммонийного азота, указывающие на недавнее органическое загрязнение, в водах этих рек свидетельствуют о залповых сбросах бытовых сточных вод.

Постоянно высокие концентрации (по сравнению с ПДК) соединений меди и никеля связаны как с природными, так и с антропогенными факторами формирования вод. Как было указано, для водосбора Норило-Пясинской водной системы характерно распространение сульфидных медно-никелевых руд. Поэтому концентрации соединений меди и никеля в водных объектах, не подверженных прямому антропогенному воздействию, – оз. Лама и р. Норилка в створе 1 км выше впадения р. Рыбной – обусловлены особым геохимическим фоном. Высокое содержание тяжелых металлов р. Щучьей и р. Амбарной (13 км от устья) объясняется частыми сбросами грязных вод и притоком воды со шламовых хвостохранилищ, находящихся на территории водосбора этих рек.

Концентрации нефтепродуктов и летучих фенолов Норило-Пясинской системы увеличиваются в водах от оз. Лама к оз. Пясино, имеют незначительную пространственную изменчивость за многолетний период.

Выявление сезонных изменений гидрохимического состава Норило-Пясинской водной системы проводилось на примере р. Норилка в створе 1 км выше впадения р. Рыбной в зависимости от фаз водного режима (см. табл. 2). Внутригодовая изменчивость химических показателей в этом пункте наблюдения характеризует сезонную динамику показателей водных объектов системы, расположенных на водосборе выше пункта и не подверженных прямому антропогенному воздействию.

**Многолетние характеристики основных химических показателей
в створе р. Норилка – 1 км выше впадения р. Рыбной за 1988–2003 гг.**

| Показатель | В целом за многолетний период | В том числе по фазам водного режима | | |
|-----------------------|--|---|---|---|
| | | Весенне-летнее половодье | Летне-осенние паводки | Зимняя межень |
| pH* | <u>7,38–7,55 (0,21)</u> 5,60–8,50 (153) | <u>7,03–7,21 (0,26)</u> 5,80–8,10 (38) | <u>7,26–7,43 (0,26)</u> 6,20–8,10 (19) | <u>7,38–7,56 (0,26)</u> 5,60–8,50 (96) |
| Растворенный кислород | <u>10,7–11,3 (0,15)</u> 4,5–15,5 (155) | <u>9,18–9,86 (0,26)</u> 5,10–14,0 (38) | <u>9,63–10,2 (0,24)</u> 6,41–12,4 (21) | <u>10,6–11,3 (0,16)</u> 4,5–15,5 (96) |
| Минерализация | <u>46,4–55,9 (0,12)</u> 36,9–189 (92) | <u>46,3–55,6 (0,21)</u> 37,1–158 (38) | <u>44,4–52,5 (0,30)</u> 44,4–114 (10) | <u>81,6–92,8 (0,18)</u> 36,9–189 (44) |
| Сульфаты | <u>19,3–23,8 (0,17)</u> 1,4–73,0 (93) | <u>13,1–17,3 (0,26)</u> 4,8–59,4 (38) | <u>9,1–15,0 (0,40)</u> 9,1–34,6 (10) | <u>27,6–32,9 (0,18)</u> 1,4–73,0 (45) |
| Азот нитратный | <u>н. о.–0,03 (0,42)</u> н. о.–0,40 (92) | <u>н. о.–0,01 (0,24)</u> н. о.–0,19 (38) | <u>н. о.–0,01 (0,30)</u> н. о.–0,08 (10) | <u>н. о.–0,03 (0,27)</u> н. о.–0,40 (44) |
| Азот нитритный | <u>н. о.–0,002 (0,90)</u> н. о.–0,032 (92) | <u>н. о.–0,001 (0,92)</u> н. о.–0,018 (38) | <u>н. о.–0,001 (0,80)</u> н. о.–0,010 (10) | <u>н. о.–0,002 (0,82)</u> н. о.–0,032 (44) |
| Азот аммонийный | <u>н. о.–0,05 (0,33)</u> н. о.–0,80 (92) | <u>0,06–0,12 (0,26)</u> н. о.–0,80 (38) | <u>0,15–0,17 (0,30)</u> н. о.–0,18 (10) | <u>н. о.–0,03 (0,32)</u> н. о.–0,42 (44) |
| Железо общее | <u>н. о.–0,13 (0,51)</u> н. о.–2,15 (91) | <u>0,11–0,22 (0,41)</u> н. о.–1,46 (37) | <u>0,07–0,31 (0,80)</u> 0,07–2,15 (10) | <u>0,07–0,11 (0,23)</u> н. о.–0,50 (44) |
| Медь | <u>н. о.–0,004 (0,51)</u> н. о.–0,070 (151) | <u>0,004–0,007 (0,37)</u> н. о.–0,048 (38) | <u>н. о.–0,002 (0,21)</u> н. о.–0,017 (19) | <u>н. о.–0,003 (0,46)</u> н. о.–0,070 (96) |
| Никель | <u>н. о.–0,003 (0,61)</u> н. о.–0,054 (150) | <u>н. о.–0,002 (0,55)</u> н. о.–0,030 (38) | <u>н. о.–0,003 (0,53)</u> н. о.–0,032 (19) | <u>н. о.–0,003 (0,65)</u> н. о.–0,054 (93) |
| Нефтепродукты | <u>н. о.–0,08 (0,57)</u> н. о.–1,48 (151) | <u>н. о.–0,11 (0,58)</u> н. о.–1,48 (38) | <u>0,15–0,18 (0,42)</u> н. о.–0,32 (19) | <u>н. о.–0,06 (0,54)</u> н. о.–0,91 (94) |

Примечание. Единицы измерения: для pH – ед. pH, для остальных показателей – мг/дм³; н. о. – ниже предела обнаружения. В числителе – наиболее часто встречаемый интервал, в скобках – относительная частота интервала обнаружения; в знаменателе – диапазон колебания показателя, в скобках – количество значений.

Выделение фаз водного режима проводилось в зависимости от изменения условий формирования стока отдельно для каждого года. Для водного режима реки характерно весенне-летнее половодье в конце мая – начала июня, летне-осенние паводки, накладывающиеся на конец половодья, и зимняя межень, как правило, с начала октября. Сток реки зарегулирован оз. Мелким, поэтому летняя межень, как период минимального стока воды во время открытого русла, не выделяется [7].

Концентрации наиболее часто встречаемого интервала растворенного кислорода позволяют отнести воды р. Норилка в верхнем течении к условно чистым. Выявленный процесс увеличения содержания растворенного кислорода от весны к зиме характеризует также чистые природные воды. Реакция водной среды р. Норилка определяется как нейтрально-слабощелочная с незначительными изменениями в течение года.

Средние значения БПК₅ не превышают установленные ПДК в течение года. Высокие характерные интервалы значений этого показателя отмечены в половодье, что связано, в первую очередь, с поступлением органического вещества с водосбора. С другой стороны, сезонная динамика БПК₅ также определяется температурой воды и исходной концентрацией кислорода, которые ограничивают физиологическую и биохимическую активность микроорганизмов и скорость процесса потребления кислорода.

По характеру внутригодовых изменений минерализации р. Норилка относится к сибирскому типу (по: [1]) с отчетливо выраженным падением минерализации в половодье и максимальной минерализацией в зимнюю межень. Содержание сульфатов увеличивается в два раза к концу зимней межени, что связано с более значительным влиянием на сток насыщенных подземных вод.

Распределение аммонийного азота закономерно естественным процессам уменьшения концентраций весной в результате ассимиляции растениями и увеличения в осенний период при усилении процесса распада накопившегося за лето органического вещества. Содержание других минеральных форм азота – нитритного и нитратного – в течение года сильно не изменяется и варьируется в пределах ниже ПДК.

Часто отмечены высокие концентрации общего железа в течение года, особенно в летне-осенний период. Повышенные концентрации соединений меди и никеля объясняются естественными причинами формирования качества вод. Максимальный наиболее часто встречаемый интервал содержания меди относится к половодью, во время которого наблюдается значительный приток талых вод с площади водосбора.

Анализ содержания нефтепродуктов в разные гидрологические сезоны показал увеличение в период летне-осенних паводков, когда концентрации выше ПДК в несколько раз. Причина такого процесса, возможно, состоит в непосредственном локальном загрязнении в период открытого русла.

По сравнению с предшествующими оценками настоящее исследование дополнено новыми данными по гидрологическим и химическим показателям, использована уточненная методика оценки многолетней изменчивости по интервалам и проведен анализ динамики химических показателей по фазам водного режима.

Заключение

В результате оценки многолетней изменчивости качества вод Норило-Пясинской водной системы по химическим показателям за период антропогенного воздействия сформулированы следующие выводы.

По характеру многолетней изменчивости качества вод водные объекты Норило-Пясинской системы разделены на три группы. К первой относятся р. Норилка до створа 1 км выше впадения р. Рыбной и другие водные объекты, расположенные выше этого пункта наблюдения, в том числе оз. Лама. Качество вод этой группы формируется под влиянием природных факторов с незначительным косвенным атмосферным загрязнением. Вторая группа, включающая оз. Пясино, р. Норилка в среднем и нижнем течении и р. Амбарную в верхнем течении, характеризуется умеренным загрязнением. Экстремально грязные реки Щучья и Амбарная (в среднем и нижнем течении) – основные приемники сточных вод горно-металлургической промышленности – образуют третью группу.

Наиболее часто встречаемые интервалы химических показателей водных объектов первой группы следует считать условно фоновыми значениями для исследуемой водной системы.

На примере р. Норилка в верхнем течении выявлены региональные тенденции сезонной динамики химических показателей Норило-Пясинской системы. Внутригодовая изменчивость качества вод формируется согласно природным гидрологическим и гидрохимическим закономерностям, за исключением загрязнения нефтяными углеводородами.

Постоянно высокие концентрации соединений меди и никеля в воде объектов системы, не подверженных прямому антропогенному воздействию, обусловлены природным геохимическим фоном территории их водосбора, распространением сульфидной медно-никелевой минерализации.

На основе оценки многолетней изменчивости качества вод возможно разработать нормативы допустимого воздействия на объекты Норило-Пясинской водной системы как верхнего участка водосборного бассейна р. Пясино, учитывающие региональные особенности и индивидуальные характеристики водных объектов.

Литература

1. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л., 1970. 444 с.
2. Брызгалов В. А., Иванов В. В., Панасенкова О. И. Норило-Пясинская система в условиях антропогенного воздействия // Экологическая химия. 2001. № 10 (3). С. 174–188.
3. Евсеев А. В., Красовская Т. М., Солнцева Н. П. и др. Горячие точки Российской Арктики / АСОПС. ККЗМ. М., 2000. 301 с.
4. Ефремова Т. Т., Ефремов С. П., Мелентьева Н. В. Эколого-геохимическая оценка поверхностных вод болотной гидрографической сети Приенисейского Заполярья // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2005. № 5. С. 131–143.
5. Пелешенко В. И., Ромась Н. И. Применение вероятностно-статистических методов для анализа гидрохимических данных: Учебное пособие. Киев, 1977. 65 с.
6. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М., 1999. 304 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 16: Ангаро-Енисейский район. Вып. 1: Енисей / Под ред. А. П. Муранова. Л., 1973. 723 с.