

УДК 556.574

ОСОБЕННОСТИ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ АМУР У Г. ХАБАРОВСКА В МАЕ–ИЮНЕ 2019 ГОДА

Н.К. Фишер¹, Л.А. Гаретова¹, Н.М. Шестеркина¹, А.М. Кошельков², Х.Н. Николаева²

¹Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
ул. Дикопольцева 56, г. Хабаровск, 680000;

²Институт горного дела ДВО РАН,
ул. Тургенева 51, г. Хабаровск, 680000,
e-mail: fisher@ivep.as.khb.ru

Проведены гидрохимические и микробиологические исследования качества вод р. Амур ниже г. Хабаровска в период весенней межени и паводков в мае–июне 2019 г. Наименьшее содержание биогенных и органических веществ было отмечено в период межени, а наибольшее – на пике паводка. На пике паводка вынос органических веществ в большей степени отмечался с водами рек Буряя, Бира и Сунгари, что также подтверждается ростом численности эколого-трофических групп бактерий. Минеральные формы азота на пике паводка поступали преимущественно с водами рек Сунгари и Уссури. Значительные осадки способствовали выносу с поверхностным стоком в Амур летучих ароматических углеводородов.

Ключевые слова: р. Амур, биогенные вещества, гетеротрофные и сапрофитные бактерии, летучие ароматические углеводороды.

Введение

Качество воды р. Амур зависит от качества вод его притоков, формирующихся в различных природно-климатических условиях и неодинаково освоенных в хозяйственном отношении территориях Китая и России [4, 6, 12]. С водами рр. Зeya, Буряя, Сунгари и Уссури в р. Амур поступают загрязняющие вещества, входящие в состав промышленных и бытовых сточных вод, с поверхностным стоком с сельскохозяйственных и городских территорий, с затопленных территорий во время паводков [1–5, 8, 10, 13–17].

Структура водного потока Амура в районе г. Хабаровска в поперечном профиле реки неоднородна [11], поэтому содержание растворенных веществ распределено крайне неравномерно [17]. В правобережной части на качество вод оказывают влияние воды рек Сунгари и Уссури [1, 3, 17], в меньшей степени малых рек г. Хабаровска [2, 13], в левобережной части – воды рек Зeya и Буряя [8, 16, 17].

Спецификой природных условий Приамурья являются паводки, охватывающие в бассейне Амура значительные пространства и имеющие периодичность. За 120 лет – с 1896 по 2018 гг. – инструментальных гидрологических наблюдений на Амуре у г. Хабаровска периоды повышенной водности отмечались в следующие годы: 1896–

1911 (максимальный уровень – 642 см), 1927–1938 (616 см), 1951–1964 (634 см), 1981–1998 (620 см), 2009-й – предположительно 2025-й (808 см).

Формирование качества воды р. Амур во время интенсивных паводков пока недостаточно изучено [14, 15]. Поэтому целью настоящих исследований было изучить особенности качества воды р. Амур у г. Хабаровска в мае–июне 2019 г. во время глубокой весенней межени и паводка, сформировавшегося вскоре после неё.

Объекты и методы

Пробы воды в 2019 г. отбирали в 1 км ниже железнодорожного моста на 5 станциях, равномерно расположенных по ширине основного русла Амура. При высоких уровнях воды количество станций возрастало до 6 (рис. 1). В гидрологическом отношении пробы воды отбирались в период весенней межени (28.IV), на подъеме (23.V), пике (3.VI) и спаде (18.VI) паводка (рис. 2).

Химические анализы проб воды осуществляли в ЦКП «Межрегиональный центр экологического мониторинга гидроузлов» при ИВЭП ДВО РАН. Минеральные формы азота (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-), перманганатную окисляемость и цветность определяли по [12]. Летучие ароматические углеводороды (ЛАОУ) – бензол, толуол, этилбензол, изомеры ксилола – методом парофазного анализа в сочетании с газовой хроматографией на хрома-

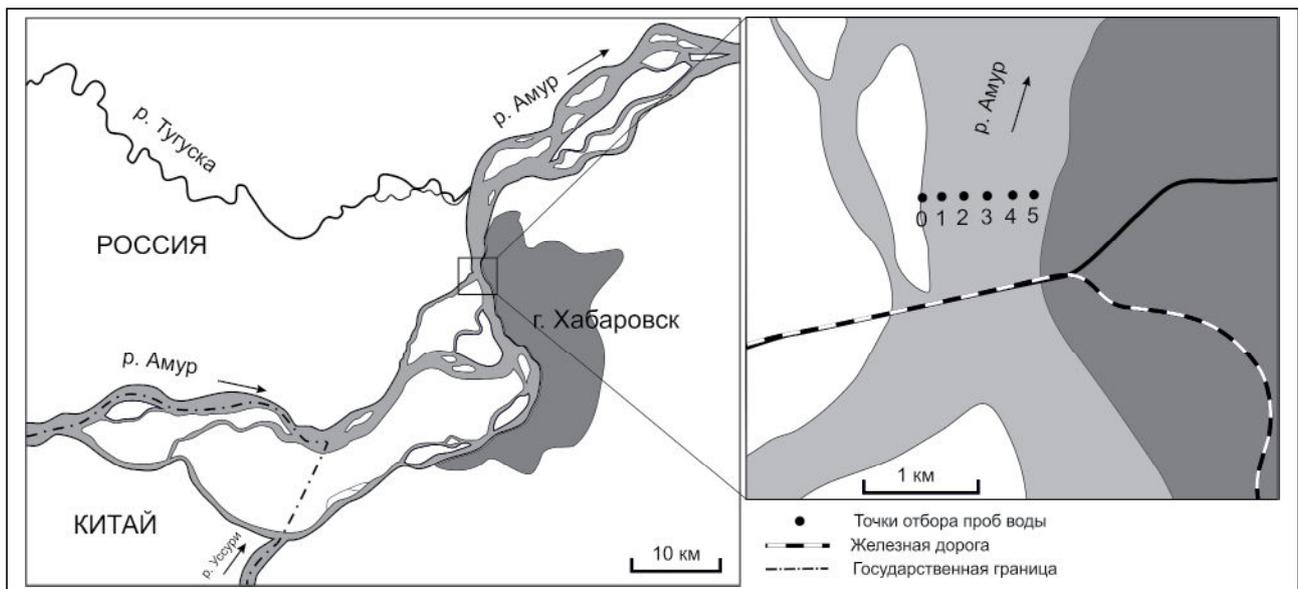


Рис. 1. Карта-схема района исследований

Fig. 1. Scheme of the research area

тографе Кристалл-5000.1 (Россия) по [9].

Микробиологические посеы производили согласно общепринятым в водной микробиологии методам [6]. Определяли общую численность гетеротрофных бактерий и численность эвтрофной группы сапрофитных бактерий. Результаты подсчета выражали в численности колониеобразующих единиц (КОЕ) микроорганизмов в 1 мл воды.

Результаты и обсуждение

Гидрологический режим р. Амур характеризуется неравномерным распределением водного стока в течение года. В первой половине 2019 г. в гидрологическом режиме реки отчетливо выделялись зимняя и летняя межень, крайне слабое половодье и небольшой паводок, сформированный преимущественно в бассейнах рек Сунгари и Усури (рис. 2).

В зимнюю межень в районе г. Хабаровска наименьший уровень воды р. Амур достигал -109 см и был ниже по сравнению с 2010 (-70 см), 2011 (-26 см), 2013 (-9 см), 2014 (-20 см) и 2017 (-57 см) гг. Это свидетельствует о большом влиянии гидротехнического строительства в бассейне Амура на его зимний сток, несмотря на резкое снижение расходов воды р. Бурей в феврале 2019 г. (в среднем до 564 м³/с – наименьшее значение после 2008 г.) из-за оползня на Бурейском водохранилище.

Весеннее половодье вследствие ограниченных запасов влаги в снежном покрове характеризовалось коротким по времени (рис. 2) небольшим

подъемом воды (56 см). Следует отметить, что в апреле–июне 2008 г., самом маловодном за период наблюдений году, уровень воды не превышал нуля.

Летняя межень р. Амур может наблюдаться в любой месяц, часто бывает в июне или июле. В последние годы вероятность ее появления возросла из-за аккумуляции талых снеговых вод водохранилищами. Об этом свидетельствуют низкие уровни воды в конце апреля 2017 г. (-27 см) и в середине июня 2018 г. (-118 см). В первой половине 2019 г. летняя межень отмечалась в конце апреля и

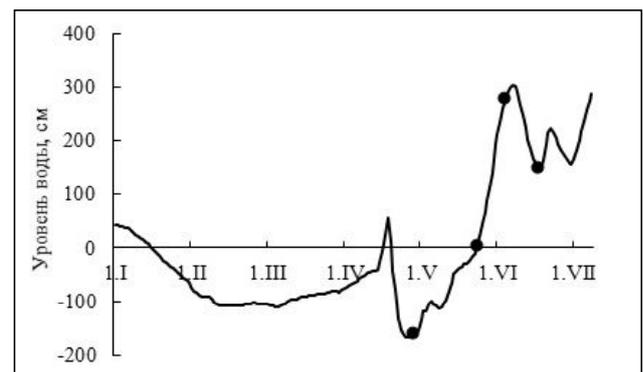


Рис. 2. Динамика уровней воды у г. Хабаровска в первой половине 2019 г. Точками отмечены даты отбора проб

Fig. 2. Dynamics of water levels near Khabarovsk in the first half of 2019. The dots mark the sampling dates

являлась самой глубокой (-167 см) за весь период наблюдений из-за низких запасов влаги в снежном покрове и промерзания подземных вод.

Паводок на р. Амур в мае–июне 2019 г. был обусловлен выходом южного циклона и активных атмосферных фронтов, ставших причиной обильных осадков на обширной территории юга Дальнего Востока: в г. Биробиджане в мае выпало 219 мм осадков (350% от месячной нормы), в г. Хабаровске – 117 мм (186%). Поэтому наряду с рр. Сунгари и Усури большое влияние на водный режим Амура оказали р. Буря (расход воды с 15 по 17 мая в среднем составлял 4574 м³/с) и притоки Амура в пределах Еврейской автономной области (Бира, Биджан и др.).

Гидрохимические исследования р. Амур свидетельствуют, что содержание органических веществ, определяемых по перманганатной окисляемости, варьирует в широких пределах, а их динамика схожа с динамикой уровня воды (рис. 3). В межень отмечалось минимальное содержание органических веществ (5,0–7,3 мгО/л), с ростом уровней вод происходил и рост содержания органических веществ. Максимальное количество органических веществ отмечено на пике паводка на середине реки и в левобережной части (16,9–19,4 мгО/л), что вероятно связано с поступлением паводковых вод левобережных притоков Амура (Буря, Бира, Биджан и др.), о чем свидетельствует возрастание цветности воды до 101° (рис. 3). Аналогичное увеличение цветности воды в этой части Амура отмечалось и на подъеме исторического паводка в 2013 г. [15].

Отмечено, что основной вклад в поступление минеральных форм азота вне зависимости от гидрологического режима в основном вносят воды рр. Сунгари и Усури (рис. 3), что отражается в их повышенном содержании в правобережной части реки и на середине. Минимальное содержание минеральных форм азота отмечалось в межень (аммонийный азот до 0,006 мг/л, нитратный до 1,5 мг/л, нитритный до 0,011 мг/л), максимальное значение отмечалось на пике паводка (до 0,12, 2,6 и 0,034 мг/л соответственно). Аммонийный азот в левобережной части р. Амур наблюдался только на пике паводка (до 0,07 мг/л).

Иная динамика концентраций нитратного азота отмечалась в средней части Амура во время исторического паводка 2013 г., когда на пике паводка его содержание достигало 2,0 мг/л, а на спаде – 2,4 мг/л [15].

Летучие ароматические углеводороды – бензол, толуол, этилбензол и ксилолы – в поверх-

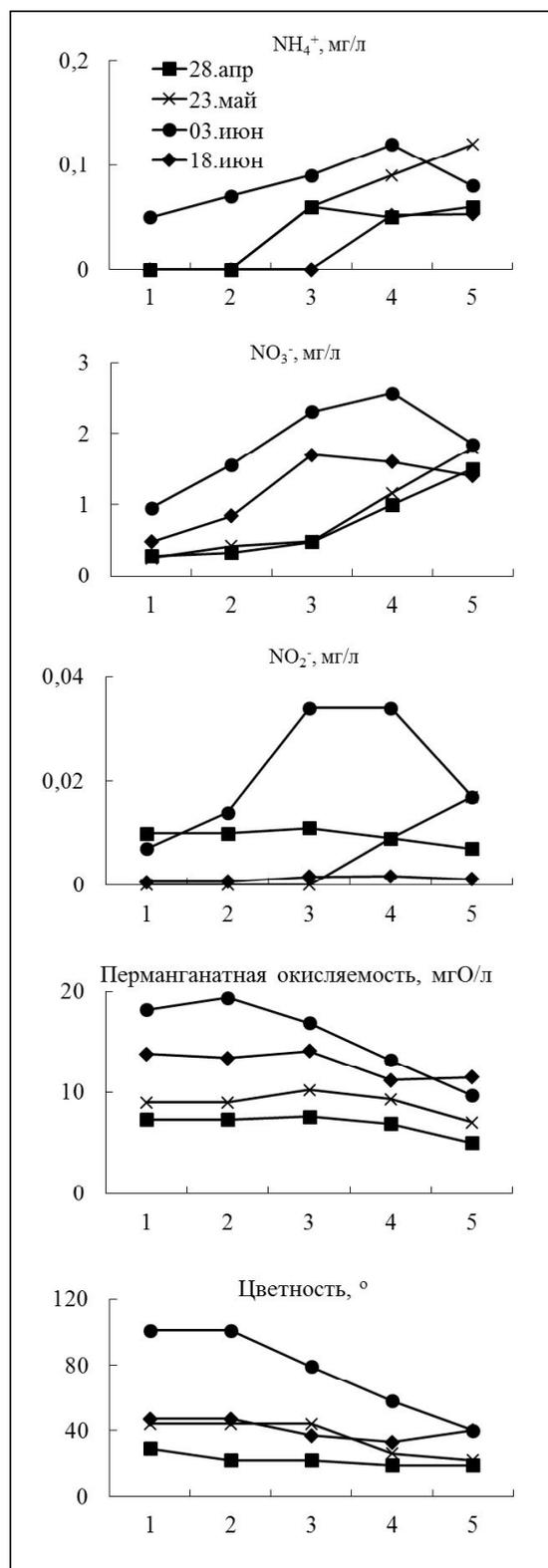


Рис. 3. Гидрохимические показатели воды р. Амур у г. Хабаровска. 1-5 – точки отбора проб по профилю р. Амур от левого берега к правому (см. рис. 1)

Fig. 3. Hydrochemical parameters of the Amur River water near Khabarovsk. 1-5 – sampling points along the river from left bank to right (see. Fig. 1)

ностные воды поступают со сточными водами промышленных предприятий, в результате разливов нефти, а также во время дождей с поверхностным стоком с промышленных и городских территорий [2, 18–20]. В реках ЛАУ аккумулируются в донных отложениях и могут вновь поступать в водную среду во время паводков.

Особое внимание на загрязнение р. Амур ароматическими соединениями обратили после техногенной аварии в КНР на нефтеперерабатывающем заводе в г. Цзилинь в 2005 г., в результате которой в р. Сунгари поступило около 100 т токсичных веществ, включая нитробензол, бензол, анилин и другие соединения. На выходе из р. Сунгари содержание нитробензола в воде р. Амур составляло 0,2 мг/л, а у Хабаровска – 0,05 мг/л [1]. Поступившие со стоком р. Сунгари летучие ароматические соединения оказали негативное влияние на структуру микробного сообщества р. Амур, что привело к снижению самоочищающего потенциала реки [5]. После техногенной аварии в период ледостава ЛАУ регистрировались в мышечных тканях и внутренних органах рыб р. Амур: бензол до 50 мкг/кг, толуол до 1,5 мкг/кг, этилбензол до 1,8 мкг/кг, ксилолы (сумма) до 1,3 мкг/кг [4].

В мае–июне 2019 г. впервые была подробно исследована динамика ЛАУ в р. Амур у г. Хабаровска при изменении гидрологического режима реки. Исследования показали, что в водах р. Амур фиксировались все 6 веществ из ЛАУ, а их распределение по ширине реки значительно варьировало в разные периоды водности (рис. 4). В большей степени ЛАУ отмечались в прибрежных зонах, что связано с их поступлением с водами выше расположенных притоков.

Во время весенней межени в правобережной части реки отмечалось повышенное содержание толуола (40 мкг/л), что может быть обусловлено влиянием вод р. Сунгари. На пике паводка ЛАУ отмечались только в прибрежных частях реки (рис. 4), что связано с поступлением ЛАУ с поверхностным стоком. В правобережной части Амура содержание толуола составляло 80,8 мкг/л. Такое высокое его содержание может быть обусловлено влиянием малых рек г. Хабаровска, в первую очередь р. Курча-Мурча, дренирующей одну из промышленных зон г. Хабаровска. Воды и донные отложения этой реки в значительной степени загрязнены нефтепродуктами (толуола до 200 мкг/кг) [2].

Повышенное суммарное содержание ЛАУ 75,3 мкг/л в левобережной части Амура на пике паводка может быть обусловлено влиянием лево-

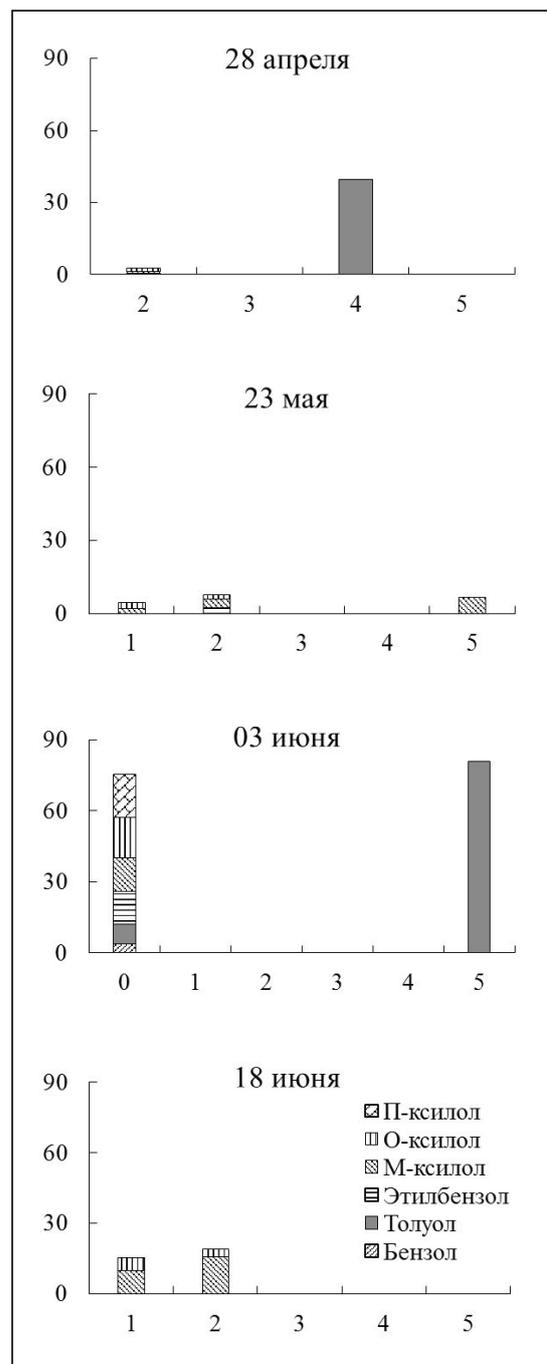


Рис. 4. Содержание ЛАУ в водах р. Амур у г. Хабаровска (мкг/л). 0-5 – точки отбора проб по профилю р. Амур от левого берега к правому (см. рис. 1)

Fig. 4. Content of BTEX in the Amur River water near Khabarovsk (µg/l). 0-5 – sampling points along the river from left bank to right (see. Fig. 1)

бережных притоков, дренирующих территорию Еврейской автономной области.

Микробиологические исследования проводили на подъёме, пике и спаде паводка. Распределение численности сапрофитных (СБ) и гетеротрофных бактерий (ГБ) по профилю р. Амур показало, что на подъёме и на спаде паводка легкодоступные органические вещества в большей степени поступали в правобережную часть реки (рис. 5). Численность СБ у правого берега была в 4 раза выше, чем у левого, ГБ – в 3 раза. Здесь сказывается влияние паводковых вод р. Усури, а также вод малых рек г. Хабаровска, которые характеризуются высоким уровнем загрязнения [2, 13].

На пике паводка интенсивное поступление органических веществ с поверхностным стоком обусловило рост численности сапрофитной группы бактерий, участвующих на начальных стадиях разложения органического вещества, на середине реки и у левого берега (рис. 3а). Это связано с прохождением паводковых вод, сформированных в бассейнах вышерасположенных притоков р. Амур – р. Сунгари, р. Буря и др.

Отношение численности группы ГБ к численности группы СБ является показателем степени трансформации органических веществ. При величине <10 преобладают начальные этапы де-

струкции органических веществ. Данный показатель в воде р. Амур варьировал при разных уровнях воды. На подъёме уровня вод у левого берега и на середине соотношение ГБ/СБ варьировало в пределах от 10 до 17, в то время как у правого берега данный показатель составлял 5,8, что говорит о влиянии поступления свежего органического вещества с паводковыми водами р. Усури. На пике паводка данный показатель по всему профилю Амура снижался, демонстрируя вклад органического вещества других притоков, а также поверхностного стока с водосбора амурского гидроузла. После прохождения пика паводка данный показатель вновь увеличился (до 17,5).

Выводы

Гидрохимические и микробиологические исследования качества вод р. Амур ниже г. Хабаровска в период глубокой весенней межени и паводка в мае–июне 2019 г. показали, что наименьшее содержание биогенных и органических веществ было отмечено в период межени, а наибольшее – на пике паводка. На пике паводка органические вещества в большей степени поступали с паводковыми водами рек Буря, Бира и Сунгари. Основной вклад в поступление минеральных форм азота вне зависимости от гидрологического режима вносят воды рек Сунгари и Усури. Мак-

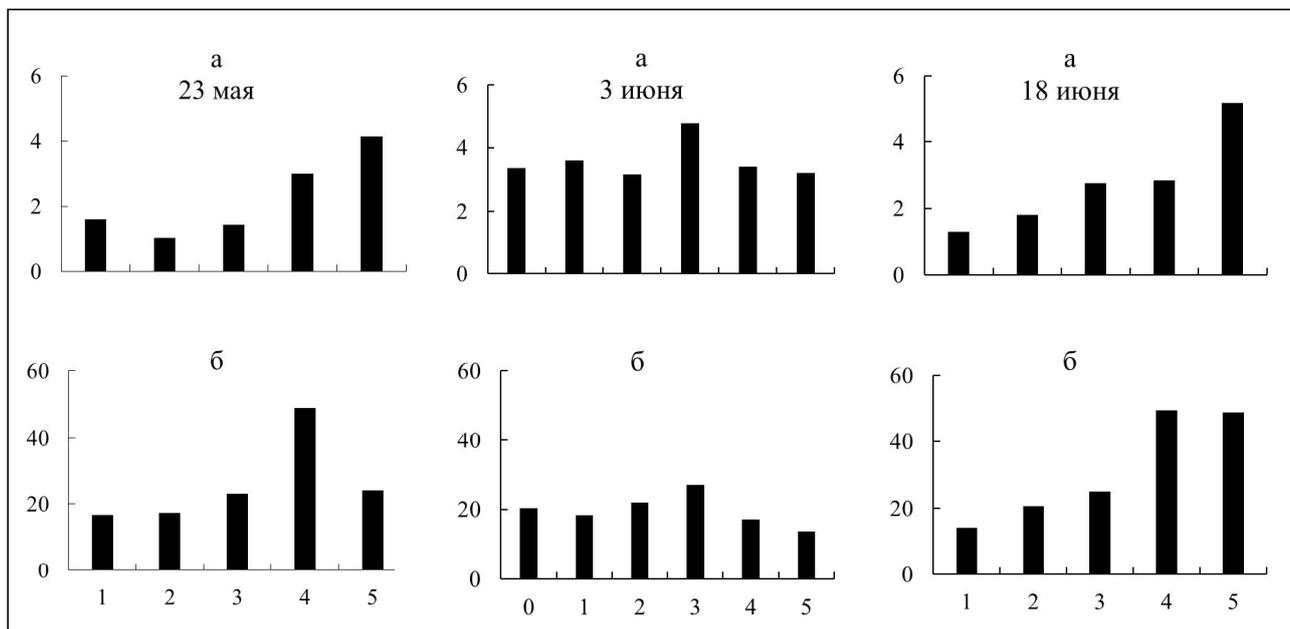


Рис. 5. Численность сапрофитных (а) и гетеротрофных (б) бактерий в водах р. Амур у г. Хабаровска (тыс. КОЕ/мл). 0-5 – точки отбора проб по профилю р. Амур от левого берега к правому (см. рис. 1)

Fig. 5. Saprophytic (a) and heterotrophic (b) bacteria number in the Amur River waters near Khabarovsk (thousand CFU/ml). 0-5 – sampling points along the river from left bank to right (see. Fig. 1)

симальное поступление ЛАУ в р. Амур происходит с поверхностным стоком на пике паводка. Влияние стока органического вещества в р. Амур с притоками прослеживается в снижении величины отношения гетеротрофных и сапрофитных бактерий в различные фазы паводка.

Авторы выражают благодарность инженеру ЦКП «Межрегиональный центр экологического мониторинга гидроузлов» при ИВЭП ДВО РАН Г.М. Филипповой за помощь в выполнении анализов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бердников Н.В., Рапопорт В.Л., Рыбас О.В., Пельх Т.И., Золотухина Г.Ф., Зазулина В.Е. Мониторинг загрязнения экосистемы р. Амур в результате аварии на химическом заводе в г. Цзилинь (КНР): нитробензол // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25, № 5. С. 94–103.
2. Гаретова Л.А., Фишер Н.К., Имранова Е.Л., Кириенко О.А., Кошелькова А.М., Тюгай З., Харитонов Г.В. Биогеохимические особенности вод, почвогрунтов и донных отложений промзоны г. Хабаровска // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23, № 5. С. 56–61.
3. Гаретова Л.А., Левшина С.И., Юрьев Д.Н. Влияние р. Сунгари на загрязнение р. Амур органическими веществами: гидрохимическая и микробиологическая оценки // Вестник ДВО РАН. 2007. Т. 134, № 4. С. 27–34.
4. Кондратьева Л.М., Фишер Н.К., Бардюк В.В. Биоиндикация трансграничного загрязнения реки Амур ароматическими углеводородами после техногенной аварии в Китае // Сибирский экологический журнал. 2012. № 2. С. 245–252.
5. Кондратьева Л.М., Фишер Н.К., Бердников Н.В. Микробиологическая оценка качества воды в реках Амур и Сунгари после техногенной аварии в Китае // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 5. С. 575–587.
6. Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. Методы изучения водных микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 228 с.
7. Левшина С.И. Органическое вещество поверхностных вод бассейна среднего и нижнего Амура. Владивосток: Дальнаука, 2010. 144 с.
8. Левшина С.И. Растворенное и взвешенное органическое вещество вод Амура и Сунгари // Водные ресурсы. 2008. Т. 35, № 6. С. 745–753.
9. ПНДФ 14.1.2:4.57-96. Методика выполнения измерений массовых концентраций ароматических углеводородов в питьевых, природных и сточных водах газохроматографическим методом. М.: Гос. ком. РФ по охране окружающей среды, 2011. 18 с.
10. Рапопорт В.Л., Кондратьева Л.М. Загрязнение реки Амур антропогенными и природными органическими веществами // Сибирский экологический журнал. 2008. Т. 15, № 3. С. 485–496.
11. Синюков В.И., Глухов В.А., Рыбас О.В., Махинов А.Н., Ким В.И., Бердников Н.В. Особенности динамики русловых процессов хабаровского водного узла // Тихоокеанская геология. 2008. Т. 27, № 6. С. 92–99.
12. Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенные к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей среды, с изменениями № 1 к РД 52.18.595-96.
13. 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.
14. Фишер Н.К., Шестеркин В.П. Динамика минеральных форм азота в припойменных озерах нижнего Амура в паводки // География и природные ресурсы. 2016. № 4. С. 115–122.
15. Шестеркин В.П. Изменение химического состава вод Амура в период исторического наводнения в 2013 году // Водные ресурсы. 2016. Т. 43, № 3. С. 287–296.
16. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Многолетняя изменчивость стока нитратного и нитритного азота в р. Амур у Хабаровска // Водные ресурсы. 2014. Т. 41, № 4. С. 412–418.
17. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Содержание аммонийного азота в воде среднего Амура в зимнюю межень // География и природные ресурсы. 2003. № 2. С. 93–97.
18. Ifelebuegu A.O., Ukpebor J.E., Ahukannah A.U., Nnadi E.O., Theophilus S.C. Environmental effects of crude oil spill on the physicochemical and hydrobiological characteristics of the Nun River, Niger Delta // Environmental monitoring and assessment. 2017. Vol. 189:173.
19. Lee S.-T., Vu C.T., Lin C., Chen K.-S. High occurrence of BTEX around major industrial plants in Kaohsiung, Taiwan // Environmental forensics. 2018 Vol. 19, N 3. P. 206–216.
20. Lin C., Nguyen K.A., Vu C.T., Senoro D., Villanueva M.C. Contamination levels and potential sources of organic pollution in an Asian river // Water science & technology. 2017. Vol. 76, N 9. P. 2434–2444.

CHARACTERISTICS OF WATER QUALITY OF THE AMUR RIVER
NEAR KHABAROVSK IN MAY-JUNE 2019

N.K. Fisher, L.A. Garetova, N.M. Shesterkina, A.M. Koshelkov, Kh.N. Nikolaeva

Hydrochemical and microbiological researches of water quality in the Amur River near Khabarovsk were carried out during the period of spring low water and floods in May-June 2019. The lowest content of biogenic and organic substances was defined in the period of low water, and the highest - at the peak of the flood, when organic substances came mostly from the Bureya, Bira and Songhua rivers. That was also confirmed by the increase in the number of ecological-trophic groups of bacteria in their waters. Mineral forms of nitrogen at the peak of the flood came mainly with the waters of the rivers Sungari and Ussuri. Significant precipitation contributed to the flow of volatile aromatic hydrocarbons in the Amur with surface runoff.

Keywords: *the Amur River, nutrients, heterotrophic and saprophytic bacteria, volatile organic hydrocarbons, flood, low water.*