

ГИДРОХИМИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПИТОМНИКА ИМЕНИ ЛУКАШОВА ГОРОДА ХАБАРОВСК

Владимир Павлович ШЕСТЕРКИН
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник
shesterkin@ivep.as.khb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7271-8228>

Ирина Сергеевна СИНЬКОВА
младший научный сотрудник
irina.sinkova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8316-4008>

Ольга Степановна ХОМЧЕНКО
кандидат биологических наук, научный сотрудник
homchenko.ru@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1953-7249>

Аннотация. Представлена характеристика химического состава вод безымянного ручья, правобережного притока р. Правая Березовая, и прудов, расположенных на территории питомника имени Лукашова в черте г. Хабаровск. Проведено сравнение качества вод пяти прудов, испытывающих различную степень антропогенной нагрузки. Показано загрязняющее влияние городской застройки, расположенной на водосборной территории, а также ухудшение качества вод в зарастающих водоемах. Отбор проб воды осуществляли в конце мая 2024 г., образцы анализировали в Центре коллективного пользования при ИВЭП ДВО РАН по общепринятым при гидрохимических исследованиях методам. В пробах воды определяли содержание растворенного кислорода, главных ионов, биогенных и органических веществ, ртути. Установлено, что водные объекты характеризуются гидрокарбонатно-кальциевым составом, слабощелочными значениями pH, более высокими значениями минерализации, чем малые реки Большехехирского заповедника. Максимальное содержание растворенных веществ, преимущественно ионов натрия и кальция, хлоридных и сульфатных ионов, отмечено в воде пруда № 3 в южной части питомника вследствие влияния сточных вод коттеджного поселка Лукашово-1. Заросшие водной растительностью (ряской) водоемы № 2 и № 4 характеризуются дефицитом растворенного в воде кислорода. Показано доминирование содержания аммонийной формы азота в водоемах южной части питомника (до 2.2 ПДК в воде пруда № 2), повышенное содержание минеральных форм азота в воде безымянного ручья: аммонийного (до 1.6–3.3 ПДК) и нитритного (до 1.8–2.3 ПДК). Отмечено загрязнение фосфатами вод ручья (до 1.9 ПДК) и прудов № 3 и № 4 (до 3.5 и 4.2 ПДК соответственно). Содержание нефтепродуктов, АПАВ и ртути находится ниже предела обнаружения, фенолов – на уровне 1.1–2.3 ПДК.

Ключевые слова: питомник имени Лукашова, водные объекты, химический состав воды

Для цитирования: Шестеркин В.П., Синькова И.С., Хомченко О.С. Гидрохимия водных объектов питомника имени Лукашова города Хабаровск // Тихоокеанская география. 2025. № 2. С. 97–106. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_22_8.

HYDROCHEMISTRY OF WATER OBJECTS IN THE LUKASHOV TREE NURSERY OF THE CITY OF Khabarovsk

Vladimir P. SHESTERKIN

Candidate of Geographical Sciences, Leading research associate
shesterkin@ivep.as.khb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7271-8228>

Irina S. SINKOVA

Junior research associate
irina.sinkova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8316-4008>

Olga S. KHOMCHENKO

Candidate of Biological Sciences, Research associate
homchenko.ru@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1953-7249>

Institute of Water and Ecological Problems, Khabarovsk Federal Research Center, FEB RAS,
Khabarovsk, Russia

Abstract. The paper presents the chemical composition of water of ponds and unnamed brook, right-bank tributary of the Pravaya Berezovaya River, located on the territory of the Lukashov tree nursery in Khabarovsk city limits. Water samples were taken at the end of May 2024, and were analyzed at the Collective Use Center at the Institute of Water Ecological Problems, Khabarovsk FRC FEB RAS according to the methods generally accepted in hydrochemical studies. The contents of dissolved oxygen, main ions, biogenic and organic substances, mercury were determined. It was established that the water bodies are characterized by hydrocarbonate-calcium composition, weakly alkaline pH values, higher values of mineralization than waters of small rivers of Bolshekhtsirsky Nature Reserve. Maximum content of dissolved substances, mainly sodium and calcium ions, chloride- and sulfate ions, was observed in the water of pond No. 3, in the southern part of the tree nursery, due to the influence of wastewater from the cottage settlement of Lukashovo-1. Ponds No. 2 and No. 4, which are most prone to overgrowing with aquatic vegetation, are characterized by a deficit of dissolved oxygen in water. The dominance of ammonium form of nitrogen in the water bodies in the southern part of the tree nursery up to 2.2 MPC in the water of pond No. 2, increased content of mineral forms of nitrogen in the water of the unnamed brook: ammonium (up to 1.6–3.3 MPC) and nitrite (up to 1.8–2.3 MPC) was shown. Phosphate pollution of creek water up to 1.9 MPC, ponds No. 3 and No. 4 up to 3.5 and 4.2 MPC, respectively. The content of petroleum products, SAS and mercury is below the detection limit, phenols – at the level of 1.1–2.3 MPC.

Keywords: Lukashov tree nursery, water bodies, chemical composition of water

For citation: Shesterkin V.P., Sinkova I.S., Khomchenko O.S. Hydrochemistry of water objects in the Lukashov tree nursery of the city of Khabarovsk. *Pacific Geography*. 2025;(2):97-106. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_22_8.

Введение

Питомник плодово-ягодных культур в г. Хабаровск был создан в июле 1934 г. постановлением Президиума Дальневосточного краевого Исполнительного комитета Советов РК и РД № 911 в верхней части бассейна р. Правая Березовая. Первым директором питомника стал ученый-селекционер Лукашов Артемий Максимович. Для полива растений на территории питомника было сооружено несколько водоемов емкостью 1 500 м³

каждый [1]. Деятельность питомника практически прекратилась в середине 1990-х гг. И хотя в 1997 г. питомник был признан памятником природы краевого значения, должный уход за его территорией не осуществлялся. Плодовый сад стал усыхать, культивируемые деревья стали вытесняться и замещаться дикорастущими, водоемы начали зарастать. В августе 2020 г. питомник имени Лукашова был реорганизован в природный парк краевого значения [2]. Начали разрабатываться планы его развития и использования. В настоящее время мониторинг за химическим составом поверхностных вод в этой части города отсутствует, хотя территория вокруг питомника в последние годы активно застраивается коттеджами и многоэтажными микрорайонами, что не может не оказать влияния на химический состав вод водоемов и дренирующих ее водотоков. Об этом свидетельствует загрязнение большинства малых рек г. Хабаровск биогенными и органическими веществами, а также повышенная минерализация их вод [3–6].

Исследование проводилось в рамках комплексной оценки текущего экологического состояния территории. Цель работы – получение актуальной информации, необходимой для планирования работ по рекультивации территории питомника и его дальнейшего использования в качестве природного парка, а также выявление возможных экологических проблем и разработка мероприятий по их устранению. Данная статья раскрывает лишь те задачи, для решения которых необходима гидрохимическая оценка водных объектов.

Материалы и методы

Изучение качества вод водных объектов питомника имени Лукашова проводилось в конце мая 2024 г. на пяти зарастающих водной растительностью водоемах (рис. 1) и одном безымянном ручье – правобережном притоке р. Правая Березовая. Расположение объектов исследований представлено на рис. 2. Пробы воды отбирали из подповерхностного слоя и анализировали в Центре коллективного пользования при ИВЭП ДВО РАН по общепринятым при гидрохимических исследованиях методикам [7]. В пробах воды определяли концентрацию растворенного кислорода, главных ионов, аммонийной, нитритной и нитратной форм минерального азота, фосфатов, кремния, железа, ртути, нефтепродуктов, АПАВ и фенолов. Определение растворенной ртути в воде проводили по ПНД Ф 14.1:2:4.271-2012 [8], общей ртути в донных отложениях – по ПНД Ф 16.1:2:2.2.80-2013 [9]. При оценке загрязнения воды использовали величины предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ для водных объектов рыбохозяйственного значения [10].

а

б



Рис. 1. Водоемы № 2 (а) и № 4 (б)

Fig. 1. Reservoirs No. 2 (a) and No. 4 (б)

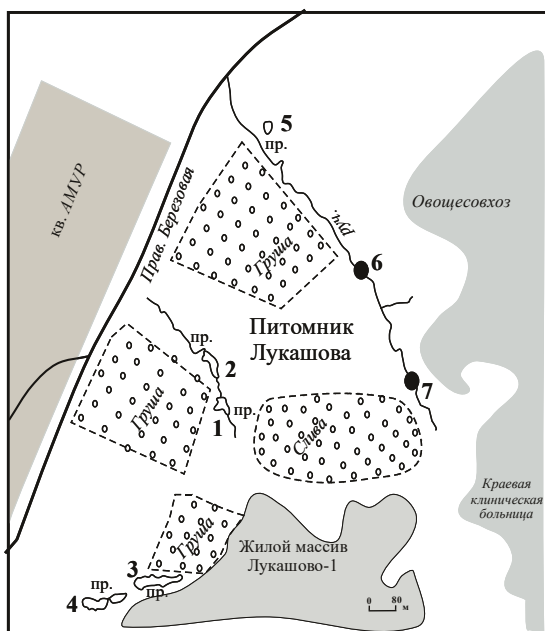


Рис. 2. Схема расположения пунктов отбора проб воды (номера показаны цифрами) в питомнике имени Лукашова

Fig. 2. Layout of the water sampling points (shown by numbers) in the Lukashov tree nursery

Результаты и обсуждение

Питомник имени Лукашова располагается на холмисто-увалистой поверхности. Основным источником питания прудов являются талые снеговые и дождевые воды. Так как пруды долгое время не использовались для орошения, то в настоящее время представляют собой бессточные озера, водный баланс которых регулируется преимущественно за счет испарения. Хотя к прудам № 1 и № 2 прилегают овраги, они не соединены с руслом реки и не участвуют в разгрузке, являясь лишь временным резервуаром в период подъема вод. Основными загрязняющими факторами для прудов № 1 и № 2 являются смывы с водосборной территории, представляющей собой древесные насаждения и луга. На качество воды прудов № 3 и № 4 оказывает влияние коттеджный поселок Лукашово-1; пруда № 5 – автодорога, железнодорожные пути и

жилой массив Овощесовхоз. Все пруды подвержены зарастанию. В пруду № 2 преобладали ряска и водоросли, зарастание прудов № 3, 4 и 5 осуществляется преимущественно такими растениями, как рогуз, осоки и вейник. В наименьшей степени зарастанием затронут пруд № 1.

Питание безымянного ручья, помимо стока с водосборной территории, осуществляется за счет сбросов из канализационного коллектора, расположенного на территории питомника и обслуживающего прилегающие микрорайоны.

Поверхностные воды территории питомника по химическому составу относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция, первому типу [11], по величине pH – к слабощелочным водам, по величине минерализации – к пресным. Минерализация воды варьирует в широких пределах (см. табл.) и имеет более высокие значения, чем в воде малых рек Большехехирского государственного заповедника (от 30 до 55 мг/л), расположенного вблизи г. Хабаровск [12]. Ввиду отсутствия общепринятых ПДК минерализации воды допустимо принять за фоновые значения данные малых рек, свободных от антропогенного влияния.

Максимальное значение минерализации отмечено в воде пруда № 3. Главными минеральными составляющими, по сравнению с другими прудами, здесь являются ионы натрия, калия, кальция, магния, хлоридные и гидрокарбонатные ионы. Если преобладание гидрокарбонатных ионов, ионов кальция и магния является обычным для озерных вод, то повышенные концентрации ионов натрия и калия, а также хлоридных ионов находятся на уровне концентраций в воде малых рек Черная и Березовая – наиболее загрязненных водотоков г. Хабаровск [3, 13] – и свидетельствуют о влиянии коттеджного поселка Лукашово-1. Подтверждением повышенной антропогенной нагрузки на данный пруд (№ 3) является более высокое содержание ртути в его донных отложениях. Так, в отложениях прудов № 1, 2 и 4 содержание ртути находилось на уровне ее концентрации в верхнем слое окружающих почв – 39–46 мкг/кг (почва – 49 мкг/кг). Концентрация ртути в донных отложениях пруда № 3 была почти в 2 раза выше – 81 мкг/кг [14]. Ранее [15] указывалось

на фоновые содержания ртути в донных отложениях озер Нижнего Амура, которые находятся в пределах 5–29 мкг/кг. Однако данные озера соединены с р. Амур и водообмен в них весьма интенсивен, что способствует выносу элемента.

Содержание растворенной ртути в воде всех водных объектов питомника ниже предела обнаружения, поскольку происходит ее активная сорбция донными отложениями и взвешенным веществом.

Концентрации минеральных форм азота и фосфора в водных объектах питомника изменяются в более широких пределах, чем основных ионов (см. табл.), ввиду того, что весной определенная их часть могла поступить в составе талых снеговых вод. Об этом свидетельствуют данные химического состава снежного покрова и талых снеговых вод г. Хабаровск [6, 16, 17]. Содержание нитритного азота в воде всех прудов, а также нитратного азота в первых четырех прудах находится ниже предела обнаружения. Азот представлен преимущественно в аммонийной форме. Концентрация его весьма умеренна, за исключением пруда № 2, где она в 2 раза превышает ПДК, что, вероятно, обусловлено значительным поступлением органического вещества при дефиците кислорода, что тормозит процессы нитрификации и перевода азота органических соединений в нитратную форму, наиболее активно усваиваемую растительностью. Органическое вещество здесь имеет преимущественно естественное происхождение, так как пруд отдален от жилых построек и обильно зарастает ряской, а в периоды малой водности – прибрежными растениями. Достаточное количество фосфат-ионов и минерального азота создает благоприятные условия для протекания процессов эвтрофикации, приводящих к поглощению растворенного кремния, концентрация которого в воде пруда снижена до 0.5 мг/л.

Таблица

Химический состав вод водных объектов питомника им. А.М. Лукашова

Table. Chemical composition of waters from water bodies of the Lukashov tree nursery

Показатель	Пруд (1)	Пруд (2)	Пруд (3)	Пруд (4)	Пруд (5)	Ручей (6)	Ручей (7)	ПДК [10]
pH	7.3	6.9	7.5	7.3	7.3	7.4	7.3	-
O ₂ , мг/л	–	1.3	8.7	2.6	7.9	9.0	8.5	не менее 6
Na ⁺ , мг/л	2.2	11.2	23.8	4.7	16.8	2.0	20.0	120
K, мг/л	9.1	6.6	20.2	10.8	1.5	1.5	0.6	50
Ca ²⁺ , мг/л	40	32	56	45	34	28	26	180
Mg ²⁺ , мг/л	7.7	6.0	13.0	11.0	7.7	8.9	9.5	40
HCO ₃ ⁻ , мг/л	131	125	232	207	165	146	146	-
Cl ⁻ , мг/л	22	15	48	33	22	21	32	300
SO ₄ ²⁻ , мг/л	32.0	17.1	22.0	11.6	10.9	12.8	14.5	100
NH ₄ ⁺ , мг/л	0.08	1.09	0.14	0.18	0.11	0.79	1.63	0,5
NO ₂ ⁻ , мг/л	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.18	0.14	0,08
NO ₃ ⁻ , мг/л	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	0.49	2.26	1.00	40
HPO ₄ ²⁻ , мг/л	0.04	0.14	0.52	0.65	0.16	0.10	0.29	0,2
Fe _{общ.} , мг/л	0.33	0.56	0.22	0.40	0.66	0.66	0.53	0,1
Fe _{раст.} , мг/л	0.15	0.12	0.13	0.02	0.06	0.08	0.13	-
Si, мг/л	0.4	0.5	3.3	1.4	1.5	3.1	3.5	10
Hg _{раст.} , мг/л	<0.00001							0,00001
ПО, мг О/л	9.3	11.6	11.0	11.4	7.3	6.2	6.4	-
Нефтепродукты, мг/л	0.048	0.041	0.042	0.023	0.043	0.029	0.043	0,05
АПАВ, мг/л	<0.025							0,1
Фенолы, мг/л	0.0007	0.0007	0.0014	0.0011	0.0023	0.0021	0.0021	0,001
Минерализация, мг/л	254	215	419	326	260	227	255	-

Пруды № 3, 4, 5 испытывают наиболее сильное антропогенное воздействие, которое выражается в повышенных концентрациях фосфат-ионов, в воде прудов № 3 и 4 они составляют 3.6 и 4.2 ПДК соответственно, и повышении концентрации фенолов до уровня 1.1–2.3 ПДК. Хотя здесь не исключено некоторое влияние процессов биохимического разложения растительности, протекающих в толще воды [18, 19].

Концентрация растворенного кремния изменяется в пределах 0.4–3.5 мг/л. Максимальное содержание было зафиксировано в воде пруда № 3.

Содержание органических веществ оценивалось по величине перманганатной окисляемости (ПО), показывающей количество содержащихся в воде легкоокисляющихся веществ, выраженное через количество кислорода, необходимое на их окисление. Наличие этих веществ может быть обусловлено как прямыми сбросами или смывами с загрязненной водосборной территории, так и растворением и выносом веществ гумусового происхождения из почв и заболоченных земель. Несмотря на различную степень антропогенного воздействия, ПО в воде прудов № 2, 3 и 4 была практически одинакова и несколько выше, чем в прудах № 1 и № 5. Близкие значения ПО (до 11.6 мг О/л) в период половодья наблюдаются в воде малых рек междуречья Чирки–Кия, дренирующих заболоченные угодья, в то время как горно-таежные водотоки Большехецирского заповедника в этот период времени характеризуются более низкими значениями ПО (4.0–5.7 мг О/л) [12].

Концентрация общего железа во всех исследованных объектах превышает регламентируемые уровни как для рыбохозяйственных водоемов (0,1 мг/л) [10], так и для вод объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения (0,3 мг/л) [20]. Однако данная ситуация естественна для поверхностных [21, 22] и, в еще большей степени, для подземных вод региона [23] и обусловлена его геохимическими особенностями [24]. В р. Амур у г. Хабаровск среднегодовая концентрация общего железа составляет 0.6 мг/л [22]; в его притоках – р. Зея и р. Буряя – 0.77 и 0.79 мг/л соответственно [21]; в подземных водах Среднеамурского артезианского бассейна – от 15 до 50 мг/л [23]. Концентрация растворенных форм железа в изучаемых нами водных объектах значительно уступает валовому содержанию.

Во всех исследованных объектах содержание анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ), составляющих основу ряда моющих средств, находится ниже предела обнаружения (менее 0.025 мг/л), нефтепродуктов – ниже значений ПДК.

Химический анализ вод ручья в двух пунктах отбора до (пункт № 7) и после впадения стоков коллектора неустановленной принадлежности (пункт № 6) показал превышение ПДК содержания нитратного азота в 1.8 и 2.3 раза и аммонийного азота в 3.3 и 1.6 раза соответственно. Однако сравнительный анализ установил, что по таким показателям, как рН, ПО, содержанию растворенного кислорода, ионов кальция и магния, гидрокарбонат- и сульфат-ионов, значимые различия не выявляются. Напротив, сточные воды оказали разбавляющее влияние, выразившееся в двукратном снижении содержания аммонийного азота – с 3.4 до 1.6 ПДК. Содержание фосфат-ионов снизилось почти в 3 раза, ионов натрия – в 10 раз, нефтепродуктов – в 1.5 раза. Загрязняющее влияние сточных вод выразилось в ухудшении органолептических показателей – появился выраженный гнилостный запах и значительно увеличилась мутность (рис. 3), а также в повышении содержания нитратного и нитритного азота.

Концентрация ртути в донных отложениях ручья в пункте № 7 составила 124 мкг/кг, что выше, чем в донных отложениях прудов. В пункте № 6 она выше – 168 мкг/кг.

Таким образом, безымянный ручей может быть отнесен к типичным малым рекам г. Хабаровск, в той или иной степени испытывающим влияние выноса загрязняющих веществ с городских территорий и периодических прямых аварийных сбросов сточных вод, для вод которых характерны повышенные концентрации NH_4^+ , NO_3^- , HPO_4^{2-} , а также связанные с ними показатели: NO_2^- , содержание растворенного кислорода и значение ПО

а



б



Рис. 3. Ручей, пункт 7 (а), пункт 6 (б)

Fig. 3. A stream, point 7 (a), point 6 (б)

[25]. Основным источником антропогенного воздействия здесь является поверхностный сток с водосборной территории, в значительной степени представленной обширным жилым комплексом Овощесовхоз.

Заключение

Таким образом, воды прудов и ручья питомника имени Лукашова, расположенных в черте г. Хабаровск, характеризуются гидрокарбонатно-кальциевым составом и слабощелочными значениями pH, а также более высокими значениями минерализации, чем воды малых рек Большехехирского заповедника.

Качество воды в водоемах № 2 и № 4 характеризуется дефицитом растворенного кислорода. Отмечается загрязнение вод пруда № 2 аммонийным азотом, безымянного ручья – аммонийным и нитритным азотом. Повышенной концентрацией фосфатов характеризуются воды прудов № 3 и № 4, ручья. Содержание нефтепродуктов, АПАВ и растворенной ртути находится ниже предела обнаружения.

Анализ химических показателей вод прудов, в особенности по содержанию биогенных веществ, растворенного кислорода, железа, свидетельствует о протекании в них разнообразных биохимических процессов. Однако виду небольшого размера и отсутствия стока способность водоемов к самоочищению невелика, и в целом во всех прудах преобладают процессы, ведущие к эвтрофикации. Интенсивность и выраженность данных процессов различна и в большой степени зависит от следующих факторов: состава загрязняющих веществ и их концентраций, обусловленных различиями в источниках загрязнения, скорости их аккумуляции, усвоения и превращения растениями и микроорганизмами, депонирующей способности и емкости донных отложений и др. Это приводит к замедленному течению процессов несбалансированной эвтрофикации прудовых систем.

Список литературы

1. Тимошин С.И. Плодово-ягодный питомник и сад в Хабаровском крае. Хабаровск: Хаб. кн. изд-во, 1961. 152 с.
2. Постановление Правительства Хабаровского края от 24 августа 2020 года № 352-пр «Об изменении категории особо охраняемой природной территории краевого значения». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/2700202008280006?index=1> (дата обращения: 06.08.2024).
3. 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 конф. Владивосток; Хабаровск: ДВО РАН, 2003. С. 104–106.
4. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Гидрохимия речных вод г. Хабаровска // Геохимические и биогеохимические процессы в экосистемах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 112–119.
5. Шестеркин В.П., Афанасьева М.И., Шестеркина Н.М. Особенности качества воды малых рек Хабаровска в зимний период // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2019. № 3. С. 78–87.
6. Shesterkin V.P., Sin'kova I.S., Shesterkina N.M. Water quality features in small rivers of Khabarovsk during floods. I. Major and nutrients // Water Resources. 2024. 51 (3). P. 290–298.
7. Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды РД 52.18.595–96 (в ред. Изменения № 1, утв. Росгидрометом 11.10.2002, Изменения № 2, утв. Росгидрометом 28.10.2009). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200036098> (дата обращения: 22.04.2025).
8. ПНД Ф 14.1:2.4.271-2012 (М 01-51-2012) Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой доли массовой концентрации ртути в пробах природных, питьевых, минеральных, сточных вод атомно-абсорбционным методом с зеемановской коррекцией неселективного поглощения на анализаторе ртути РА-915М. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/437149978> (дата обращения: 22.04.2025).
9. ПНД Ф 16.1:2.2.2.80-2013 (М 03-09-2013) Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли общей ртути в пробах почв, грунтов, в том числе тепличных, глин и донных отложений атомно-абсорбционным методом с использованием анализатора ртути РА-915М. [Электронный ресурс]. <https://docs.cntd.ru/document/437170371> (дата обращения: 22.04.2025).
10. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций водных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Приказ Минсельхоза РФ от 13 декабря 2016 г. № 552. (с изменениями на 22 августа 2023 года). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 22.04.2025).
11. Алексин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 413 с.
12. Шестеркина Н.М., Форица Ю.А., Шестеркин В.П. Гидрохимия малых рек хребта Большой Хехцир // Биогеохимические и геоэкологические процессы в экосистемах. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 201–208.
13. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2023 году // Хабаровск: МПР Хабаровского края. 2024. 259 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://Gosudarstvennyj_doklad_o_sostoyanii_i_ob_ohrane_ok_1%20\(15\).pdf](http://Gosudarstvennyj_doklad_o_sostoyanii_i_ob_ohrane_ok_1%20(15).pdf) (дата обращения: 06.08.2024).
14. Хомченко О.С. О качественной оценке наличия ртутного загрязнения донных отложений малых рек // VI Всероссийская конференции с международным участием «Вопросы геологии и комплексного изучения экосистем Восточной Азии» (4–7 октября 2022). Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2022. С. 159–161.
15. Кот Ф.С., Шамо В.В., Заулина В.Е. Рассеянные металлы в донных отложениях озер Нижнего Амура (поведение и формы) // Биогеохимические и гидрологические характеристики наземных и водных экосистем. Вып. 17. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 100–111.
16. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Форица Ю.А. Химический состав снежного покрова г. Хабаровск и его пригородной зоны // Города Дальнего Востока: экология и жизнь человека: материалы конференции (Дружининские чтения). Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2003. С. 177–179.
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. Shaoyi Wang, Huabin Shentu, Hailan Yu, Libing Wang, Jianguang Wang, Junchao Ma, Heng Zheng, Senjun Huang, Lei Dong, Jun Wei. Impact of urbanization and land use on wetland water quality: A case study in Mengxi town // Urban Climate. 2024. Vol. 55. 101855.
19. Kumar Mishra, Puspendu Bhunia, Arindam Sarkar. An innovative combination of constructed wetland and vermiculite system: Treatment of synthetic rice mill effluent in relation to phenol concentration and length of the wetland // Journal of Water Process Engineering. 2024. Vol. 67. 106256. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.106256>.
20. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изменениями на 30 декабря 2022 года). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 22.04.2025).
21. Шамо В. В., Кулаков В.В., Ониши Т. Аномальная динамика железа в реках системы Амура в конце XX века: вероятные причины // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2008. № 10. С. 72–78.

22. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Пространственная и сезонная динамика содержания железа в водах Среднего Амура // Вестн. ДВО РАН. 2016. № 5 (189). С. 21–30.
23. Кулаков В.В. Загрязнение подземных вод в Среднеамурском артезианском бассейне // Изв. Русского географического общества. 2017. Т. 149, № 5. С. 36–47.
24. Архипов Г.И. Эволюция формирования и закономерности размещения железных руд северо-востока Азии. Владивосток: Дальнаука, 2003. 162 с.
25. Синькова И.С. Изменчивость химических показателей воды вдоль русла реки Черная с учетом ее основных притоков // Региональные проблемы. 2023. Т. 26, № 2. С. 69–72.

References

1. Timoshin, S.I. Fruit and berry tree nursery and garden in Khabarovsk Krai. Khabarovsk Book Publishing House: Khabarovsk, Russia. 1961; 152 p. (In Russian)
2. Resolution of the Government of Khabarovsk Krai dated August 24, 2020 No. 352-pr “On changing the category of specially protected natural territory of regional significance.” Available online: <http://publication.pravo.gov.ru/docum ent/2700202008280006?index=1> (accessed on 8 June 2024). (In Russian)
3. Morina, O.M.; Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M.; Ivanova, E.G. In *Problems of the quality of small rivers in Khabarovsk and its environs*. Proceedings of the Conference “Cities of the Far East: ecology and human life”. FEB RAS: Vladivostok-Khabarovsk, Russia, 2003, 104–106. (In Russian)
4. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M. Hydrochemistry of river waters of Khabarovsk. In *Geochemical and biogeochemical processes in ecosystems of the Far East*. Dalnauka: Vladivostok, Russia. 1999, 112–119. (In Russian)
5. Shesterkin, V.P.; Afanasyeva, M.I.; Shesterkina, N.M. Features of water quality of small rivers of Khabarovsk in winter. *Geocology, engineering geology, geocryology*. 2019, 3, 78–87. (In Russian)
6. Shesterkin, V.P.; Afanasyeva, M.I.; Shesterkina, N.M. Water quality features in small rivers of Khabarovsk during floods. I. Major and nutrients. *Water Resources*. 2024, 51(3), 290–298.
7. Federal list of measurement methods approved for use in the performance of work in the field of monitoring environmental pollution RD 52.18.595–96 (as amended by Amendment No. 1, approved by Roshydromet on 11.10.2002, Amendment No. 2, approved by Roshydromet on 28.10.2009). Available on line: <https://docs.cntd. ru/document/1200036098> (accessed on 22 April 2025) (In Russian)
8. Federal Environmental Regulation (PND F) 14.1:2.4.271-2012 (M 01-51-2012) Quantitative chemical analysis of water. Method for measuring the mass fraction of mass concentration of mercury in samples of natural, drinking, mineral, waste water by the atomic absorption method with Zeeman correction of non-selective absorption on the RA-915M mercury analyzer. Available on line: <http://docs.cntd.ru/document/437149978> (accessed on 22 April 2025). (In Russian)
9. Federal Environmental Regulation (PND F) 16.1:2.2.80-2013 (M 03-09-2013) Quantitative chemical analysis of soils. Methodology for measuring the mass fraction of total mercury in samples of soils, grounds, including greenhouse soils, clays and bottom sediments by the atomic absorption method using the RA-915M mercury analyzer. Available on line: <https://docs.cntd.ru/document/437170371> (accessed on 22 April 2025). (In Russian)
10. On approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of aquatic substances in the waters of water bodies of fishery importance. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of December 13, 2016 No. 552. (as amended on August 22, 2023). Available on line: <http://docs.cntd.ru/document/420389120> (accessed on 22 April 2025). (In Russian)
11. Alekin, O.A. Fundamentals of hydrochemistry. Gidrometeoizdat: Leningrad, USSR, 1970; 413 p. (In Russian)
12. Shesterkina, N.M.; Forina, Yu.A.; Shesterkin, V.P. In *Hydrochemistry of small rivers of the Bolshoy Khekhtsir ridge. Biogeochemical and geocological processes in ecosystems*. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2005, 201–208. (In Russian)
13. Status report on the state and protection of the environment of Khabarovsk Krai in 2023. In Khabarovsk: Ministry of Natural Resources of Khabarovsk Krai. 2024. 259 p. Available on line: [https://Gosudarstvennyj_doklad_o_sostoyanii_i_ob_ohrane_ok_1%20\(13\).pdf](https://Gosudarstvennyj_doklad_o_sostoyanii_i_ob_ohrane_ok_1%20(13).pdf) (accessed on 06 August 2024). (In Russian)
14. Khomchenko, O.S. On the qualitative assessment of the presence of mercury pollution of bottom sediments in small rivers. In *VI All-Russian conference with international participation “Problems of Geology and Comprehensive Study of Ecosystems of East Asia”* (October 4-7, 2022). IGIP FEB RAS: Blagoveshchensk, Russia, 2022, 159–161. (In Russian).
15. Kot, F.S.; Shamov, V.V.; Zazulina, V.E. Dispersed metals in bottom sediments of Lower Amur lakes (behavior and forms). In *Biogeochemical and hydrological characteristics of terrestrial and aquatic ecosystems. Issue 17*. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2007, 100–111. (In Russian)
16. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M.; Forina, Yu.A. Chemical composition of snow cover in Khabarovsk and its suburban area. In *Cities of the Far East: ecology and human life*. Conference proceedings (Druzhinin’s Readings). IVEP FEB RAS: Khabarovsk, Russia, 2003, 177–179. (In Russian)
17. Fisher, N.K.; Garetova, L.A.; Imranova, E.L.; Kiriyyenko, O.A.; Afanas’eva, M.I. Environmental assessment of small rivers in the central part of Khabarovsk in the period of snowmelt. *Regional problems*. 2018, 21(3), 35–44. (In Russian)

18. Wang, Shaoyi; Shentu, Huabin; Yu, Hailan; Wang, Libing; Wang, Jianguang; Ma, Junchao; Zheng, Heng; Huang, Senjun; Dong, Lei; Wei, Jun. Impact of urbanization and land use on wetland water quality: A case study in Mengxi town. *Urban Climate*. 2024, 55, 101855. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101855>.
19. Kumar Mishra; Puspendu Bhunia; Arindam Sarkar. An innovative combination of constructed wetland and vermicfiltration system: Treatment of synthetic rice mill effluent in relation to phenol concentration and length of the wetland. *Journal of Water Process Engineering*. 2024, 67, 106256. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.106256>
20. SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans” (as amended on December 30, 2022). Available on line: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (accessed on 22 April 2025). (In Russian)
21. Shamov, V.V.; Kulakov, V.V.; Onishi, T. Anomalous dynamics of iron in the rivers of the Amur system at the end of the 20th century: probable causes. *Water purification. Water treatment. Water supply*. 2008, 10, 72–178. (In Russian)
22. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M. Spatial and seasonal dynamics of iron in the water of the middle. *Vestnik of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2016, 5(189), 21–130. (In Russian)
23. Kulakov, V.V. Pollution of groundwater in the Middle Amur artesian basin. *Izvestiya of the Russian Geographical Society*. 2017, 149(5), 36–47. (In Russian)
24. Arkhipov, G.I. Evolution of the formation and distribution patterns of iron ores in the northeast of Asia. Dalnauka: Vladivostok, Russia. 2003, 162 p. (In Russian).
25. Sin'kova, I.S. Variability of chemical indicators of water along the channel of the Chernaya River, taking into account its main tributaries. *Regional problems*. 2023, 26(2), 69–72. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 12.08.2024; одобрена после рецензирования 17.01.2025; принята к публикации 30.01.2025.

The article was submitted 12.08.2024; approved after reviewing 17.01.2025; accepted for publication 30.01.2025.

