

## Гидрохимические исследования в ИВЭП ДВО РАН

Владимир Павлович ШЕСТЕРКИН

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник  
ХФИЦ ДВО РАН, Институт водных и экологических проблем, Хабаровск, Россия  
shesterkin@ivep.as/khb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7271-8228>

**Аннотация.** Дан обзор гидрохимических исследований в Институте водных и экологических проблем ДВО РАН за период с 1974 по 2023 г. Исследования начались после создания под руководством к.х.н. А.В. Иванова лаборатории гидрохимии в составе отдела гидрологии и гидрогеологии ТИГ ДВНЦ АН СССР, тематика которой была связана с изучением закономерностей формирования химического состава озерных, речных и болотных вод, снежного покрова, наледных и озерных льдов, атмосферных осадков Дальнего Востока, гидрохимическим районированием восточного участка зоны БАМ. В 1975–1981 гг. исследования осуществлялись на водоемах и наледях Чарской котловины, Зейском водохранилище, озерах Эворон-Чукчагирской впадины. Были изучены географические закономерности формирования химического состава природных вод в условиях резко континентального и муссонного климата, влияние пирогенного фактора на сток растворенных веществ. В 1982–1986 гг. на стационаре «Славянка» изучались физико-химические процессы формирования химического состава природных вод Приамурья. Исследованиями были охвачены водные объекты Среднеамурской равнины, в том числе и р. Амур ниже г. Хабаровск. В 1987–1989 гг. для прогнозирования качества вод проектируемого Адычанского водохранилища изыскания проводились в Верхоянском районе Якутии, проектируемой Тугурской ПЭС – в Приохотье. Освоение рудных месторождений золота и серебра методом цианидного выщелачивания потребовало решения многих экологических проблем, в том числе установления гидрохимического фона и загрязнения атмосферных, поверхностных и подземных вод в период их эксплуатации. В 1997–2002 гг. появление в амурской воде и рыбе «химического» запаха зимой обусловило проведение исследований на его пограничных участках, в результате которых были получены первые сведения о химическом составе вод р. Сунгари. Сотрудники лаборатории приняли участие в российско-китайском мониторинге качества вод рек Сунгари и Амур после аварии на химическом комбинате г. Цзилинь (КНР) в декабре 2005 г., в марте и мае 2006 г., мониторинге качества вод среднего Амура после разрушения хвостохранилища в бассейне р. Ицзими в 2020 г. Начиная с 1998 г. проводятся исследования, поддержанные грантами РФФИ и ДВО РАН, по изучению влияния пирогенного фактора на химический состав вод таежных рек Сихотэ-Алиня. Изучение гидрохимического режима рек Бурья, Зея и Тимптон (Южная Якутия) позволило дать прогноз качества вод Бурейского и Нижне-Бурейского, проектируемых Нижне-Зейского и Канкунского (р. Тимптон) водохранилищ, осуществить в 2003–2008 гг. мониторинг качества вод Бурейского водохранилища в период заполнения. Большой объем гидрохимической информации позволил изучить многолетнюю динамику содержания и стока растворенных веществ в водах р. Амур у г. Хабаровск в зимнюю межень и во время крупных наводнений в 2019–2021 гг., исторического паводка в 2013 г. С 1998 г. началось изучение химического состава вод малых рек г. Хабаровск.

**Ключевые слова:** Дальний Восток, водные объекты, гидрохимические исследования, пространственно-временная изменчивость

**Для цитирования:** Шестеркин В.П. Гидрохимические исследования в ИВЭП ДВО РАН // Тихоокеанская география. 2023. № 3. С. 36–46. [https://doi.org/10.35735/26870509\\_2023\\_15\\_3](https://doi.org/10.35735/26870509_2023_15_3).

## Hydrochemical studies at IWEP FEB RAS

VLADIMIR P. SHESTERKIN

Candidate of Geographical Sciences, Leading research associate

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

shesterkin@ivep.as/khb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7271-8228>

**Abstract.** A review of hydrochemical studies at the Institute of Water and Environmental Problems of the Khabarovsk Federal Research Center, FEB RAS for the period from 1974 to 2023 is given. The studies began with establishment of the Laboratory of hydrochemistry under the leadership of Dr. A.V. Ivanov in the Department of Hydrology and Hydrogeology of the Pacific Institute of Geography, FEB RAS. The Laboratory's scientific topics were related to the study of the regularities of the chemical composition of lake, river and swamp waters, snow cover, ice and lake ice, atmospheric precipitation of the Far East, and hydrochemical zoning of the eastern section of the BAM zone. In 1975–1981, the studies were carried out on water bodies and glaciers of the Charskaya Basin, Zeya Reservoir, and lakes of the Evoron-Chukchagir Lowland. Geographical patterns of formation of the chemical composition of natural waters in conditions of sharply continental and monsoon climate, the influence of the pyrogenic factor on the flow of dissolved substances were studied. In 1982–1986, physical and chemical processes of formation of the chemical composition of natural waters in the Amur region were studied at Slavyanka field research station. Research were carried out on water bodies of the Middle Amur Plain, including the Amur River downstream of Khabarovsk as well. The surveys were conducted in the Verkhoyanskiy region of Yakutia in 1987–1989 to predict the water quality of the projected Adychanskoye Reservoir, and on the projected Tugurskaya TPS in Priokhotye in 1988–1992. Development of gold and silver ore deposits by cyanide leaching required a solution of many environmental problems, including studying the hydrochemical background and pollution of atmospheric, surface and ground water during their exploitation. The appearance of “chemical” smell in the water and in ichthyofauna of the Amur River in winter of 1997–2002 the relevant studies of the river waters near the state border, which resulted in the first data on the chemical composition of the Sungari River waters. The Laboratory staff took part in the Russian-Chinese monitoring of water quality in the Sungari and Amur rivers in March and May 2006, after an accident at a chemical plant in Jilin (PRC) in December 2005. They also monitored water quality in the middle Amur after the destruction of a tailings pond in the Yijimi river watershed in 2020. Since 1998, the Russian Foundation for Fundamental Research and the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences have supported the studies on the impact of the pyrogenous factor on the chemical composition of the waters of the taiga rivers of Sikhote Alin. The study of the hydrochemical regime of Bureya and Zeya rivers, and Timpton River (Southern Yakutia) made it possible to predict the water quality of Bureya and Lower Bureya reservoirs, the projected Lower Zeiskoye and Kankunskoye (Timpton River) reservoirs, to monitor the waters quality of the Bureya Reservoir during the period filling in 2003–2008. A large volume of hydrochemical information has allowed studying the long-term dynamics of the content and runoff of dissolved substances in the waters of the Amur near Khabarovsk during the winter low water and during major floods in 2019–2021, the historical flood in 2013. Since 1998, the study of the chemical composition of waters of small rivers of Khabarovsk have begun.

**Keywords:** Far East, waterbodies, hydrochemical studies, spatial and temporal variability

**For citation:** Shesterkin V.P. Hydrochemical studies at IWEP FEB RAS. Pacific Geography. 2023; (3)36-46. (In Russ.). [https://doi.org/10.35735/26870509\\_2023\\_15\\_3](https://doi.org/10.35735/26870509_2023_15_3).

## Введение

Природные условия Дальнего Востока крайне разнообразны, что определяет специфику химического состава природных вод различных районов, отличающихся большой амплитудой колебаний температур воздуха, своеобразием сезонного и зонального распределения атмосферных осадков, глубиной промерзания грунтов, заболоченностью территории, разнообразным геологическим строением, сочетанием горного рельефа с низменностями и равнинами. Это, естественно, не может не влиять на формирование химического состава природных вод, которые характеризуются многими специфическими особенностями: высоким содержанием органического вещества по сравнению с минеральными соединениями на фоне очень низкой минерализации, широким распространением железистых и гидросиликатных вод. Несмотря на то что для ряда районов Дальнего Востока были установлены отдельные закономерности химического состава природных вод, в целом изученность его остается очень слабой. Поэтому познание закономерностей формирования химического состава природных вод актуально, так как на этой основе может быть дан прогноз качества воды, изменяющегося в процессе хозяйственного освоения территории и использования водных ресурсов. Именно этим определялась основная тематика гидрохимических исследований в Институте водных и экологических проблем ДВО РАН на протяжении почти 50 лет. Цель статьи – краткий обзор направлений и основных результатов этих исследований на различных этапах существования института.

Сведения о составе вод рек Приамурья приводятся в материалах первых исследователей Дальнего Востока. Рудольф Карлович Маак писал, что вода р. Сунгари имела «...грязно-мутный цвет, представляющий особенно резкую противоположность до сих пор чистой в массе темно-бурой Амура выше соединения его с Сунгари...» [1, с. 43].

Необходимость изучения химического состава воды р. Амур как основного источника питьевого водоснабжения возникла в конце XIX в. в г. Хабаровск в связи с участвовавшими эпидемиями брюшного тифа и желудочно-кишечных заболеваний. Поэтому его жителей всегда интересовало качество амурской воды. Об этом свидетельствует доклад фармацевта Бобрицкого «Результаты трехмесячных химических исследований питьевой воды Амура у Хабаровска», который он сделал в 1896 г. на собрании Приамурского отдела Императорского Русского географического общества [2]. Дальнейшие исследования заведующего химической лабораторией Китайско-Восточной железной дороги А.М. Осендовского [3], санитарных врачей Хабаровского военного лазарета [4, 5] позволили получить более полные сведения о химическом составе речных вод Приамурья.

Наблюдения за качеством воды в нагнетательных трубах городского водовода, оголовок которого находился в 32 м от берега, позволили выявить сезонные различия в содержании растворенных веществ в воде р. Амур. Было отмечено снижение качества ее вод ниже устьев малых рек Чердымовка и Плюсника [6].

В военные годы (1941–1943) на р. Шилка у г. Сретенска, р. Ингода у с. Атамановка, р. Бира у г. Биробиджан, р. Амур у г. Хабаровск эпизодические наблюдения за химическим составом воды начинает осуществлять Управление Гидрометеослужбы Дальнего Востока. В 1950 г. количество пунктов наблюдений достигало 18, в 1962 г. – 49. Мониторинг проводился в основном на больших реках, поэтому лучше всего в гидрохимическом отношении были изучены реки Амур, Шилка, Зея, Буряя и Уссури. В начале этого мониторинга изучалось содержание главных ионов и органического вещества (по значениям перманганатной окисляемости и цветности воды). В 1975 г. в перечень определяемых компонентов были включены соединения минерального азота, микроэлементы, фенолы, нефтепродукты, АПАВ, пестициды и др.

## Результаты и обсуждение

Образование в 1974 г. в составе отдела гидрологии и гидрогеологии ТИГ ДВНЦ АН СССР<sup>1</sup>, лаборатории гидрохимии под руководством к.х.н. А.В. Иванова, изучавшего формирование химического состава природных вод в условиях резко континентального климата, а также усиление ее выпускниками химических факультетов Иркутского и Дальневосточного государственных университетов (Н.П. Кашин, В.С. Таловская, Н.М. Куikliна, В.П. Шестеркин, позднее Н.М. Симонова, И.И. Кириченко, А.Г. Новороцкая, В.Б. Базарова, А.П. Неудачин) активизировало гидрохимические исследования на водных объектах Забайкалья и Приамурья [7, 8]. Перед коллективом лаборатории<sup>2</sup> был поставлен ряд задач, главные из которых были изучение механизмов и процессов, определяющих формирование химического состава озерных и болотных вод, снежного покрова, льда водоемов и рек, атмосферных осадков: гидрохимическое районирование восточного участка зоны БАМ. Наблюдения проводились на Зейском водохранилище, озерах и реках Эворон-Чукчагирской и Среднеамурской равнин, Чарской котловины. Объектами наблюдений являлись атмосферные осадки и снежный покров [9–10], природные льды [11–14], воды болот [15]. Изучалось влияние лесных пожаров и различных видов хозяйственной деятельности на объекты гидросферы [9–10, 16].

В 1982 г. начинается планомерное изучение химического состава вод р. Амур. Экспедиционные исследования осуществлялись на теплоходах «Ладога» и «Эврика», автомашинах. Изучение качества воды р. Амур проводилось в рамках выполнения планов НИР, проекта ДВО РАН в 2003–2008 гг. «Комплексные исследования в бассейне Амура», в 2005–2008 гг. проекта Амур–Охотск «Влияние деятельности человека в Северо-Восточной Азии на биологическую продуктивность северной части Тихого Океана», в котором участвовали ученые России, Японии, Китая и Монголии (рис. 1), большого количества хозяйственных работ («Оценка качества воды р. Амур в период ледостава в связи с массовым развитием водного грибка *Leptomitus lacteus*», «Влияние добычи нерудных строительных материалов на динамику руслового потока и состояние водных экосистем» и др.). В ходе этих исследований изучалась сезонная динамика химического состава вод как р. Амур, так и его крупных притоков [17–23].

В 1987–1989 гг. в связи с предполагаемым строительством ГЭС на р. Адыча в Верхоянском районе Якутии для прогнозирования качества вод будущего водохранилища под руководством к.г.н. К.Г. Баканова изучался гидрохимический режим р. Адыча и ее притоков, снежного покрова и атмосферных осадков [24].

Освоение рудных месторождений золота и серебра в Приамурье (Многовершинное, Тас-Юрях, Хаканджа и др.) методом цианидного выщелачивания потребовало решения ряда экологических проблем, в том числе выявления гидрохимического фона, уровня загрязнения атмосферных, поверхностных и подземных вод в период их эксплуатации [25].

Большой объем гидрохимической информации был получен в 1988–1992 гг. в Тугурском заливе в связи необходимостью прогнозирования его экологического состояния после создания плотины приливной электростанции [26].

В 2003–2008 гг. совместно с Росгидрометом и гидробиологами ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН под руководством к.б.н. С.Е. Сиротского проводился гидрохимический мониторинг [27, 28] на Бурейском водохранилище в период его заполнения (рис. 2). Наблюдения свидетельствовали о том, что поэтапный набор и сброс воды на проектных отметках во время строительства ГЭС обусловил хорошую проточность придонных горизонтов воды, что привело к снижению влияния затопленного почвенного и растительного покрова на качество воды. Для реализации этих работ был орга-

<sup>1</sup> Переведен в августе 1978 г. в Хабаровский комплексный НИИ АН СССР.

<sup>2</sup> С 2001 г. – лаборатории гидроэкологии и биогеохимии ИВЭП ДВО РАН.



**Рис. 1.** Отбор проб донных отложений на нижнем Амуре в 2005 г. во время российско-японского проекта «Амур–Охотск». Фото В.П. Шестеркина

**Fig. 1.** Sampling of bottom sediments on the Lower Amur in 2005 during the Amur-Okhotsk Russian-Japanese project. Photo by V.P. Shesterkin

ний были дополнены данными Росгидромета за 2002–2005 гг., полученными в ходе совместного российско-китайского мониторинга, который проводился по решению правительств Хабаровского края и провинции Хэйлунцзян в период открытого русла на р. Амур у с. Нижнеленинское и р. Усури у с. Казакевичево.

Большой объем информации был получен при выполнении плановых работ по темам НИР: «Геоэкологические проблемы бассейнов крупных рек Восточной Азии» (2006–2008); «Динамика водных экосистем муссонных областей Дальнего Востока в условиях изменения природных и антропогенных факторов» (2009–2011 гг.) и др.

Авария в ноябре 2005 г. на химическом комбинате в г. Цзилинь (КНР) обусловила проведение в декабре 2005 г. российско-китайского совместного мониторинга качества вод р. Амур на пограничных участках. В марте и мае 2006 г. аналогичный мониторинг проводился на реках Сунгари и Амур на участке между г. Харбин и г. Комсомольск-на-Амуре,



**Рис. 2.** Гидрохимический мониторинг на Бурейском водохранилище в ноябре 2007 г. Фото В.П. Шестеркина

**Fig. 2.** Hydrochemical monitoring at the Bureya Reservoir in November 2007. Photo by V.P. Shesterkin

низован Межрегиональный центр экологического мониторинга гидроузлов. В 2012–2014 гг. аналогичные наблюдения проводились в период строительства Нижне-Бурейской ГЭС. Для прогнозирования качества вод Канкунского и Нижне-Зейского водохранилищ изучался гидрохимический режим рек Тимптон и Зея [29, 30].

В связи с появлением в воде и ихтиофауне р. Амур «химического» запаха зимой 1997–2002 гг. гидрохимические исследования начали осуществляться на его пограничных участках между с. Амурзет и с. Ленинское. В ходе этих работ были получены первые сведения о влиянии р. Сунгари на качество вод р. Амур [31, 32].

Позднее материалы этих наблюдений были дополнены данными Росгидромета за 2002–2005 гг., полученными в ходе совместного российско-китайского мониторинга, который проводился по решению правительств Хабаровского края и провинции Хэйлунцзян в период открытого русла на р. Амур у с. Нижнеленинское и р. Усури у с. Казакевичево. Большой объем информации был получен при выполнении плановых работ по темам НИР: «Геоэкологические проблемы бассейнов крупных рек Восточной Азии» (2006–2008); «Динамика водных экосистем муссонных областей Дальнего Востока в условиях изменения природных и антропогенных факторов» (2009–2011 гг.) и др. Авария в ноябре 2005 г. на химическом комбинате в г. Цзилинь (КНР) обусловила проведение в декабре 2005 г. российско-китайского совместного мониторинга качества вод р. Амур на пограничных участках. В марте и мае 2006 г. аналогичный мониторинг проводился на реках Сунгари и Амур на участке между г. Харбин и г. Комсомольск-на-Амуре,

что позволило получить сведения о химическом составе вод р. Сунгари в районе городов Харбин, Цзямусы и Тунцзян [33] (рис. 3). В дальнейшем осуществлялся мониторинг трансграничных водных объектов в зоне деятельности Амурского бассейнового водного управления. Основанием такого мониторинга стали «План совместного российско-китайского мониторинга качества вод трансграничных водных объектов», подписанный в Пекине 31 мая 2006 г., и «Программа мероприятий по осуществлению совместного российско-китайского мониторинга качества вод трансграничных водных объектов»,

подписанная 22 января 2008 г. в г. Санья. В соответствии с этим Забайкальским, Дальневосточным и Приморским управлениями Росгидромета в 2007–2014 гг. осуществлялись наблюдения за качеством воды рек Аргунь, Амур, Уссури и Сунгача, которые в дальнейшем нашли отражение в «Сводном аналитическом отчете по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в зоне деятельности Амурского БВУ», который подготовили сотрудники лаборатории. В ходе этих работ, проводившихся по всей ширине пограничных рек, были получены первые сведения о содержании в воде пестицидов и гербицидов (ДДТ, ДДЭ, линдана, дихлорфенола и др.), ароматических соединений (бензол, толуол и др.).

Трансграничное загрязнение вод среднего Амура напомнило о себе снова во время ледохода в апреле 2020 г., когда в бассейне р. Ицзими (приток р. Сунгари) произошло разрушение дамбы хвостохранилища. Поэтому по решению Комиссии по предупреждению и ликвидации ЧС Хабаровского края гидрохимии института приняли участие в мониторинге качества вод р. Амур и протоки Амурская вблизи государственной границы [34].

Важным направлением исследований остается определение влияния катастрофических пожаров на формирование химического состава вод таежных рек Приамурья. Поддержанные в разные годы проектами РФФИ и ДВО РАН, Канадского секретариата международной сети модельных лесов исследования на малых реках бассейна р. Анной (западный макросклон северного Сихотэ-Алиня), пройденных в различной степени катастрофическими пожарами 1998 г., свидетельствуют о длительном выносе растворенных веществ с пирогенно-измененных водосборов [35, 36].

В 2020-е годы началось изучение гидрохимического режима малых рек г. Хабаровск и его пригородных территорий [37–39]. В условиях недостаточного финансирования экспедиционных исследований это направление стало одним из основных в деятельности лаборатории. Расширился и перечень определяемых компонентов химического состава воды (тяжелые металлы, летучие ароматические углеводороды). Это направление получило усиление с приходом в лабораторию специалистов Института материаловедения ДВО РАН (к.т.н. Зайцев А.В., к.т.н. Макаревич, К.С., Каминский О.И.) которые, ранее занимались изучением фотокаталитической активности различных материалов. В настоящее время ими разрабатываются фотокаталитические покрытия, позволяющие использовать солнечную энергию для очистки вод от загрязняющих веществ. Аспирантом И.С. Синьковой и к.б.н. О.С. Хомченко проводится мониторинг качества вод и донных отложений малых рек г. Хабаровск; к.г.н. С.И. Левшина и к.г.н. А.Г. Новороцкая осуществляют мониторинг химического состава речных вод и снежного покрова Большехецирского государственного заповедника; группа сотрудников лаборатории (А.В. Зайцев, Н.М. Шестеркина, Т.Д. Ри и др.) выполняет исследования по проекту РНФ «Фундаментальные и прикладные аспекты метода фотокаталитической водоочистки применительно к загрязненным стокам малых рек урбанизированных территорий». Сотрудники активно участвуют в конкурсах моло-



**Рис. 3.** Отбор проб воды р. Сунгари у г. Цзямусы (Китай) в мае 2006 г. во время российско-китайского мониторинга. Фото И.О. Просолова

**Fig. 3.** Water sampling on the Sungari near the city of Jiamusi (China) in May 2006 during the joint Russian-Chinese monitoring. Photo by I.O. Prosolov

дых ученых Хабаровского края. За последние годы выявлены основные факторы формирования качества вод малых рек, показана пространственная и сезонная изменчивость их химического состава. Показано значительное варьирование концентраций растворенных веществ в речных водах, обусловленное большими различиями химического состава талых снеговых, подземных и сточных вод, а также вод изношенных систем водоснабжения и водоотведения. Максимальные значения минерализации, загрязнение хлоридными ионами и ионами натрия из-за использования противогололедных реагентов установлены в начале снеготаяния в воде рек, дренирующих районы с интенсивным движением автотранспорта.

В 2008 г. в пределах Хабаровского края гидрохимические исследования проводились на трассе нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий Океан».

Большой объем гидрохимической информации позволил изучить многолетнюю динамику содержания и стока растворенных веществ в воде р. Амур у г. Хабаровск в зимнюю межень и во время крупных наводнений в 2019–2021 гг. и исторического в 2013 г. [40–42].

### **Заключение**

Тематика гидрохимических исследований в ИВЭП ДВО РАН формировалась в соответствии с запросом к географической науке как на обоснование планов экономического развития, так и на рациональное использование водных ресурсов и решение проблем охраны окружающей среды. Особенностью исследований был охват огромной территории Дальневосточного федерального округа.

Гидрохимические исследования были начаты в 1974 г. с образованием лаборатории гидрохимии в составе отдела гидрологии и гидрогеологии ТИГ ДВНЦ АН СССР, а затем Хабаровского комплексного научно-исследовательского института. Изучались закономерности формирования химического состава озерных вод в условиях резко континентального и муссонного климата, наледных и озерных льдов, атмосферных осадков, гидрохимический режим крупных водоемов зоны БАМ, влияние пирогенного фактора на химический состав речных вод.

Гидрохимический мониторинг в Верхоянском и Алданском районах Якутии позволил дать прогноз качества вод Адычанского и Канкунского проектируемых водохранилищ; в бассейнах рек Бурей и Зея – Бурейского, Нижне-Бурейского и Нижне-Зейского водохранилищ; на его основе была дана оценка экологических последствий строительства Тугурской приливной электростанции в Приохотье. Наблюдения в период заполнения Бурейского водохранилища свидетельствовали о том, что поэтапный набор и сброс воды на проектных отметках во время строительства ГЭС обусловил хорошую проточность придонных горизонтов воды, что привело к минимизации влияния затопленного почвенного и растительного покрова на качество воды. Установлено влияние зарегулирования реки на содержание и сток растворенных веществ зимой в воде р. Амур.

Выявлена приоритетная роль р. Сунгари в ухудшении качества вод р. Амур в зимнюю межень (появление «химического» запаха, загрязнение аммонийным, иногда нитритным азотом). Дана оценка загрязнения вод р. Амур после аварий в бассейне р. Сунгари (КНР) в 2005 и 2020 гг. Отмечено улучшение качества вод р. Амур в зимнюю межень 2012–2020 гг., снижение содержания иона аммония и преобладание нитратного азота в стоке его минеральных форм. Рассмотрена многолетняя динамика химического состава вод р. Амур и основных его притоков, пространственная и сезонная изменчивость концентраций и стока растворенных веществ в водах реки. Изучена гидрохимическая структура вод и стока р. Амур во время исторического наводнения 2013 г., сильных наводнений в 2019 и 2020 гг.

Рассмотрены основные факторы формирования качества вод малых рек г. Хабаровск и прилегающих территорий, показана пространственная и сезонная изменчивость их химического состава. Выявлено значительное варьирование концентраций растворенных ве-

ществ в речных водах, обусловленное большими различиями химического состава талых снеговых, подземных и сточных вод, а также вод изношенных систем водоснабжения и водоотведения. Максимальные значения минерализации, концентрации хлоридных ионов и ионов натрия, превышающие значения ПДК, установлены в начале снеготаяния в воде рек, дренирующих районы с интенсивным движением автотранспорта, из-за использования противогололедных реагентов.

### Литература

1. Маак Р.Ф. Путешествие на Амур. Спб.: Тип. Карла Вульфа, 1859. 211 с.
2. Приамурские ведомости. 1896, 18 февраля. № 112.
3. Луценко Т.Н., Шестеркин В.П. Первые гидрохимические исследования в Амурском крае // Географические исследования восточных районов России: этапы освоения и перспективы развития: материалы всерос. научно-практ. конф., посвященной 130-летию образования Приморского отделения РГО и 50-летию высшего географического образования на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВФУ. 2014. С. 157–160.
4. Чириков А.В. Реки Амурского бассейна (Шилка, Амур и Сунгари) в санитарном отношении: отчет по командировке 1904 г. СПб.: Тип. М.П.С., 1905, 133 с.
5. Никольский А.Д. Санитарный очерк г. Хабаровска Приамурской области // Казанский медицинский журн. 1907. Вып. 7/8. С. 21–24.
6. Эбергард А.И., Белохвостов С.И. Вода центральной части города Хабаровска (в летнее время) // Материалы по изучению Приамурского края. Труды 1 съезда врачей Приамурского края. Хабаровск: Тип. Канцелярии Приамурского Генерал-Губернатора, 1914. С. 125–134.
7. Иванов А.В., Трофимова Л.Н. Гидрохимия озер Центрального Забайкалья. Владивосток: Дальиздат. 1982. 140 с.
8. Мордовин А.М., Петров Е.С., Шестеркин В.П. Гидроклиматология и гидрохимия Зейского водохранилища. Владивосток; Хабаровск: Дальнаука, 1997. 138 с.
9. Иванов А.В., Кашин Н.П. Лесные пожары и многолетняя изменчивость химического состава атмосферных осадков и снежного покрова // Гидрохимические материалы. 1989. Т. 95. С. 3–14.
10. Новороцкая А.Г. Химический состав снежного покрова как индикатор экологического состояния Нижнего Приамурья: автореф. дис. ... канд. геог. наук. Хабаровск, 2002. 22 с.
11. Иванов А.В. Гидрохимические процессы при наледообразовании. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. 108 с.
12. Иванов А.В. Криогенная метаморфизация химического состава природных льдов, замерзающих и талых вод. Хабаровск: Дальнаука, 1998. 164 с.
13. Иванов А.В. Химия природных льдов: автореф. дис. ... д-ра геог. наук. Ростов-н/Д, 1991. 38 с.
14. Шестеркин В.П. Гидрохимия конгеляционных льдов Нижнего Приамурья: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Иркутск, 1994. 20 с.
15. Иванов А.В. Гидрохимический режим болот Приамурья // Ресурсы болот СССР и пути их использования. Хабаровск: ДВО АН СССР, 1989. С. 99–110.
16. Иванов А.В., Кашин Н.П., Куклина Н.М., Таловская В.С., Парфенов Ю.В., Шестеркин В.П. Роль лесных пожаров в формировании химического состава атмосферных осадков, снежного покрова и поверхностных вод // Формирование химического состава природных вод Приамурья и Забайкалья. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 28–38.
17. Махинов А.Н., Ким В.И., Шестеркин В.П., Ширавва Т., Нагао С. Проект «Амур–Охотск»: результаты российско-японских исследований в нижнем течении реки Амур и Амурском Лимане // Вестн. ДВО РАН. 2011. № 4. С. 3–13.
18. Чудаева В.А., Шестеркин В.П., Чудаев О.В. Микроэлементы в поверхностных водах бассейна реки Амур // Водные ресурсы. 2011. № 5. С. 606–617.
19. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Зимний сток растворенных веществ среднего Амура // География и природные ресурсы. 2001. № 4. С. 144–147.
20. 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.
21. Шестеркин В.П. Зимний кислородный режим вод Амура // География и природные ресурсы. 2004. № 1. С. 148–151.
22. Юрьев Д.Н., Гаретова Л.А., Шестеркин В.П., Сиротский С.Е. О массовом развитии водного гриба *Leptomitus lacteus* в р. Амур в период ледостава // Геохимические и биогеохимические процессы в экосистемах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 153–163.
23. Nagao S., Terashima M., Seki O., Takata H., Kawahigashi M., Kodama H., Kib V.I., Shesterkin V.P., Levshina S.I., Makinov A.N. Biogeochemical behavior of iron in the lower Amur River and Amur-Liman // Report on Amur-Okhotsk Project. RIHN. 2010. №. 6. P. 41–50.

24. Шестеркин В.П. Гидрохимия рек Верхоянья. Владивосток; Хабаровск: Дальнаука, 2000. 98 с.
25. Шевцов В.М., Караванов К.П., Махинов А.Н., Кулаков В.В., Мордовин А.М., Шапов В.В., Шестеркин В.П. Водные ресурсы горнорудных районов и их преобразование (Юг Дальнего Востока). Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 1998. 159 с.
26. Иванов А.В., Шестеркина Н.М., Махинов А.Н., Баканов К.Г. Гидрологические и гидрохимические процессы в Тугурском заливе Охотского моря // Вопросы географии Дальнего Востока. Экологические проблемы при горнорудном и энергетическом освоении территорий и акваторий. Хабаровск: Приамурское географическое общество, 1997. Вып. 20. С. 47–52
27. Мордовин А.М., Шестеркин В.П., Антонов А.Л. Река Буряя: гидрология, гидрохимия и ихтиофауна. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2006. 149 с.
28. Шестеркин В.П., Сиротский С.Е., Таловская В.С. Минерализация и содержание органического вещества в воде Бурейского водохранилища в первые годы заполнения // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. № 4. С. 33–40.
29. Шестеркин В.П., Сиротский С.Е., Шестеркина Н.М., Таловская В.С., Ерина О.Н., Никитина О.Н. Пространственная и временная изменчивость химического состава речных вод бассейна реки Тимптон // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 2. С. 19–32.
30. Шестеркина Н.М., Шестеркин В.П. Микроэлементы в воде притоков Нижне-Бурейского водохранилища // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2016. № 3. С. 15–29.
31. Левшина С.И. Содержание и динамика органического вещества поверхностных вод бассейна р. Амур и его геоэкологическое значение (на примере Среднеамурской низменности): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Владивосток, 2006. 22 с.
32. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Особенности качества воды р. Сунгари // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2009. № 1. С. 50–53.
33. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Фориная Ю.А., Ри Т.Д. Трансграничное загрязнение Амура в зимнюю межень 2005–2006 гг. // География и природные ресурсы. 2007. № 2. С. 40–44.
34. Шестеркин В.П. Влияние разрушения дамбы восточного водохранилища в бассейне реки Сунгари (КНР) на качество вод Амура у Хабаровска в апреле 2020 года // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2021. № 2. С. 67–74.
35. Фориная Ю.А. Пространственно-временная изменчивость химического состава вод рек северного Сихотэ-Алиня: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Хабаровск, 2013. 25 с.
36. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Многолетняя динамика химического состава вод таежных рек на горах северного Сихотэ-Алиня // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2017. Т. 28, № 2. С. 56–70.
37. 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.
38. 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. 42–51.
39. Shesterkin V.P., Sinkova I.S., Kaminsky O.I. Dynamics of the content of mineral forms of nitrogen in the water of small Rivers in Khabarovsk during the winter period // J. of Ecological Engineering. 2021. Vol. 22. N 10. P. 121–126.
40. Шестеркин В.П. Изменение химического состава речных вод в Хабаровском водном узле за столетие // Тихоокеанская геология. 2010. Т. 29, № 2. С. 112–118.
41. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Влияние крупных наводнений в районе Хабаровска в 2018–2019 гг. на гидрохимическую структуру вод Амура // Метеорология и гидрология. 2020. № 11. С. 92–99.
42. Baixing Yan, Junian Guan, Shesterkin V.P., Hui Zhu. Variations of Dissolved Iron in the Amur River during an Extreme Flood Event in 2013 // Chinese Geographical science. 2016. Vol. 26, N 5. P. 679–686.

## References

1. Maak, R.F. Journey to the Amur. Karl Wulff Publishing House: St. Petersburg, Russia. 1859; 211 p. (In Russian)
2. Priamurskiye Vedomosti. 1896, February 18, Issue 112. (In Russian)
3. Lutsenko, T.N.; Shesterkin, V.P. The first hydrochemical studies in the Amur region. In *Geographical studies of the eastern regions of Russia: stages of development and development prospects*. Proceedings of all-Russian scientific and practical conference dedicated to the 130th anniversary of the formation of the Primorsky Branch of the Russian Geographical Society and the 50th anniversary of higher geographical education in the Far East. Far Eastern Federal University: Vladivostok, Russia, 2014, 157–160. (In Russian)
4. Chirikov, A.V. The rivers of the Amur basin (Shilka, Amur and Sungari) in sanitary terms: a report on a business trip in 1904. M.P.S. Publishing House: St. Petersburg, 1905; 133 p. (In Russian)
5. Nikolsky, A.D. Sanitary essay of the city of Khabarovsk, Amur Region. *Kazan Medical Journal*. 1907, 7/8, 21–24. (In Russian)
6. Ebergard, A.I.; Belokhovostov, S.I. Water in the central part of the city of Khabarovsk (in summer). In *Materials for the study of the Amur region*. Proceedings of the 1st Congress of Physicians of the Amur Territory. Publishing house of the Office of the Governor-General: Khabarovsk, Russia, 1914, 125–134. (In Russian)

7. Ivanov, A.V.; Trofimova, L.N. Hydrochemistry of the lakes of Central Transbaikalia. Dalizdat: Vladivostok, Russia, 1982; 140 p. (In Russian)
8. Mordovin A.M.; Petrov, E.S.; Shesterkin, V.P. Hydroclimatology and hydrochemistry of the Zeya Reservoir. Dalnauka: Vladivostok-Khabarovsk, Russia, 1997; 138 p. (In Russian)
9. Ivanov, A.V.; Kashin, N.P. Forest fires and long-term variability of the chemical composition of atmospheric precipitation and snow cover. *Hydrochemical Materials*. 1989, 95, 3–14. (In Russian)
10. Novorotskaya, A.G. The chemical composition of the snow cover as an indicator of the ecological state of the Lower Amur region: dissertation abstract of a candidate of geographical sciences. Khabarovsk, Russia, 2002; 22 p. (In Russian)
11. Ivanov, A.V. Hydrochemical processes during ice formation. Far Eastern Scientific Center of the Academy of Sciences of the USSR: Vladivostok, Russia. 1983; 108 p. (In Russian)
12. Ivanov, A.V. Cryogenic metamorphization of the chemical composition of natural ice, freezing and melt waters. Dalnauka: Khabarovsk, Russia. 1998; 164 p. (In Russian)
13. Ivanov, A.V. Chemistry of natural ices: dissertation abstract of a doctor of geographical sciences. Rostov-nad-Donu, Russia, 1991; 38 p. (In Russian)
14. Shesterkin, V.P. Hydrochemistry of congelation ices in the Lower Amur Region: dissertation abstract of a candidate of geographical sciences. Irkutsk, Russia, 1994; 20 p. (In Russian)
15. Ivanov, A.V. Hydrochemical regime of the swamps of the Amur region. In *Resources of the swamps of the USSR and ways of their use*. Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences: Khabarovsk, Russia, 1989, 99–110. (In Russian)
16. Ivanov, A.V.; Kashin, N.P.; Kuklina, N.M.; Talovskaya, V.S.; Parfenov, Yu.V.; Shesterkin, V.P. The role of forest fires in the formation of the chemical composition of atmospheric precipitation, snow cover and surface waters. In *Formation of the chemical composition of natural waters of the Amur Region and Transbaikalia*. Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences: Vladivostok, Russia, 1977, 28–38. (In Russian)
17. Makhinov, A.N.; Kim, V.I.; Shesterkin, V.P.; Shiraiva, T.; Nagao, S. The Amur-Okhotsk project: results of Russian-Japanese research in the lower reaches of the Amur River and the Amur Liman. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2011, 4, 3–13. (In Russian)
18. Chudaeva, V.A.; Shesterkin, V.P.; Chudaev, O.V. Trace elements in the surface waters of the Amur River basin. *Water resources*. 2011, 5, 606–617. (In Russian)
19. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M. Winter runoff of dissolved substances of the middle Amur. *Geography and natural resources*. 2001, 4, 144–147. (In Russian)
20. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M. The content of ammonium nitrogen in the water of the middle Amur during the winter low water. *Geography and natural resources*. 2003, 2, 93–97. (In Russian)
21. Shesterkin, V.P. Winter oxygen regime of the Amur waters. *Geography and natural resources*. 2004, 1, 148–151. (In Russian)
22. Yuryev, D.N.; Garetova, L.A.; Shesterkin, V.P.; Sirotsky, S.E. On the mass development of the aquatic fungus *Leptomitius lacteus* in the Amur River during the freezing period. In *Geochemical and biogeochemical processes in ecosystems of the Far East*. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 1999, 153–163. (In Russian)
23. Nagao, S.; Terashima, M.; Seki, O.; Takata, H.; Kawahigashi, M.; Kodama, H.; Kib, V.I.; Shesterkin, V.P.; Levshina, S.I.; Makhinov, A.N. Biogeochemical behavior of iron in the lower Amur River and Amur-Liman. In *Report on Amur-Okhotsk Project*. RIHN. 2010, 6, 41–50.
24. Shesterkin, V.P. Hydrochemistry of the rivers of Verkhoyansk. Dalnauka: Vladivostok-Khabarovsk, Russia. 2000; 98 p. (In Russian)
25. Shevtsov, V.M.; Karavanov, K.P.; Makhinov, A.N.; Kulakov, V.V.; Mordovin, A.M.; Shamov, V.V.; Shesterkin, V.P. Water resources of mining areas and their transformation (South of the Far East). Khabarovsk Technical State University: Khabarovsk, Russia. 1998; 159 p. (In Russian)
26. Ivanov, A.V.; Shesterkina, N.M.; Makhinov, A.N.; Bakanov, K.G. Hydrological and hydrochemical processes in the Tugur Bay of the Sea of Okhotsk. In *Questions of Geography of the Far East. Ecological problems in the mining and energy development of territories and water areas*. Amur Geographical Society: Khabarovsk, Russia. 1997, 20, 47–52. (In Russian)
27. Mordovin, A.M.; Shesterkin, V.P.; Antonov, A.L. Bureya River: hydrology, hydrochemistry and ichthyofauna. Institute of Water and Environmental Problems, FEB RAS: Khabarovsk, Russia. 2006; 149 p. (In Russian)
28. Shesterkin, V.P.; Sirotsky S.E.; Talovskaya, V.S. Mineralization and content of organic matter in the water of the Bureya Reservoir in the first years of filling. *Water industry of Russia: problems, technologies, management*. 2011, 4, 33–40. (In Russian)
29. Shesterkin, V.P.; Sirotsky, S.E.; Shesterkina, N.M.; Talovskaya, V.S.; Erina, O.N.; Nikitina, O.N. Spatial and temporal variability of the chemical composition of river waters in the Timpton River Basin. *Water industry of Russia: problems, technologies, management*. 2017, 2, 19–32. (In Russian)
30. Shesterkina, N.M.; Shesterkin, V.P. Trace elements in the water of the tributaries of the Nizhne-Bureya Reservoir. *Water industry of Russia: problems, technologies, management*. 2016, 3, 15–29. (In Russian)
31. Levshina, S.I. The content and dynamics of organic matter in the surface waters of the Amur River basin and its geo-ecological significance (on the example of the Middle Amur lowland): dissertation abstract of a candidate of geographical sciences. Vladivostok, 2006; 22 p. (In Russian)

32. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M. Features of the water quality of the Sungari River. *Geoecology, engineering geology, hydrogeology, geocryology*. 2009, 1, 50–53. (In Russian)
33. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M.; Forina, Yu.A.; Ri, T.D. Transboundary pollution of the Amur during the winter low water period in 2005–2006. *Geography and natural resources*. 2007, 2, 40–44. (In Russian)
34. Shesterkin, V.P. The impact of the destruction of the tailings dam in the Sungari River basin (China) on the quality of the Amur waters near Khabarovsk in April 2020. *Geoecology, engineering geology, hydrogeology, geocryology*. 2021, 2, 67–74. (In Russian)
35. Forina, Yu.A. Spatial-temporal variability of the chemical composition of the waters of the rivers of the northern Sikhote-Alin: dissertation abstract of a candidate of geographical sciences. Khabarovsk, 2013; 25 p. (In Russian)
36. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M. Long-term dynamics of the chemical composition of the waters of taiga rivers in the burnt areas of the northern Sikhote-Alin. *Problems of ecological monitoring and modeling of ecosystems*. 2017, 28 (2), 56–70. (In Russian)
37. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M. Hydrochemistry of river waters in Khabarovsk. In *Geochemical and biogeochemical processes in ecosystems of the Far East*. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 1999, 112–119. (In Russian)
38. Shesterkin, V.P.; Afanasieva, M.I.; Shesterkina, N.M. Features of water quality of small rivers of Khabarovsk in winter. *Geoecology, Engineering geology, hydrogeology, geocryology*. 2019, 3, 42–51. (In Russian)
39. Shesterkin, V.P.; Sinkova, I.S.; Kaminsky, O.I. Dynamics of the content of mineral forms of nitrogen in the water of small rivers in Khabarovsk during the winter period. *Journal of Ecological Engineering*. 2021, 22(10), 121–126.
40. Shesterkin, V.P. Changes in the chemical composition of river waters in the Khabarovsk water junction over a century. *Pacific Geology*. 2010, 29(2), 112–118. (In Russian)
41. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M. The impact of major floods in the Khabarovsk region in 2018-2019 on the hydrochemical structure of the Amur waters. *Meteorology and Hydrology*. 2020, 11, 92-99. (In Russian)
42. Baixing, Yan; Jiunian, Guan; Shesterkin, V.P.; Hui, Zhu. Variations of Dissolved Iron in the Amur River during an Extreme Flood Event in 2013. *Chinese Geographical science*. 2016, 26(5), 679–686.

Статья поступила в редакцию 03.07.2023; одобрена после рецензирования 18.07.2023; принята к публикации 21.07.2023.

The article was submitted 03.07.2023; approved after reviewing 18.07.2023; accepted for publication 21.07.2023.

