

**В.П. ШЕСТЕРКИН, Н.М. ШЕСТЕРКИНА**

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,  
680000, Хабаровск, ул. Дикопольцева, 56, Россия,  
shesterkin@ivep.as.khb.ru, shesterkina@ivep.as.khb.ru

### **ОСОБЕННОСТИ ИОННОГО СТОКА РЕКИ АМУР У ХАБАРОВСКА В 2013 ГОДУ**

*Представлены результаты исследования стока основных ионов в воде р. Амур у Хабаровска в максимальном по водности 2013 г. Рассмотрено влияние зарегулированных рек Зеи и Буреи на гидрологический и гидрохимический режимы среднего Амура. Отмечено неравномерное распределение суммы ионов по ширине реки; наибольшие различия фиксировались в период зимней межени, наименьшие — во время весеннего половодья. Установлено, что на гребне исторического паводка различия в распределении суммы ионов по ширине Амура не превышали 26 мг/л, максимальное значение для середины реки (до 82,8 мг/л) было выше, чем в паводки 1998, 2002, 2009 и 2019 гг. Наибольшая за год сумма ионов (132 мг/л) была зафиксирована в результате выноса растворенных веществ с затопленных сельхозугодий и урбанизированных территорий в декабре в начале ледостава. Показано приоритетное влияние р. Сунгари на временную и пространственную изменчивость концентраций ионов в воде Амура. Дана оценка ионного стока в зимнюю межень, в период весеннего половодья и во время исторического паводка, на спаде которого в сентябре был зафиксирован наибольший вынос солей (6644 тыс. т). Основной вклад в формирование ионного стока внесли гидрокарбонатный и сульфатный ионы, ион кальция, в меньшей степени — ион калия и хлоридный ион. Максимальная доля стока ионов антропогенного генезиса (сульфатов и хлоридов) отмечена в мае в период весеннего половодья, когда в водном стоке Амура доминируют талые снеговые воды, стока гидрокарбонатного иона и иона натрия — в декабре, когда из насыщенных влагой почв осуществляется вынос солей.*

**Ключевые слова:** главные ионы, зимняя межень, весеннее половодье, историческое наводнение 2013 г., пространственная изменчивость концентраций.

**V.P. SHESTERKIN, N.M. SHESTERKINA**

Institute of Water and Ecological Problems, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,  
680000, Khabarovsk, ul. Dikopoltseva, 56, Russia,  
shesterkin@ivep.as.khb.ru, shesterkina@ivep.as.khb.ru

### **PECULIARITIES OF THE IONIC FLOW OF THE AMUR RIVER NEAR KHABAROVSK IN 2013**

*Results from studying the flow of major ions in the water of the Amur river near Khabarovsk for the maximum water discharge in 2013 are presented. The effect of the regulated Zeya and Bureya rivers on the hydrological and hydrochemical regime of the Middle Amur is considered. An uneven distribution of the sum of ions across the width of the river was noted, with the greatest differences observed during the winter low-water period and the least differences occurred during the spring high-water period. It was found that at the crest of the historical flood the differences in the distribution of the sum of ions across the width of the Amur did not exceed 26 mg/L, and the maximum value in the middle of the river (up to 82.8 mg/L) was higher than during the 1998, 2002, 2009 and 2019 floods. The yearly largest sum of ions (132 mg/L) was recorded as a result of the removal of dissolved matter from the flooded farmland and urbanized areas in December at the beginning of freeze-up. The priority influence of the Sungari river on the temporal and spatial variability in ion concentrations in the water of the Amur river is shown. An estimate was made of the ionic flow during the winter low-water period, spring flooding and historical flooding, the decline of which in September was accompanied by the greatest removal of salts (6644 thousand tons). Hydrocarbonate and sulfate ions, the calcium ion and, to a lesser extent, the potassium ion and chloride ion made the main contribution to the formation of the ionic flow. The maximum share of the ionic flow of anthropogenic genesis (sulfates and chlorides) is observed in May during spring flood, when snowmelt dominates in the Amur water runoff as well as of the hydrocarbonate ion and sodium ion in December, when salts are exported from moisture-saturated soils.*

**Key words:** major ions, winter lowest water level, spring flood, historical flood of 2013, spatial variability of concentrations.

## ВВЕДЕНИЕ

Ионный сток — важнейшая геохимическая характеристика территории, зависящая от водного стока и его генезиса, состава почв и подстилающих пород, климатических условий, хозяйственной деятельности и др. [1]. Первые сведения о химическом составе воды р. Амур у Хабаровска были получены Дальневосточным управлением гидрометеослужбы (ДВ УГМС) в 1943, 1944 и 1949 гг. Сумма ионов ( $\Sigma$ ) была очень низкой — в среднем 37,9 мг/л, ионный сток достигал 9,1 млн т/год [1].

Анализ материалов ДВ УГМС за 1953–1961 гг., когда среднегодовой водный сток Амура находился в пределах 10 100–12 600 м<sup>3</sup>/с, а пробы отбирали на середине реки, свидетельствовал о широкой амплитуде колебаний  $\Sigma$  (28,3–161,1 мг/л). Среднемноголетнее значение составляло 72,3 мг/л. Наибольший ионный сток (229,4 тыс. т/сут) отмечался в 1957 г. на гребне паводка, который формировался в бассейне р. Сунгари (КНР), наименьший (96,5 тыс. т/сут) — в 1956 г., когда в воде среднего Амура доминировали воды рек Зеи и Буреи [2].

Активизация хозяйственной деятельности в китайской части бассейна Амура и развитие гидроэнергетического строительства в российской части бассейна оказали большое влияние на водный, а соответственно, и ионный сток. В более широких пределах (25,4–263,0 мг/л), согласно материалам ДВ УГМС, изменялись значения  $\Sigma$  в воде Амура у Хабаровска в 1985–2004 гг. [3].

Исследования Института водных и экологических проблем (ИВЭП) ДВО РАН на р. Амур в зимнюю межень 1997–2003 гг. свидетельствовали о наиболее низком значении  $\Sigma$  в левобережной части Амура и высоком — на середине реки. Среднемноголетнее значение  $\Sigma$  составляло 105,4 мг/л, что в 1,2 раза ниже, чем в 1950–1967 гг. [4]. Ионный сток за это время повысился с 13,1 до 16,9 тыс. т/сут [5].

В 2013 г. за весь период гидрологических наблюдений на р. Амур у Хабаровска (1896–2020 гг.) наблюдались максимальные уровень воды (808 см) и среднегодовой сток (14 100 м<sup>3</sup>/с). Несколько меньше значения стока были в многоводные 1897 (13 400 м<sup>3</sup>/с) и 1915, 1956 гг. (12 600 м<sup>3</sup>/с).

Наблюдения ИВЭП ДВО РАН в 2013 г. позволили оценить ионный сток в период наводнения (19,6 млн т) и на гребне паводка (274 тыс. т) [6], тогда как в зимнюю межень (январь–март, декабрь) и период половодья (апрель–май) он не был рассмотрен. Не изучался в отдельности и сток каждого из главных ионов в течение многоводного года. Данная работа восполняет этот пробел.

Мониторинг осуществляли на 5–6 пунктах, равномерно расположенных по ширине Амура у Хабаровска, в зимнюю межень (январь–март, декабрь) и в период открытого русла (май–октябрь) в 2013 г. Данные за апрель и ноябрь (период ледохода) рассчитывали усреднением данных за март–май и октябрь–декабрь. Пробы воды брали с поверхности, общее их количество составило 72. Анализ воды проводили в Центре коллективного пользования при ИВЭП ДВО РАН по принятым в гидрохимии методам [7]. В работе использовали опубликованные (1953–1969 гг.) и приобретенные (2013 г.) материалы Росгидромета, данные «РусГидро» [8].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зимняя межень на р. Амур у Хабаровска характеризовалась высоким уровнем воды — более –9 см (рис. 1), обусловленным значительными расходами воды р. Зеи ниже ГЭС. С декабря 2012 по февраль 2013 г. они были в пределах 1305–1400 м<sup>3</sup>/с, т. е. максимальными после зарегулирования в 1975 г. Расходы воды р. Буреи в это время изменялись от 589 до 859 м<sup>3</sup>/с. Поэтому зимой в стоке среднего Амура сток этих рек был преобладающим.

В воде р. Амур у Хабаровска значение  $\Sigma$  зимой изменялось от 46,5 мг/л в левобережной части в марте до 119,3 мг/л на середине реки в феврале (рис. 2). Большие различия в значениях  $\Sigma$  по ширине реки были обусловлены неодинаковым содержанием главных ионов в воде основных притоков [4]. В амурской воде у Хабаровска влияние рек Зеи и Буреи обычно отмечается у левого берега, р. Сунгари — на середине, р. Уссури — у правого берега. В феврале 2013 г. ниже устьев Зеи и Буреи  $\Sigma$  не превышала 33,1 мг/л, в р. Сунгари — 159,0, р. Уссури — 100,5 мг/л [9, 10]. В течение ледостава увеличение стока Зеи и Буреи обусловило снижение  $\Sigma$  на 20,9 мг/л в левобережной части Амура. Наряду с этим на середине реки за счет Сунгари величина  $\Sigma$  возросла на 6,7 мг/л, а в правобережной части реки повысилась с 95,9 до 107,6 мг/л. Поэтому в конце ледостава различия в значениях  $\Sigma$  по ширине Амура были наибольшими (до 67,4 мг/л). Среднее значение составило 85,7 мг/л.

Ионный сток Амура в январе–марте 2013 г. изменился в пределах 600–704 тыс. т, за счет незначительных колебаний расходов воды варьировал в небольших пределах, суммарно был ниже 2000 тыс. т (см. таблицу). По сравнению с 1952–1969 гг., когда наблюдения проводили реже, он вырос в 2,4 раза.

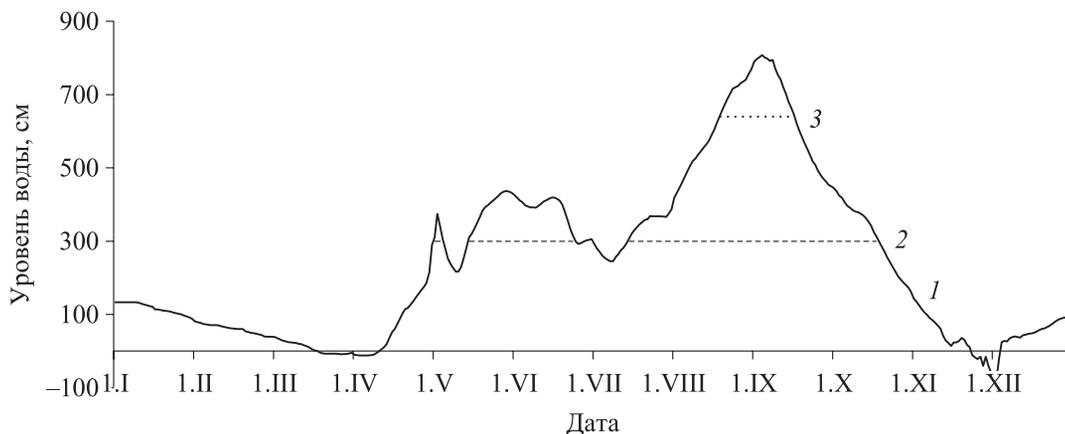


Рис. 1. Изменение уровней воды р. Амур у Хабаровска в 2013 г.  
Уровни воды: 1 – фактический, 2 – выход на пойму, 3 – исторический.

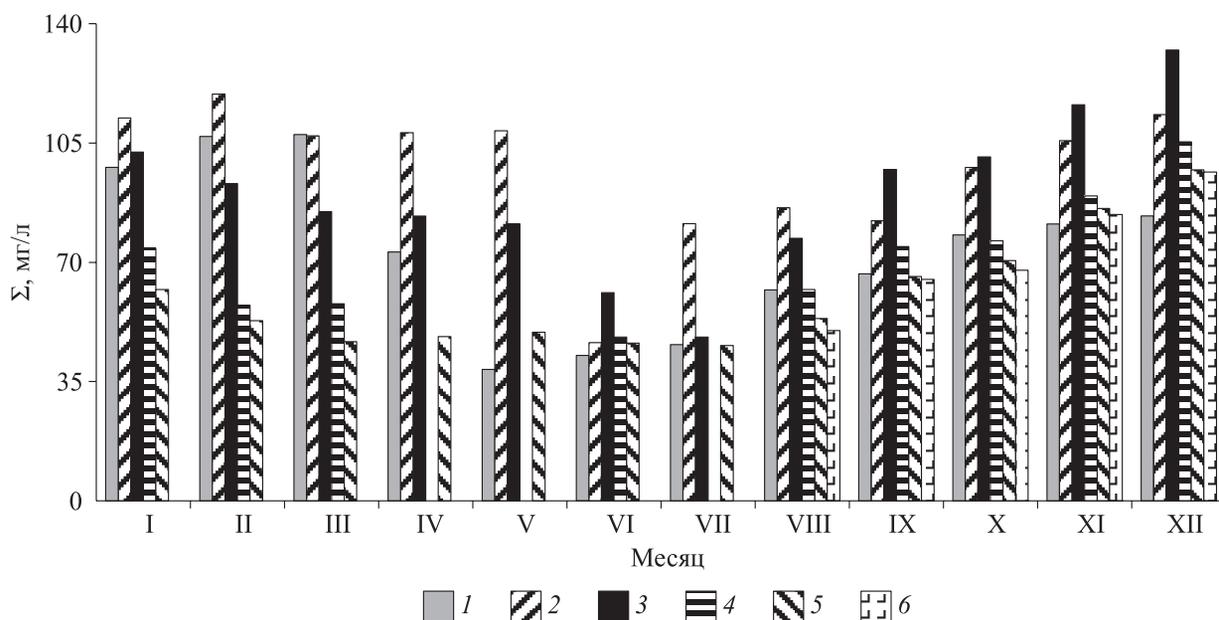


Рис. 2. Распределение Σи в воде р. Амур у Хабаровска в 2013 г.  
Расстояние от правого берега, м: 1 – 350, 2 – 500, 3 – 700, 4 – 900, 5 – 1100, 6 – 1300.

Сток основных ионов в воде р. Амур в 2013 г., тыс. т

Показатель	Месяцы										Итого
	I–III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Na <sup>+</sup>	135	71	238	164	175	386	467	276	137	74	2123
K <sup>+</sup>	35	18	61	58	52	147	133	63	28	14	609
Ca <sup>2+</sup>	248	118	396	370	364	843	917	552	247	123	4178
Mg <sup>2+</sup>	84	37	107	132	126	133	259	238	81	41	1238
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1115	530	1764	1475	1551	3374	3970	2377	1119	581	17856
Cl <sup>-</sup>	85	50	188	63	78	206	213	121	68	40	1112
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	241	128	505	317	339	727	685	387	167	81	3577
Σи	1943	952	3259	2579	2685	5816	6644	4014	1847	954	30 693

Максимальный вклад в формирование ионного стока в этот период внесли  $\text{HCO}_3^-$  (57,4 %),  $\text{Ca}^{2+}$  (12,8) и  $\text{SO}_4^{2-}$  (12,4), наименьший —  $\text{K}^+$  (1,9) и  $\text{Cl}^-$  (4,4 %).

Весеннее половодье характеризовалось резким подъемом уровня воды с 1 апреля (–10 см) до 2 мая (374 см) с последующим снижением 10 мая до 217 см — минимального значения за май–сентябрь, новый резкий подъем уровня воды фиксировался в конце мая (см. рис. 1). Пойма Амура с 1 по 4 и с 14 по 31 мая была затоплена, иногда уровни достигали отметок, характерных для неблагоприятного явления.

Резкое увеличение водности Амура было обусловлено многоснежной зимой в Приамурье. В Амурской области местами выпало снега в 2–3 раза больше обычного, была превышена сезонная норма осадков за весь период наблюдений [11]. Сумма осадков, выпавших в ноябре 2012–апреле 2013 г., в Благовещенске и Биробиджане составила 125 и 147 мм соответственно. Во многих районах Амурской области в апреле количество осадков находилось в пределах нормы, в то время как в мае оно повсеместно в 2–3 раза было выше нормы [11]. В г. Свободном выпало 158 мм осадков, в Благовещенске — 115 мм при норме 40 мм. Поэтому в мае водность Амура была высокой, выше водный сток наблюдался лишь в 1910, 1915, 1941, 1957 и 1973 гг.

Наименьшее значение  $\Sigma$  отмечалось для правобережной части Амура (до 40 мг/л), наибольшее — на середине реки (до 109 мг/л). Для левобережной части Амура  $\Sigma$  была ниже 50 мг/л. Ионный сток в апреле и мае возрос по сравнению с мартом в 1,5 и 5,1 раза соответственно. В мае максимальный вклад в его формирование внесли  $\text{HCO}_3^-$  (54,1 %),  $\text{Ca}^{2+}$  (12,2) и  $\text{SO}_4^{2-}$  (15,5), минимальный —  $\text{K}^+$  (1,9) и  $\text{Cl}^-$  (5,8 %). Более высокий, чем зимой, сток  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  был обусловлен влиянием вод р. Сунгари, в которых их содержание достигало 7,7 и 15,1 мг/л, тогда как в р. Уссури — 1,5 и 6,2 мг/л соответственно.

Интенсивные дожди во второй и третьей декадах мая в Еврейской автономной области (ЕАО) (выпало 120–160 % нормы, в г. Облучье — до 240 % нормы [12]) и Амурской области (до 60 мм осадков) [13] обусловили резкий разлив рек. Поэтому уровень воды Амура у Хабаровска в первой половине июня стабилизировался на отметках 391–419 см. В воде значение  $\Sigma$  по сравнению с половодьем у правого и левого берега снизилось незначительно, тогда как на середине реки снизилось до 61 мг/л (см. рис. 2). Поэтому резкие различия в значениях  $\Sigma$  по ширине отсутствовали. Водный сток в июне по сравнению с маем вырос в 1,1 раза, ионный сток снизился в 1,3 раза (см. таблицу). В составе воды отмечалось снижение доли ионов антропогенного генезиса ( $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ ) на 3,3 %.

В июле в Приамурье преобладала дождливая погода за счет активной деятельности циклонов и связанной с ними системы атмосферных фронтов. В отдельные дни интенсивные дожди и ливни, относящиеся к категории опасного явления, наблюдались по всему бассейну Амура, поэтому фаза летней межени была не выражена. В городах Амурской области Зея и Свободный в июле выпало 350 и 344 мм осадков, их сумма за июль–август составила 570 и 483 мм соответственно. Подобная ситуация наблюдалась и в ЕАО, где количество выпавших осадков в июле и августе в целом составило 140–220 и 40–120 % месячных норм [12]. В результате дождей в Забайкальском и Приморском крае, Амурской области и ЕАО, Китае в середине июля стал формироваться паводок, который по своим масштабам значительно превосходил предыдущие. Особенностью паводка было последовательное участие в формировании вод верхнего Амура, основных притоков рек Зеи, Буреи, Сунгари и Уссури, а также многочисленных рек, их наложение при смещении основной волны амурского паводка.

Сильные дожди в бассейне Зейского водохранилища сформировали приток воды, который во второй половине июля–начале августа был близок к максимальным значениям за более чем столетний период наблюдений. В июле и августе среднемесячный расход воды составил 4150 и 5380 м<sup>3</sup>/с, максимальный — 11 700 и 11 500 м<sup>3</sup>/с соответственно [14]. Расходы воды р. Зеи ниже ГЭС в это время в среднем были на уровне 1011 и 3979 м<sup>3</sup>/с соответственно, большого влияния на водный сток среднего Амура не оказали.

В июле доминирование вод Сунгари и верхнего Амура обусловило повышение  $\Sigma$  до 81,3 мг/л на середине Амура у Хабаровска, у левого и правого берега значения были существенно ниже (46–47 мг/л). При небольших различиях водности Амура в мае и июле ионный сток в июле по сравнению с маем был в 1,2 раза меньше. Основной вклад в его формирование внесли  $\text{HCO}_3^-$  (57,8 %),  $\text{Ca}^{2+}$  (13,5) и  $\text{SO}_4^{2-}$  (12,6), наименьший —  $\text{K}^+$  (1,9) и  $\text{Cl}^-$  (2,9 %), т. е. существенные различия в июне–июле отсутствовали.

В августе уровень Амура у Хабаровска постепенно рос, достигнув в конце месяца отметки 782 см. Сток Амура у Хабаровска в первой декаде месяца определялся в основном стоком верхнего Амура и Зеи (по 30 % с каждого), Сунгари (25 %). Менее 10 % был сток р. Уссури [15].

В начале августа при уровне 506 см доминирование вод верхнего Амура и Сунгари привело к повышению значений  $\Sigma$ и в Амуре у Хабаровска. На середине реки оно возросло до 83,9 мг/л, у левого и правого берегов — до 52,8 и 61,6 мг/л соответственно, среднее значение составило 66,6 мг/л.

Во второй декаде августа в гидрохимической структуре паводка произошли изменения, вызванные усилением влияния р. Сунгари, в результате чего максимум значения  $\Sigma$ и (до 86,1 мг/л) сместился ближе к правому берегу. В правобережной части Амура значение  $\Sigma$ и оставалось на уровне 61,9 мг/л, тогда как в левобережной части из-за влияния Зеи и Буреи снизилось до 50 мг/л. Среднее содержание составило 65,1 мг/л. Следует отметить, что максимальное значение  $\Sigma$ и было выше, чем в паводки в 1998, 2002 и 2009 гг. [6].

В конце августа уровни воды р. Усури достигли неблагоприятных отметок (у с. Новосоветское повышение характеризовалось как опасное явление), причем исторический максимум 1971 г. был превышен на 28 см [15]. В результате в правобережной части Амура у Хабаровска  $\Sigma$ и снизилась на 4,4 мг/л, на середине — на 10,3 мг/л. Различия в значениях  $\Sigma$ и между правобережной и левобережной частями реки отсутствовали, между ними и серединой не превышали 20 мг/л. Среднее значение  $\Sigma$ и за декаду составило 63,5 мг/л.

Преобладание вод верхнего Амура и Сунгари в стоке Амура, наряду с повышением его водности в августе в 1,9 раза по сравнению с июлем, привело к увеличению ионного стока (см. таблицу). Он был существенно выше, чем в паводки в августе 1955, 1956, 1958, 1959 гг., когда при среднемесечном расходе воды 22–29 тыс. м<sup>3</sup>/с находился в пределах 2560–5240 тыс. т.

В сентябре в Приамурье преобладали дожди. В Амурской области осадки распределялись неравномерно, в некоторых районах выпало 59–125 мм, что было в пределах многолетней климатической нормы или в 1,2–1,5 раза выше, в Свободненском и Белогорском районах, местами в Сквородинском и Благовещенском районах — 43–55 мм (59–86 % месячной нормы) [15]. В ЕАО количество осадков составило 40–120 % месячной нормы [12].

В начале сентября уровень воды в Амуре имел максимальное значение, затем начал снижаться, достигнув в конце месяца 450 см. Большое влияние на водность Амура в это время оказали Зейское и Бурейское водохранилища, суммарный объем сработки которых составил 10,3 км<sup>3</sup>. Расходы воды Зеи и Буреи ниже ГЭС — в среднем 3468 и 1681 м<sup>3</sup>/с соответственно.

На гребне паводка  $\Sigma$ и по всей ширине реки возросла, достигнув за счет влияния р. Сунгари на середине Амура максимального значения (82,8 мг/л), которое было выше, чем в паводки 1998, 2002, 2009, 2019 гг. [6, 16]. В правобережной и левобережной частях реки значение было ниже — 66 и 58 мг/л соответственно. В среднем  $\Sigma$ и составила 67,8 мг/л.

В конце сентября величина  $\Sigma$ и стала возрастать за счет выноса с затопленных территорий. На середине реки она достигала 111,5 мг/л, у левого и правого берега — 71,9 и 67,2 мг/л соответственно, в среднем была в 1,2 раза выше, чем в начале сентября. Поэтому ионный сток в сентябре был максимальным (см. таблицу). Наибольший вклад в его формирование внесли  $\text{HCO}_3^-$  (59,7 %),  $\text{Ca}^{2+}$  (13,8) и  $\text{SO}_4^{2-}$  (10,3), наименьший —  $\text{K}^+$  (2) и  $\text{Cl}^-$  (3,2 %).

В октябре уровень воды стал резко снижаться (см. рис. 1), в районе Хабаровска пойма Амура освободилась от воды в середине второй декады. В начале месяца в правобережной части реки  $\Sigma$ и возросла до 77,1 мг/л, в то время как на середине и в левобережной части снизилась до 101,6 и 63,7 соответственно. Среднее значение составило 80,9 мг/л. Такое распределение значений  $\Sigma$ и по ширине Амура на спаде паводка могло быть обусловлено усилением влияния р. Сунгари на правобережную часть реки, а российских притоков — на середину и левобережную часть. Высокой водности российских притоков в это время способствовала дождливая погода в Приамурье в сентябре. В Амурской области в большинстве районов выпало 59–125 мм, что было в пределах многолетней климатической нормы или в 1,2–1,5 раза выше. В Свободненском, Белогорском районах — 43–55 мм (59–86 % нормы месяца) [14], в ЕАО в целом выпало осадков 40–120 % нормы [12].

В конце октября в распределении  $\Sigma$ и по ширине реки произошли новые изменения. Если в правобережной части Амура  $\Sigma$ и варьировала незначительно, на середине снизилась на 1,4–5,2 мг/л, то в левобережной части — повысилась на 8 мг/л. Поэтому ионный сток в октябре в условиях небольших различий в расходах воды, по сравнению с маем и июлем, был выше (см. таблицу). Как и в предыдущие месяцы, наибольший вклад в его формирование внесли  $\text{HCO}_3^-$  (59,2 %),  $\text{Ca}^{2+}$  (13,8) и  $\text{SO}_4^{2-}$  (9,6), наименьший —  $\text{K}^+$  (1,6) и  $\text{Cl}^-$  (3 %).

В ноябре уровень воды в Амуре продолжал снижаться, достигнув перед ледоставом наименьшего за год значения (–91 см). В течение декабря он вновь стал расти и в конце месяца составил 92 см (см. рис. 1). Такая динамика водности Амура в этот период была обусловлена снижением расходов воды

Зеи и Буреи ниже ГЭС в течение октября–ноября с 1474 до 850 и с 1621 до 976 м<sup>3</sup>/с соответственно, а также повышением стока р. Сунгари.

Вынос главных ионов с затопленных земель Китая в условиях снижения водности Амура в 2,2 раза обусловил повышение их концентраций по всей ширине реки в декабре (см. рис. 2) и максимальное за год значение  $\Sigma$  на середине (до 132 мг/л) и в левобережной части (96,5 мг/л). Сумма ионов в среднем составила 104,7 мг/л, была выше, чем в декабре 2004–2012 гг., но ниже, чем в 1998 г. (до 146,5 мг/л), когда историческое наводнение в бассейне р. Сунгари вызвало затопление 778 городов, 6485 деревень и 4560 тыс. га сельхозугодий [17]. Значительным был также ионный сток, который по величине не отличался от апрельского, хотя и был в 1,5 раза больше многоводного по сравнению с декабрем.

Поступление растворенных веществ из насыщенных влагой почв повлияло и на структуру ионного стока. В декабре наблюдался максимальный за год вклад  $\text{HCO}_3^-$  (60,9 %) и  $\text{Na}^+$  (7,7), минимальный —  $\text{SO}_4^{2-}$  (8,4) и  $\text{K}^+$  (1,4 %). Вклад  $\text{Ca}^{2+}$  составил 12,9 %,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Cl}^-$  — 4,3 %, т. е. значения были средними. Такие особенности состава воды могли быть обусловлены большим выносом  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Na}^+$  из засоленных почв равнины Сунляо, на которой широкое распространение получили содовые озера [18].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сумма ионов в воде р. Амур у Хабаровска в историческом по водности 2013 г. по ширине реки варьировала в больших пределах из-за различий химического состава вод основных притоков: наибольшее различие значений  $\Sigma$  отмечалось в зимнюю межень в феврале (до 66,4 мг/л), наименьшее — в половодье в июне (18,5 мг/л). Во время паводка при уровнях воды выше 770 см различия между значениями  $\Sigma$  по ширине реки были в пределах 20–26 мг/л.

Ионный сток в январе–марте изменялся от 600 до 704 тыс. т, по сравнению с предыдущими зимами был максимальным. Наибольшее значение ионного стока (6644 тыс. т) отмечалось в сентябре на спаде паводка из-за выноса главных ионов из затопленных сельхозугодий и урбанизированных территорий. Общий сток ионов за год составил 30,69 млн т.

Наибольший вклад в формирование ионного стока внесли  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ , наименьший —  $\text{K}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . Максимум стока  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$  отмечался в мае,  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Na}^+$  — в декабре.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Алекин О.А., Бражникова Л.В.** Сток растворенных веществ с территории СССР. — М.: Наука, 1964. — 206 с.
2. **Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М.** Максимальный ионный сток среднего Амура // Биогеохимические и геоэкологические исследования наземных и пресноводных экосистем. — Владивосток: Дальнаука, 2002. — С. 105–115.
3. **Никаноров А.М., Брызгалов В.А.** Реки России. Ч. 4: Реки Дальнего Востока (гидрохимия и гидроэкология). — Ростов-на-Дону: НОК, 2011. — 324 с.
4. **Шестеркина Н.М., Шестеркин В.П.** Зимний сток растворенных веществ среднего Амура // География и природ. ресурсы. — 2001. — № 4. — С. 144–147.
5. **Shesterkina N.M., Shesterkin V.P.** Long-term of the runoff in the Amur during winter long-water season at Khabarovsk and trends in its variations // Water Resources. — 2019. — Vol. 46, N 2. — P. 258–265.
6. **Shesterkin V.P.** Variations of Amur water chemistry during the historical 2013 flood // Water Resources. — 2016. — Vol. 43, N 3. — P. 495–503.
7. **РД 52.18.595–96.** Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды [Электронный ресурс]. — <https://docs.cntd.ru/document/1200036098> (дата обращения 02.06.2021).
8. **Бурейская ГЭС** [Электронный ресурс]. — <http://www.burges.rushydro.ru> (дата обращения 02.06.2021).
9. **Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М.** Трансформация химического состава вод среднего Амура в зимнюю межень после трансграничного загрязнения 2005 года // География и природ. ресурсы. — 2018. — № 1. — С. 52–58.
10. **Шестеркин В.П., Крутикова В.О.** Солевой состав вод реки Уссури // Региональные проблемы. — 2018. — Т. 21, № 2. — С. 69–75.
11. **Казачинская С.А., Печкина Е.В.** Паводки и наводнения на юге Дальнего Востока как следствие характера климата. Взгляд гидролога // Наводнение-2013. — Талакан: Русгидро, 2014. — С. 25–31.
12. **Доклад об экологической ситуации в Еврейской автономной области в 2013 году** [Электронный ресурс]. — <https://www.eao.ru/o-eao/obshchie-svedeniya/ekologicheskaya-situatsiya-v-oblasti> (дата обращения 02.08.2021).

13. Храмова Л.К., Паршина Л.Н. Погода на территории Российской Федерации в мае 2013 г. // Метеорология и гидрология. — 2013. — № 8. — С. 107–111.
14. **Обзор** гидрометеорологических условий в Амурской области за 3-й квартал 2013 года [Электронный ресурс]. — *Obzor-dlya-subektov\_Am\_obl\_3-kv\_soglasovannyy.doc* (дата обращения 02.08.2021).
15. **Обзор** гидрометеорологических условий в Хабаровском крае за 3-й квартал 2013 года [Электронный ресурс]. — *Obzor-dlya-subektov\_Hab\_kr\_3-kv.doc* (дата обращения 02.08.2021).
16. 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.
17. Li X., Zhang W. The flood of the Nenjiang river and Songhua in 1998 and the comprehensive management of the river basin // Chinese Geographical Science. — 1999. — Vol. 9, N 3. — P. 193–198.
18. Liu B., Liu C.-Q., Gan Zh., Zhao Zh.-Qi., Li Si-L., Hu J., Hu D., Lang Y.-Ch., Li X.-D. Chemical weathering under mid- to cool temperate and monsoon-controlled climate: A study on water geochemistry of the Songhuajiang River system, northeast China // Applied Geochemistry. — 2013. — Vol. 31. — P. 265–278.

*Поступила в редакцию 16.08.2021*

*После доработки 19.11.2021*

*Принята к публикации 29.03.2022*