



Особенности больших наводнений на реке Амур в период высокой водности 2009–2021 гг.

Алексей Николаевич МАХИНОВ¹
amakhinov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4914-1408>

Шугуан ЛЮ²
<https://orcid.org/0000-0003-3564-8336>

Владимир Ильич КИМ¹
kim@ivep.as.khb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3671-6786>

Александра Федоровна МАХИНОВА¹
mahinova@ivep.as.khb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9273-1032>

¹Институт водных и экологических проблем ХФИЦ ДВО РАН, Хабаровск, Россия

²Университет Тунцзи, Шанхай, Китай

Аннотация. Выявлено, что за более чем столетний период наблюдений за водным режимом р. Амур отмечается отчетливо выраженное чередование периодов высокой и низкой водности реки, каждый из которых имеет продолжительность в пределах 10–18 лет. Наблюдается устойчивая тенденция роста амплитуды колебаний экстремальных уровней воды и усиление масштабов наводнений в последние десятилетия. Рассматриваются особенности формирования крупных дождевых паводков в нижнем течении реки за последний период высокой водности. Основной причиной наиболее крупных наводнений является сложно предсказуемое сочетание различных природных факторов, проявляющихся одновременно в бассейне среднего течения р. Амур во второй половине лета. Приводятся характеристики и особенности формирования каждого из четырех больших наводнений последнего цикла высокой водности, уровень которых превышал принятую для гидрологического поста г. Хабаровск опасную отметку 600 см. Определена средняя скорость повышения уровня воды в паводки и показано отсутствие ее связи с максимальными уровнями наводнения. Установлено, что вероятность катастрофических наводнений в период высокой водности р. Амур намного выше, чем в маловодный период. Приведены данные о глубине и продолжительности затопления пойменных массивов на различных участках нижнего течения р. Амур. Показано, что в высокие паводки на пойме происходит неравномерное осадконакопление, оказывающее различное влияние на преобразование рельефа и состав пойменных отложений. Установлено, что эрозионные процессы на пойме даже на участках глубоких линейных ложбин не проявились вследствие густой травянистой растительности. Вместе с тем интенсивному размыву были подвержены значительные по протяженности участки пойменных берегов реки.

Ключевые слова: Амур, фазы водности, наводнение, затопление поймы, пойменное осадконакопление.

Для цитирования: Махинов А.Н., Лю Шугуан, Ким В.И., Махинова А.Ф. Особенности больших наводнений на реке Амур в период высокой водности 2009–2021 гг. // Тихоокеанская география. 2023. № 1. С. 64–74. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_13_6.

Great floods on the Amur River during the high water period in 2013-2021

Aleksey N. Makhinov¹

amakhinov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4914-1408>

Shuguang Liu²

<https://orcid.org/0000-0003-3564-8336>

Vladimir I. Kim¹

kim@ivep.as.khb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3671-6786>

Alexandra F. Makhinova¹

makhinova@ivep.as.khb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9273-1032>

¹Institute of Water and Ecological Problems, Khabarovsk Federal Research Center, FEB RAS, Khabarovsk, Russia

²Tongji University, Shanghai, China

Abstract. There is a need for probabilistic forecasts of large floods with great advance based on an assessment of their relationship with long-term fluctuations in river flow. The purpose of the study was to identify the features of the formation and assessment of the main parameters of large floods in the lower reaches of the Amur River during the period of high water content of the river. It has been revealed that for more than a century of observation of the water regime of the Amur River, there is a clearly pronounced alternation of periods of high and low water content of the river, each lasting within 10-18 years. There has been a steady trend in the amplitude of fluctuations in extreme water levels and an increase in the scale of floods in recent decades. The features of the formation of large rain floods in the lower reaches of the river over the last period of high water content are considered. The main cause of the largest floods is an unpredictable combination of various natural factors that appear simultaneously in the Amur River mid-current basin in the second half of summer. The characteristics and features of the formation of the four large floods of the last cycle of high water content, which exceeded the dangerous level mark of 600 cm at the hydrological post of the city of Khabarovsk, are given. The average rate of increase in the water level in floods was determined and its lack of relation with maximum flood levels was shown. It was found that the likelihood of catastrophic floods during the high water season of the Amur is much higher than during the low-water period. Data on the depth and duration of flooding of floodplain masses in various areas of the lower reaches of the Amur River are presented. It has been shown that there is uneven sedimentation in high floods on the floodplain, which has a different effect on the transformation of the terrain and the composition of floodplain deposits.

Keywords: Amur River cycles of water availability, flood, floodplain flooding, floodplain sedimentation.

For citation: Makhinov A.N., Liu Shuguang, Kim V.I., Makhinova A.F. Great floods on the Amur River during the high water period in 2013–2021. *Pacific Geography*. 2023;(1):66-74. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_13_6.

Введение

Во многих регионах мира установлено чередование фаз повышенной и пониженной водности рек с периодичностью 10–15 лет [1]. В связи с этим большое значение имеет оценка связи крупных наводнений с периодами высокой водности рек, что можно использовать для их вероятностного прогноза с большой заблаговременностью. Наводнение на реках с обширной площадью бассейна – весьма сложный процесс, формирование и развитие которого обусловлено многими факторами, по-разному проявляющимися в

каждом конкретном случае. Крупные наводнения приводят к существенному изменению русел рек, что особенно негативно сказывается на условиях хозяйственной деятельности [2]. Поэтому оценка опасности этого природного явления должна быть достаточно надежной, поликомпонентной и унифицированной. Одним из методов выявления общих закономерностей формирования наводнений может служить оценка их частоты в периоды высокой и низкой водности реки.

Природно-климатические условия в бассейне р. Амур способствуют формированию крупных наводнений, группирующихся в отчетливо выраженные периоды. Причина многолетних колебаний водности пока еще слабо изучена и для территории Дальнего Востока России, вероятно, связана с неравномерной многолетней активностью атмосферной циркуляции и продолжительностью периодов ее различной активности в северо-западной части Тихого океана, оказывающей влияние на восточную часть Азии.

Территория бассейна среднего и нижнего течения р. Амур расположена в зоне влияния восточноазиатского муссона, проявляющего активность во второй половине лета. В бассейне р. Амур выделяется четыре очага формирования наводнений, способных вызвать большой паводок, который может быть особенно мощным в случае, если паводочные волны возникают сразу в 2 или 3 очагах и совмещаются в русле р. Амур [3]. Некоторую роль в возникновении больших наводнений в последние десятилетия, вероятно, играют климатические изменения и активная хозяйственная деятельность, особенно на китайской части амурского бассейна [4].

Цель исследования – выявить особенности формирования и оценить основные параметры крупных наводнений в нижнем течении р. Амур в период последней высокой водности реки (2009–2021 гг.).

Материалы и методы

На основе анализа данных 126-летних гидрологических наблюдений с 1896 г. по 2021 г. в бассейне р. Амур выделены периоды высокой и низкой водности [5]. Для каждого из них определялось количество лет по посту г. Хабаровск с превышением отметки уровней воды неблагоприятного явления (450 см) и опасного явления (600 см). Для анализа продолжительности затопления поймы использовались данные об уровнях воды, полученные на постах Росгидромета в нижнем течении р. Амур.

Для последнего периода высокой водности р. Амур рассмотрены особенности формирования наводнений 2013, 2019, 2020 и 2021 гг. и их основные характеристики. Продолжительность и глубина затопления среднего уровня поймы, за которую принималась ее основная площадь с относительно выровненной поверхностью, определялись непосредственно в полевых условиях на основе нивелировок и расчетов высотных отметок уровня воды во время наводнений на этих участках.

Результаты и обсуждение

За все время инструментальных гидрологических наблюдений (126 лет) в нижнем течении р. Амур наблюдалось пять периодов повышенной водности продолжительностью от 10 до 18 лет (табл. 1), для которых были характерны большие наводнения. Обычно наводнение развивается стремительно [6, 7]. Средняя скорость подъема уровня воды в пределах обширных пойменных расширений долины на Среднеамурской и Удиль-Кизинской низменностях составляет 12–15 см в сутки в начале наводнения и постепенно снижается перед его максимумом. В горной части реки на участке Комсомольско-Киселевского сужения суточный подъем воды достигает 30 см.

Превышение уровня неблагоприятного явления (450 см по посту г. Хабаровск) в нижнем течении р. Амур за 1896–2021 гг. отмечалось 48 раз. Оно наблюдалось в каждом

Таблица 1

Периоды высокой и низкой водности р. Амур по данным гидрологического поста г. Хабаровск

Table 1. Periods of high and low water content of the Amur River according to the data of the Khabarovsk Hydrological Station

№ п/п	Период водности	Годы	Наибольший из максимальных уровней воды за период, см	Наименьший из максимальных уровней воды за период, см
1	Высокий	1896–1911	642	315
2	Низкий	1912–1926	572	213
3	Высокий	1927–1938	616	382
4	Низкий	1939–1950	533	333
5	Высокий	1951–1963	634	213
6	Низкий	1964–1980	570	222
7	Высокий	1981–1998	620	330
8	Низкий	1999–2008	433	65
9	Высокий	2009–2021	808	255

периоде высокой водности и происходило от 5 до 11 раз. В долговременном аспекте выявлена тенденция к снижению этого показателя.

Превышение отметки 600 см от условного репера (опасный уровень) за это время отмечалось 12 раз, из них четырежды в периоды с 1951 по 1959 г. и с 2009 по 2021 гг. Имеется тенденция снижения наинизших отметок максимальных уровней воды в периоды высокой водности за все время наблюдений, т.е. возрастает контрастность колебаний максимальных уровней внутри периода, наибольшая из которых проявилась в последний период высокой водности в 2009–2021 гг.

Последний период повышенной водности начался с 2009 г., предположительно, он будет продолжаться до 2025 г. Именно в 2009 г. после длительного маловодья уровень воды в р. Амур достиг отметки 494 см, произошло частичное затопление поймы, сенокосов, пониженных мест. На многих участках реки был отмечен значительный размыв берегов. Это свидетельствовало о наступлении периода, в котором возможно формирование мощных паводков. И действительно, четырежды за последние десять лет на Амуре произошли очень большие наводнения (рис. 1). Два из них оказались наиболее масштабными со времени организации наблюдений за гидрологическим режимом реки, самое крупное наблюдалось в 2013 г., второе по мощности – в 2019 г. Последующие большие наводнения, относящиеся к опасным явлениям, произошли в 2020 и 2021 гг., и каждый раз они наносили серьезный ущерб населению и экономике Хабаровского края.

Экстремальное наводнение в среднем и нижнем течении р. Амур и его больших притоков в летне-осенний период 2013 г. было наиболее крупным за весь период наблюдений. По масштабу это наводнение относится к категории катастрофических [7], охвативших огромные территории в пределах двух стран – России и Китая. Оно произошло после периода продолжительного маловодья, что внесло элемент неожиданности и недостаточной подготовленности к организации защитных мероприятий. В отдельных регионах края была частично парализована хозяйственная и производственная деятельность, возникла необходимость в эвакуации части населения.

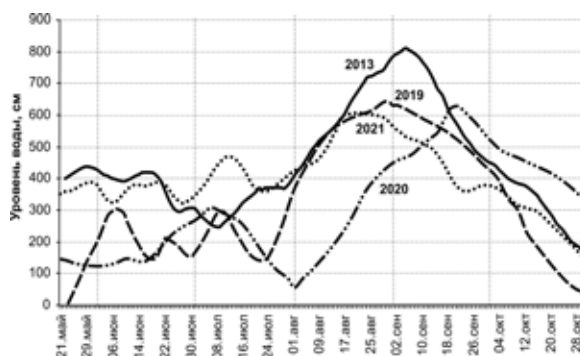


Рис. 1. Гидрографы наиболее крупных паводков на р. Амур у г. Хабаровск в последний период высокой водности

Fig. 1. Hydrographs of the largest floods on the Amur River near Khabarovsk in the last period of high water content

В формировании наводнения 2013 г. в нижнем течении р. Амур, где оно было особенно мощным и продолжительным, проявилось сочетание ряда природных и антропогенных факторов [8]. Основной причиной формирования наводнения было аномально высокое количество выпавших атмосферных осадков в течение двух летних месяцев – июля и августа. Большую роль в высоком подъеме уровней воды сыграло последовательное совпадение пика паводка на р. Амур по мере его движения вниз по реке с пиками паводков основных притоков.

Наводнение началось на фоне высокой водности, отмечаемой на р. Амур в начале лета и высокой межени при уровне 245 см по посту г. Хабаровск. Амплитуда подъема паводка составила в этот год 563 см над меженью. Заметную роль в высоком подъеме воды на локальных участках р. Амур сыграла хозяйственная деятельность – строительство берегозащитных дамб, польдеров, мостов, вызвавших подпор воды. В частности, на затопление пониженной части г. Хабаровск оказала влияние железнодорожная насыпь Транссибирской магистрали, пересекающая пойму реки шириной 5100 м. Из-за перекрытия поймы насыпью, не имеющей отверстий для стока воды, был создан подпор, который способствовал дополнительному подъему уровня воды на территории города примерно на 50–70 см.

Очередное крупное наводнение (641 см) произошло в 2019 г., оно было вторым в истории по высоте подъема воды и представляло собой почти полную копию предыдущего катастрофического наводнения. Уровень р. Амур также поднимался длительно и непредсказуемо. Причиной этого большого наводнения, как и в 2013 г., стали тропические циклоны, принесшие теплые, насыщенные влагой воздушные массы, разразившиеся сильными ливнями по всему амурскому бассейну.

Повторение масштабов предыдущего наводнения не произошло вследствие того, что активность циклонов была несколько слабее, а паводок начался при более низкой (140 см) и поздней (22 июля) межени. Амплитуда подъема паводка над меженью составила 502 см. Продолжительность подъема в 2019 г. была на 20 дней меньше, а максимальный уровень воды на 156 см ниже по сравнению с предыдущим крупным паводком. Различия заключались также в том, что начало подъема и конец спада воды происходили несколько быстрее, чем в 2013 г.

Во время наводнения 2020 г. в нижнем течении р. Амур максимальная высотная отметка по посту г. Хабаровск достигала 630 см, что соответствует шестому месту среди самых крупных амурских наводнений за всю историю наблюдений за водным режимом реки. Его особенность заключается в том, что оно произошло несколько позже, чем обычно, вследствие смещения активности атмосферной циркуляции в регионе на начало августа–сентябрь.

Необычной была также очень низкая межень перед наводнением, уровень воды во время которой в начале августа составлял всего 64 см. Однако при хорошей увлажненности территории за счет предыдущих дождей приход каждого циклона в конце августа и сентябре отразился на гидрографе р. Амур высокими скоростями подъема воды. Амплитуда подъема за паводок составила 566 см, что на 3 см больше, чем во время катастрофического наводнения 2013 г.

Хотя продолжительность опасного явления во время наводнения 2020 г. была небольшой, превышение пика паводка над его уровнем было значительным и составило 28 см (табл. 2). Это является следствием более резко выраженного пика наводнения, сформированного всего за несколько дней.

В 2021 г. на р. Амур впервые третий год подряд сформировалось наводнение, превысившее отметку опасного явления. Оно отличалось от предыдущих тем, что произошло на фоне высокой водности в течение всего лета при отсутствии четко выраженной межени. В первой половине июля на непродолжительное время была превышена отметка 450 см, но затем произошло незначительное снижение уровня воды и межень установилась на уровне 355 см. Формирование паводка началось во второй половине июля, повторив на этом временном отрезке часть гидрографа наводнений 2013 и 2019 гг. Амплитуда подъема

Характеристика опасного явления в последний период высокой водности р. Амур
Table 2. Characteristics of a dangerous phenomenon in the last period of high water content of the Amur River

Год	Превышение над опасным уровнем воды, см	Даты начала и конца опасного явления (600 см)	Продолжительность опасного явления, дни
2013	208	16.08–18.09	34
2019	42	22.08–09.09	19
2020	28	19.09–25.09	7
2021	7	20.08–28.08	8

Примечание: по данным гидрологического поста у г. Хабаровск.

уровней воды и его продолжительность были минимальными из всех наводнений этого цикла высокой водности и составила 252 см и 31 день соответственно. Вместе с тем по продолжительности неблагоприятного и опасного явлений оно было близким наводнению 2019 г.

Пик наводнения 2021 г. был наиболее ранним (22 августа) и растянутым во времени по сравнению с предыдущими паводками. Спад воды начался также достаточно рано – в конце августа, что, вероятно, связано с затуханием циклонической активности в бассейне р. Амур в этот год.

Продолжительность паводка, определяемого от минимального уровня воды летней межени до достижения этой же высотной отметки уровня в конце паводка, не имеет четкой связи с величиной максимального уровня воды во время наводнения. Она в большей степени зависит от уровня воды в летнюю межень. Так, наиболее продолжительный паводок на р. Амур отмечался в 2020 г., он длился 121 день, а подъем воды достиг отметки 564 см. Наименьшая продолжительность паводка (65 дней) была в 2021 г., подъем уровня воды составил 252 см. Самый крупный паводок на р. Амур (2013 г.) имел продолжительность 107 дней при высоте подъема воды 563 см. Таким образом, средняя скорость повышения уровня в эти паводки составила соответственно 4,7, 3,9 и 5,3 см/день. Следовательно, паводок 2013 г. был наиболее стремительным.

Одной из важных особенностей больших наводнений на р. Амур является поступление огромного количества воды на пойму. С учетом общей площади поймы в нижнем течении р. Амур (ниже г. Хабаровск), равной 7 500 км², и средней глубины воды на ней в пик паводка 3,0 м общий объем водных масс в пределах поймы оценивается величиной 22,5 км³. При высокой мутности воды р. Амур в паводок на пойму поступает большое количество взвешенных наносов. Основная масса терригенного материала распределяется по пойме крайне неравномерно, накапливаясь преимущественно в ее прирусловой части вследствие высокой шероховатости поверхности и резкого замедления скорости потока при выходе воды на пойму.

В пойме р. Амур под воздействием осадконакопления произошли существенные преобразования поверхности и состава отложений, особенно после первого крупного наводнения 2013 г. Формы пойменной аккумуляции довольно разнообразны на участках интенсивного накопления наносов. Отложение преимущественно мелкозернистого песчаного материала на поверхности поймы приводило к повышению высоты существующих прирусловых валов полного и неполного профилей, формированию широких плащеобразных покровов на участках выхода воды из русла на пойму и узких протяженных гряд на днищах ложбин.

В качестве примера рассмотрим особенности пойменного осадконакопления на о-ве Вассинский, расположенном в пределах Удыль-Кизинской низменности при слиянии проток Мариинской и Старый Амур. Протяженность острова составляет 12 км при максимальной ширине 3 км. Поверхность слабо волнистая с чередованием широких пологих ложбин и гряд. Во время наводнения 2013 г. остров полностью затапливался. Средняя высота основной части острова над урезом воды в летнюю межень составляла около 4,0 м.

В нижней по течению части острова во время паводка образовались шлейфы песчаных отложений в виде широких с пологими склонами гряд. Они хорошо выражены в рельефе и имеют четкие границы (рис. 2). Максимальная мощность отложений в их пределах, представленных светло-серым тонко-мелкозернистым песком, достигает 60 см.

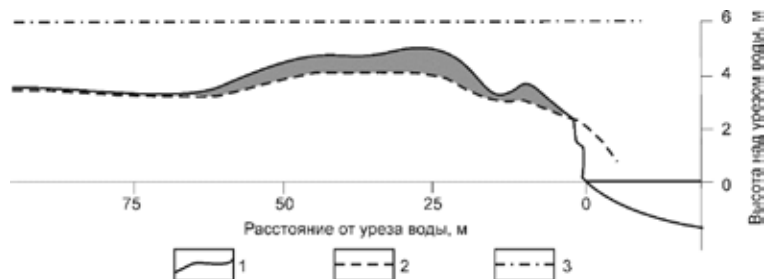


Рис. 2. Песчаный шлейф на берегу реки Амур после наводнения 2013 г. (о-ов Вассинский)

1 – современная поверхность поймы, 2 – поверхность поймы до наводнения, 3 – максимальный уровень воды в паводок

Fig. 2. Sand plume on the banks of the Amur River after the 2013 flood (Vassinskii island)

1 – modern surface of the floodplain, 2 – surface of the floodplain before the flood, 3 – maximum water level in the flood

Основная часть поймы затоплялась на большую глубину (3–4 м) и продолжительное время находилась под водой – 45–55 суток (табл. 3). Скорость течения воды в пределах внутренней поймы была существенно ниже, чем в русле и в прирусловой части поймы, что способствовало накоплению в центральной части острова наиболее тонкого (суглинистого) по механическому составу наилка.

Таблица 3

Параметры затопления поймы в нижнем течении реки Амур во время наводнения 2013 г.

Table 3. Parameters of floodplain overflowing in the lower reaches of the Amur River during the 2013 flood

Участок поймы	Расстояние от устья, км	Максимальный уровень над меженью, м/дата	Глубина затопления поймы, м	Продолжительность затопления высокой поймы, дни
Остров Большой Усурийский – г. Хабаровск	951	5.53/04.09	3.1	49
Пойма у г. Комсомольск-на-Амуре	583	6.74/12.09	4.2	57
Остров Волчь-Бача – с. Нижне-тамбовское	450	6.87/13.09	5.7	83
Остров Киселевский – с. Киселевка	382	4.88/15.09	3.9	64
Остров Вассинский – с. Савинское	225	5.08/19.09	2.4	50

На других участках поймы нижнего течения р. Амур наиболее интенсивное осадко-накопление во время наводнения также происходило в их прирусловой части. Особенно значительная аккумуляция наносов была характерна для прирусловых валов. На Средне-амурской низменности в результате осаждения наносов высота валов вдоль берегов реки за один паводок местами увеличивалась на 0.5–0.8 м. В пределах Удыль-Кизинской низменности прирусловые валы приросли в высоту на 15–20 см.

На более низких поверхностях поймы формировались широкие плащеобразные гряды протяженностью 500–800 м и максимальной шириной до 300 м, обычно направленные под углом к берегу реки. Они сложены тонко- и мелкозернистыми слюдястыми песками мощностью до 1.0 м вблизи берега реки. Далее вглубь поймы толщина песчаных отложений постепенно становится меньше. На расстоянии 100–150 м от бровки поймы слой наилка

уменьшается до 1–2 см, а отложения представлены супесью. Еще далее вглубь пойменных островов толщина наилка преимущественно легкосуглинистого состава снижается до 0.2–1.0 мм. Подобные широкие гряды часто формировались на излучинах реки, где стрежень реки подходил близко к берегу пойменного массива и создавались условия для выхода на пойму наиболее мощного водного потока.

Заключение

Причина каждого крупного наводнения – непредсказуемое и непохожее друг на друга сочетание различных природных факторов, одновременно проявляющихся в бассейне р. Амур в конце лета. За более чем столетние наблюдения за водным режимом реки проявилась тенденция роста амплитуды колебаний экстремальных уровней воды и усиление масштабов наводнений, она имеет место в последние десятилетия. Одной из причин усиления частоты и мощности наводнений могут быть глобальные климатические изменения.

Установлено, что вероятность катастрофических наводнений в период высокой водности намного выше, чем в маловодный период. Это следствие географического положения бассейна р. Амур, находящегося в непосредственной близости от Тихого океана, в определенной степени формирующей климатические характеристики региона. Выявленные особенности прохождения паводков в периоды высокой и низкой водности на р. Амур могут быть использованы для улучшения прогнозирования крупных наводнений.

Важной особенностью наводнений является интенсивная аккумуляция наносов в пойме нижнего течения р. Амур. Она обусловлена высокой мутностью воды и затоплением пойменных массивов на максимальную глубину до 5.7 м в горной части долины и на 3–4 м в пределах распространения широких пойм на Среднеамурской и Удиль-Кизинской низменностях. Основная часть отложений накапливалась в прирусловых частях поймы в пределах широких песчаных гряд и на вдольбереговых валах за счет отложения тонко- и мелкозернистых песков.

Особенность рассматриваемых наводнений заключается также в том, что эрозионные процессы в пойме даже на участках линейных ложбин не проявились вследствие густой травянистой растительности. Вместе с тем интенсивному размыву были подвержены значительные по протяженности участки пойменных берегов реки.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-55-80022.

Acknowledgments. The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) within the framework of the scientific project № 19-55-80022.

Литература

1. Дружинин И.П., Смага В.Р., Шевнин А.Н. Динамика многолетних колебаний речного стока. М.: Наука, 1991. 175 с.
2. Чалов Р.С., Рулева С.Н. Изменения русел рек и опасные проявления русловых процессов на урбанизированных территориях // География и природные ресурсы. 2001. № 4. С. 17–23.
3. Бойкова К.Г. Наводнения на реках Амурского бассейна // Вопросы географии Дальнего Востока. Хабаровск, 1963. Вып. 5. С. 192–236.
4. Махинов А.Н., Ким В.И. Влияние изменений климата на гидрологический режим реки Амур // Тихоокеанская география. 2020. № 1. С. 30–39.
5. Махинов А.Н., Ким В.И., Дугаева Я.Ю. Особенности крупных паводков реки Амур в периоды высокой и низкой водности // Регионы нового освоения: современное состояние природных комплексов и их охрана: материалы международной научной конференции, 5–7 октября 2021 г. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2021. С. 178–182.
6. Гарцман Б.И. Дождевые наводнения на реках юга Дальнего Востока: методы расчетов, прогнозов, оценок риска. Владивосток: Дальнаука, 2008. 241 с.

7. Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н. Экстраординарное наводнение в бассейне реки Амур // Вестн. РАН. 2014. Т. 84, № 9. С. 817–825.

8. Махинов А.Н. Наводнение на Амуре в 2013 году: причины, масштабы, последствия // Природа. 2016. № 3. С. 26–36.

References

1. Druzhinin, I.P.; Smaga, V.R.; Shevnin, A.N. Dynamics of long-term fluctuations in river runoff. Nauka: Moscow, Russia, 1991; 175 p. (In Russian)

2. Chalov, R.S.; Ruleva, S.N. Changes in river channels and dangerous manifestations of channel processes in urban areas. *Geography and Natural Resources*. 2001, 4, 17-23. (In Russian)

3. Boykova, K.G. Floods on the rivers of the Amur basin. *Problems of geography of the Far East*. Khabarovsk. 1963. Issue. 5, 192-236. (In Russian)

4. Makhinov, A.N.; Kim, V.I. Impact of climate change on the hydrological regime of the Amur River. *Pacific Geography*. 2020, 1, 30-39. (In Russian)

5. Makhinov, A.N.; Kim, V.I.; Dugaeva, Ya.Yu. Features of large floods of the Amur River during periods of high and low water content. In *Regions of new development: the current state of natural complexes and their protection: materials of the International Scientific Conference*. October 5–7, 2021, IVEP FEB RAS: Khabarovsk, Russia, 2021, 178-182. (In Russian)

6. Gartsman, B.I. Rain floods on the rivers of the south of the Far East: methods of calculations, forecasts, risk assessments. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2008; 241 p. (In Russian)

7. Danilov-Danilyan, V.I.; Gelfan, A.N. Extraordinary flooding in the Amur River basin. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2014, 84(9), 817-825. (In Russian)

8. Makhinov, A.N. Flooding on the Amur in 2013: causes, scale, consequences. *Priroda*. 2016, 3, 26-36. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 26.06.2022; одобрена после рецензирования 12.08.2022; принята к публикации 05.09.2022.

The article was submitted 26.06.2022; approved after reviewing 12.08.2022; accepted for publication 05.09.2022.

