

УДК 551.589+556.535

## **Метеорологические условия формирования сильного наводнения в бассейне реки Амур в 2019 году**

***Л.Н. Василевская<sup>1</sup>, И.А. Лисина<sup>1</sup>, Д.Н. Василевский<sup>2</sup>,  
С.В. Агеева<sup>3</sup>, Е.Н. Подвербная<sup>3</sup>***

*<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,  
г. Владивосток, Россия;*

*<sup>2</sup>Дальневосточный филиал ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Владивосток, Россия;*

*<sup>3</sup>ФГБУ «Дальневосточное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», г. Хабаровск, Россия  
lubavass@mail.ru*

В работе проанализированы атмосферные процессы, ставшие причиной сильнейшего наводнения в нижней части бассейна Амура в августе-сентябре 2019 г. Уровень воды, соответствующий категории опасного явления у г. Хабаровска и г. Комсомольска-на-Амуре, продержался 18 и 38 дней соответственно.

По материалам срочных гидрологических и метеорологических наблюдений и открытым данным реанализа исследовались особенности развития циркуляции и погодные процессы над бассейном Амура и над акваторией прилегающих окраинных морей. Привлекалась региональная типизация, разработанная дальневосточными учеными. Показано, что летний муссон был хорошо выражен в течение всего изучаемого периода 2019 г. над равнинными участками нижнего течения Амура, что повлияло на увлажнение данной территории. Экстремальные осадки четырех коротких периодов в августе-сентябре, вызванные тремя тайфунами, сформировали катастрофический паводок в конце лета.

*Ключевые слова:* максимальные уровни воды, наводнение, река Амур, катастрофическое наводнение 2019 года, дальневосточная депрессия, охотский антициклон, тайфуны

**DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2020-2-90-108>**

## **Meteorological conditions for the formation of severe flooding in the Amur River basin in 2019**

***L.N. Vasilevskaya<sup>1</sup>, I.A. Lisina<sup>1</sup>, D.N. Vasilevsky<sup>2</sup>,  
S.V. Ageeva<sup>3</sup>, E.N. Podverbnaya<sup>3</sup>***

*<sup>1</sup> FGAOU VO "Far Eastern Federal University", Vladivostok, Russia;*

*<sup>2</sup> Far Eastern Branch of FSBI Russian Research Institute for the Integrated Use and Protection of Water Resources, Vladivostok, Russia;*

*<sup>3</sup> FSBI "Far Eastern Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring", Khabarovsk, Russia  
lubavass@mail.ru*

The heaviest flooding covered the lower part of the Amur basin in August – September 2019 is considered. The water level was up to the hazard category in the city of Khabarovsk and in the city of Komsomolsk-on-Amur and lasted for 18 and 38 days, respectively.

The research of weather and circulation process, that caused the dangerous nature of this flood, was carried out on the basis of routine hydrological observations of the Far Eastern Department of Hydrometeorology (Khabarovsk); according to meteorological observations of a number of stations of the Jewish AO, Khabarovsk region and China; open materials of reanalysis NCEP/NCAR, Japan Meteorological Agency, Far Eastern Research Hydrometeorological Institute.

The analysis of the atmospheric processes' development over the Amur basin and over the water area of adjacent marginal seas was made on these materials. The regional typing developed by Far Eastern scientists was involved in the research. It is shown that the summer monsoon was well expressed during the entire study period of 2019 over the plains of the lower reaches of the Amur river, which affected the watering of this land area. Extreme precipitation in four short periods in August-September caused by three typhoons formed a catastrophic flood at the end of the summer period.

*Keywords:* maximum water levels, flood, Amur River, catastrophic flood 2019, Far Eastern depression, Okhotsk anticyclone, typhoons

## Введение

В 2019 году на реке Амур состоялось очередное наводнение, одно из крупнейших за всю историю гидрологических наблюдений с 1896 года. Наводнение охватило нижнюю часть бассейна Амура. Уровень воды категории опасного явления (ОЯ) у г. Хабаровска был достигнут 22 августа и наблюдался в течение 18 дней (до 8 сентября), у Комсомольска-на-Амуре уровень ОЯ был превышен 26 августа и продержался 38 дней (до 2 октября).

Правильное понимание механизма наводнений, необходимое для разработки методов их прогнозирования, невозможно без изучения развития атмосферных процессов в течение паводкового периода. Исходя из этого, была поставлена задача исследования погодных и циркуляционных процессов, обусловивших катастрофическое наводнение в бассейне Амура. Для достижения этой цели проводился анализ гидрографов стока и пространственно-временного распределения атмосферных осадков, анализировались синоптические процессы, изучалось состояние дальневосточной депрессии и охотского антициклона, рассматривалось развитие тропических циклонов, вызвавших выпадение обильных осадков.

## Материалы и методы

Оценка уровней воды производилась по материалам срочных гидрологических наблюдений, опубликованным в графическом виде на официальном сайте ФГБУ «Дальневосточное УГМС» [15]. На этих же графиках представлены средние многолетние нормы уровней воды для каждого дня. Для исследования был выбран период наблюдений с 31 мая по 31 октября 2019 г. на четырех гидрологических станциях: Хабаровск, Елабуга, Троицкое и Комсомольск-на-Амуре (рис. 1).

Осадки оценивались по ежедневным данным за период сентябрь-октябрь 2018 г. и с мая по сентябрь 2019 г. на метеорологических станциях Российской Федерации, расположенных в среднем и нижнем течении



в бассейне Амура и процессам, вызывающим катастрофические наводнения, принадлежит дальневосточным ученым и специалистам-гидрометеорологам [7, 12–14, 16, 19, 20]. Особое внимание в этих работах уделялось анализу региональных центров действия атмосферы, к которым относятся охотский антициклон и дальневосточная депрессия. Взаимодействие этих центров определяет первую стадию развития летней муссонной циркуляции на юге Дальнего Востока; а в развитии второй стадии основную роль играет гавайский антициклон и южно-азиатская депрессия [3].

Охотский антициклон препятствует выходу циклонических образований с бассейна Амура к востоку, вследствие чего здесь в летнее время существует квазипостоянная депрессия, обуславливающая пасмурную погоду с осадками. В периоды отсутствия области высокого давления над Охотским морем континентальные циклоны имеют свободный выход к востоку, и характер погоды дальневосточных районов резко меняется [14]. Поле высокого давления над Охотским морем формируется под воздействием одного из трех типов синоптических процессов:

I тип – прохождение через Охотское море западных антициклонов или их гребней;

II тип – стабилизация в этом районе ядер и отрогов высокого давления, поступающих с северо-запада и северо-востока;

III тип – формирование над Охотским морем новых антициклонов, в основном вследствие арктических вторжений [7].

Согласно [16], охотский антициклон определяет развитие летней дальневосточной депрессии, которая располагается над Приамурьем в теплый период: здесь возникает 35 % всех циклонов, формирующих депрессию, а остальные циклоны перемещаются из районов Восточной Сибири, Прибайкалья, Восточной Монголии и Северного Китая. Основной причиной возникновения южно-байкальских циклонов является орографическая деформация глубоких высотных ложбин, формирующихся вследствие макромасштабных процессов в тропосфере [13, 14].

### **Краткая характеристика района исследований**

На основании особенностей строения речной долины реки Амур выделяют три основных ее участка: Верхний, Средний и Нижний Амур. Режим атмосферных осадков над этой территорией определяется условиями муссонной циркуляции, циклонической деятельностью и характером рельефа. Обычно сезон дождей начинается с конца июня и продолжается до середины сентября, максимальное количество осадков выпадает в июле или августе.

Основным типом питания рек является дождевое, его доля составляет 60–80 % общего годового стока. На снеговое питание приходится 10–20 %, на подземное – 10–20 %. Для Амура характерен единый паводковый период, продолжающийся в течение 5–6 месяцев. Количество дождевых паводков в это время изменяется от года к году в зависимости от условий проникновения муссонов на территорию бассейна. Дожди

обложного характера, охватывающие обширные площади, при условии значительной предварительной увлажненности почво-грунтов бассейна, вызывают мощные паводки и наводнения. На Нижнем Амуре пики паводков сливаются в один продолжительный период высокого стояния воды: малые наводнения наблюдаются с апреля по октябрь; основная часть больших, выдающихся и катастрофических наводнений отмечается в августе-сентябре. Максимум катастрофических наводнений на Нижнем Амуре приходится на сентябрь.

Обычные наводнения, при которых затапливаются низкие места поймы, наблюдаются почти ежегодно. Большие наводнения наблюдаются один раз в 3–6 лет. Повторяемость катастрофических наводнений – один раз в 6–10 лет [21].

Высокие уровни воды связаны не только с обильными осадками и предшествующей увлажненностью бассейна, но и с изменениями пропускной способности русла. Основной причиной таких деформаций в нижнем течении Амура являются естественные и закономерные изменения морфологического строения русла реки, обусловленные транзитным движением донных руслоформирующих наносов. Вертикальные циклические деформации русла реки имеют амплитуду от 2 до 10 м, что при глубинах в реке 10–20 м оказывает определяющее влияние на изменения пропускной способности русла реки на участках с русловой многоруканностью [8].

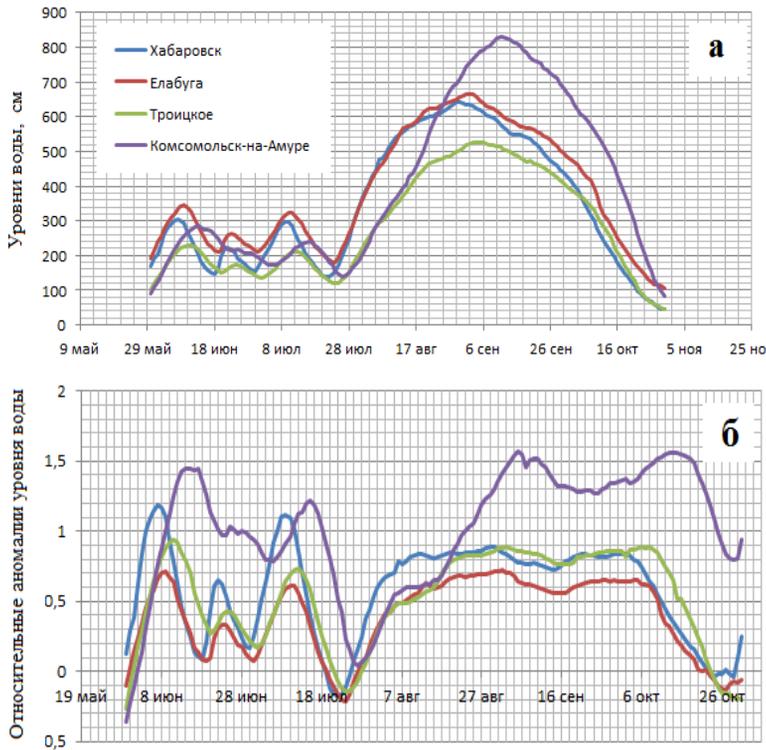
После ввода в строй Зейского и Бурейского водохранилищ, а также семи водохранилищ, построенных в бассейне р. Сунгари, внутригодовое распределение стока Среднего и Нижнего Амура существенно изменилось за счет сглаживания уровненного режима Амура (зимний сток увеличивается, а пики максимального стока половодий и паводков срезаются) [6, 21].

### **Результаты и их обсуждение**

Из-за умеренных снегозапасов и незначительных весенних осадков максимальные уровни снегодождевых паводков 2019 г. на реке Амур были ниже средних многолетних значений. К началу июня водность повысилась за счет прохождения дождевых паводков (рис. 2а) с превышением средних многолетних значений этого периода на всех створах от Благовещенска до Комсомольска-на-Амуре. Уровни на некоторых гидрологических постах достигали отметки уровня выхода воды на пойму (Троицкое, Комсомольск-на-Амуре). В Хабаровске, Елабуге и Ленинске эта отметка была превышена. Фаза летней межени, которая на Амуре наблюдается в июне – первой половине июля, практически не была выражена, а начавшиеся дожди формировали сток с минимальными потерями.

На формирование паводка в створе Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре 2019 г. влияние оказали предшествующие гидрометеорологические условия. По причине малоснежной зимы сезона 2018-19 гг. в предпаводочный период на Амуре и его притоках преобладала пониженная

водность. Однако после выпадения интенсивных осадков именно над территорией Нижнего Амура в июле (на 50-75% выше месячной нормы) водность реки значительно повысилась. Последующие осадки августа (в 2–2,5 раза выше месячной нормы) привели к появлению катастрофического паводка в г. Комсомольске-на-Амуре. Озерные притоки нижнего течения Амура, аккумулирующие максимальные объемы стока, и сами озера были максимально заполнены и не смогли принять паводковые воды. По спутниковым снимкам [5] было выявлено, что в 2019 году, при меньших уровнях, площади затопления этих участков на 1/3 больше, чем во время паводка 2013 года.



**Рис. 2.** Совмещенные уровни воды за период летне-осенних паводков 2019 г. (а) и относительные аномалии уровня воды (б).

**Fig. 2.** Combined water levels for the summer-autumn floods of 2019 (а) and relative anomalies of water level (б).

Продолжительность стояния высоких уровней (с превышением неблагоприятных отметок) составила в районе Хабаровска (6 августа – 28 сентября) и Комсомольска-на-Амуре (17 августа – 15 октября) полтора-два месяца. Вода на пойме продержалась еще более продолжительное время, соответственно, с 20 июля по 10 октября и с 7 августа по 20 октября. Пик паводка у Комсомольска-на-Амуре прошел 11–12 сентября

с отметкой 829 см. Паводок категории опасного явления на Амуре закончился 15 октября.

Сравнительная характеристика хода аномалий уровня воды относительно его среднего многолетнего ежедневного значения (рис. 2б) выявила ее отрицательные характеристики только для отдельных дней. По створам на станциях Хабаровск, Елабуга, Троицкое это был период последней декады июля и октября. Что касается хода водности по данным станции Комсомольск-на-Амуре, то уровень ниже нормативного значения встречался только в конце мая, причем для данного створа характерны наиболее высокие положительные отклонения за время прохождения паводка.

Причиной движения волны паводка по Нижнему Амuru является определенный характер выпадения осадков. Судя по данным табл. 1, с мая по август число дней с осадками в среднем по территории превышало 15 дней в месяц, особенно часто они наблюдались в августе (Екатерино-Никольское, Вяземский, Хабаровск – 21 день, Елабуга – 22 дня, Цзиси – 24 дня). Суммы осадков, выпавших как на российской, так и на китайской территории бассейна за август 2019 г., составляли 150–404 мм, что превысило норму до 2 – 2,5 раз.

**Таблица 1.** Количество и число дней с атмосферными осадками  
**Table 1.** Precipitation amount (mm) and number of days with precipitation

Станция	Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
	$\frac{R, \text{ мм}}{\%}$ от $R_m$	п, дни								
Екатерино-Никольское	$\frac{152}{227}$	16	$\frac{193}{187}$	14	$\frac{161}{111}$	14	$\frac{249}{173}$	21	$\frac{126}{133}$	5
Смидовичи	$\frac{177}{268}$	19	$\frac{116}{129}$	13	$\frac{104}{65}$	14	$\frac{404}{297}$	16	$\frac{192}{159}$	9
Вяземский	$\frac{81}{123}$	15	$\frac{110}{116}$	13	$\frac{134}{109}$	20	$\frac{314}{238}$	21	$\frac{49}{52}$	8
Хабаровск	$\frac{131}{215}$	19	$\frac{106}{132}$	16	$\frac{202}{176}$	17	$\frac{332}{270}$	21	$\frac{90}{101}$	12
Елабуга	$\frac{114}{193}$	15	$\frac{77}{95}$	13	$\frac{103}{85}$	13	$\frac{260}{206}$	22	$\frac{66}{75}$	12
Комсомольск-на-Амуре	$\frac{120}{235}$	20	$\frac{43}{60}$	13	$\frac{150}{158}$	13	$\frac{220}{222}$	16	$\frac{198}{215}$	11
Харбин	62	8	19	13	169	15	173	17	69	7
Нейцзянг	40	9	100	14	347	24	151	17	11	7
Цзиси	48	8	120	12	116	14	264	24	54	7
Чанчунь	81	12	205	14	146	15	160	19	31	4

*Примечание.* R – количество атмосферных осадков;  $R_m$  – среднее многолетнее значение осадков; п – число дней с осадками.

Следует обратить внимание на продолжительность периодов непрерывного выпадения осадков, которая может способствовать возникновению стремительного паводка. Так, согласно исследованиям временной изменчивости случайного процесса выпадения осадков в бассейне Амура [1] следует, что продолжительность периода выпадения осадков, приводящих к экстремальному паводку, должна быть не менее 7–10 суток. Авторы указывают на то, что даже интенсивные осадки меньшей продолжительности не приводят к опасности наводнения на больших реках.

Анализ периодов непрерывной продолжительности выпадения осадков, независимо от их суммарного количества, показал, что:

- в мае в среднем течении Амура наряду с 4-дневными отмечались 7 и 8-дневные, а в нижнем течении – 6 и 10-дневные периоды;

- в июне процессы выпадения осадков были самыми непродолжительными – отмечались 3–4-дневные периоды;

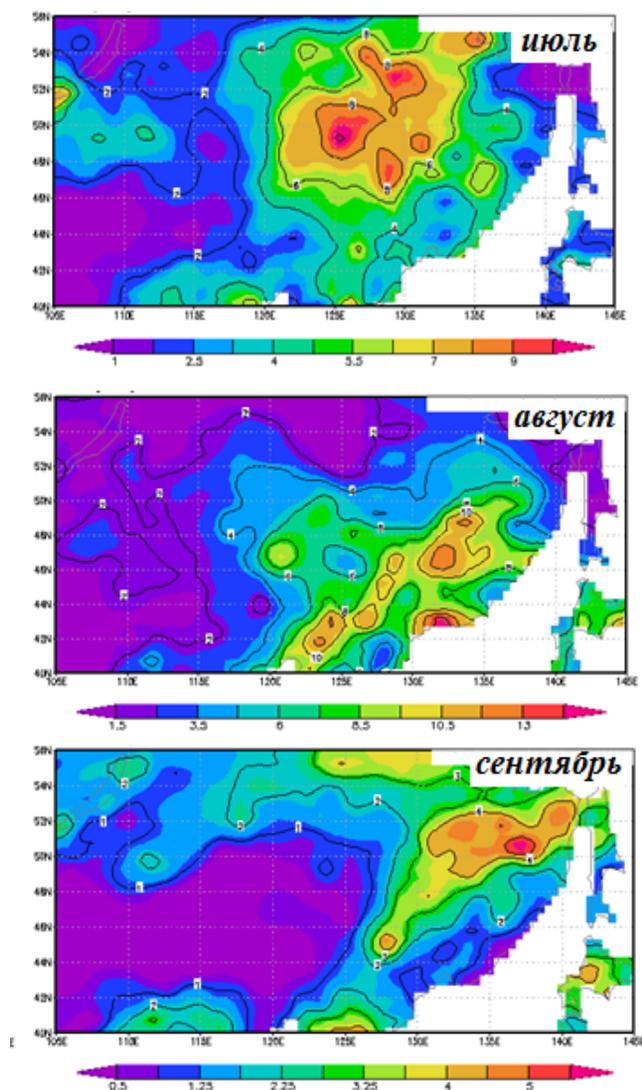
- в июле в среднем течении Амура картина была аналогична июньской, в верхней части Нижнего Амура наблюдалось семь 4-дневных периодов (МС Вяземский), а в нижнем течении продолжительность периодов с осадками составила 6 и 9 дней;

- в августе период с непрерывным выпадением осадков увеличился до 7 и 10 дней; в сентябре он сократился до 2 дней.

Исходя из внутрисезонного распределения осадков (табл. 1), можно заключить, что формирование значительной увлажненности бассейна происходило в июле – августе. В июле основное количество осадков выпало в средней части Амура (рис. 3).

В августе очаги максимального выпадения осадков переместились в область нижнего течения Амура (рис. 3); в увеличение его водности начинает вносить весомый вклад сток реки Сунгари (до 40–50% от всего объема стока Нижнего Амура), что сразу сказалось на стремительном повышении уровня в районе Хабаровска. Экстремальные осадки (рис. 3), локально выпавшие в сентябре в средней части Нижнего Амура и наложившиеся на волну паводка со стороны Хабаровска, сыграли решающую роль в формировании паводка катастрофической величины в Комсомольске-на-Амуре.

Детальное исследование циркуляционных процессов, обусловивших формирование паводка 2019 года, проводилось по ежедневным приземным картам с одновременной оценкой состояния региональных центров действия атмосферы. В июне (1-я стадия летнего муссона) циклоническая деятельность над бассейном Амура преобладала в течение 17 дней; давление в центре неглубоких циклонов понижалось до 990–1000 гПа. Среднемесячное поле приземного давления над бассейном Амура представляло собой ложбину южно-азиатской депрессии. Наименьшее влияние циклоны оказывали на верхнее и нижнее течения Амура (всего 9 дней), более продолжительной циклоническая деятельность была в среднем течении и в районе Хабаровска (15 дней).



**Рис. 3.** Среднесуточное значение атмосферных осадков (мм) в июле, августе и сентябре 2019 г. по данным реанализа NCEP/NCAR.  
**Fig. 3.** The average daily rainfall (mm) in July, August and September 2019, according to the NCEP / NCAR reanalysis.

Над Охотским морем в течение 14 дней преобладала антициклоническая циркуляция (давление в центре антициклонов достигало 1018–1020 гПа), из них 5 дней антициклоны возникали непосредственно над акваторией моря (III тип процессов), а в остальное время гребень был направлен преимущественно с юго-востока, востока, из области гавайского антициклона (I тип процессов). Аномально пониженный

температурный фон в нижней тропосфере ( $AT_{850}$ ) и наличие отрицательных аномалий температуры воды ( $2-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в западной части моря способствовали развитию мощного антициклона над Охотским морем [4]. Антициклон (8–12 июня и 14–17 июня) распространялся своим устойчивым гребнем на континент, в бассейн Амура и даже на Корейский полуостров, а с 1 по 7 июня и с 25 по 30 июня – не препятствовал смещению на восток глубоких континентальных циклонов.

Во время 2-й стадии дальневосточного муссона (июль – август), влагосодержание воздушных масс, поступающих в виде мощного их выноса с океана на континент, довольно велико ( $35-40\text{ кг/м}^2$  в морском тропическом воздухе по сравнению с  $20\text{ кг/м}^2$  в воздушной массе умеренных широт).

В июле 2019 года над бассейном Амура в течение 19 дней преобладали циклоны континентальные, смещающиеся с запада, или же местные (давление в центрах циклонов колебалось от 988 до 1000 гПа). Зачастую эти циклоны оставались малоподвижными над бассейном Амура. Весь период (19 дней) циклоны располагались именно над нижним течением Амура. Смещению циклонов на дальневосточные моря препятствовал хорошо развитый региональный охотский антициклон, который прочно обосновался над акваторией Охотского моря (26 дней). Лишь в отдельные дни (5 дней) на морскую поверхность выходили континентальные циклоны (23, 27, 28 и 30–31 июля). Отметим, что стационарирование охотского антициклона было обусловлено синоптическими процессами I типа (13 дней), II типа (7 дней) и III типа (6 дней). Значительные отрицательные аномалии температуры поверхности Охотского моря способствовали поддержанию антициклональной циркуляции в течение июля 2019 года.

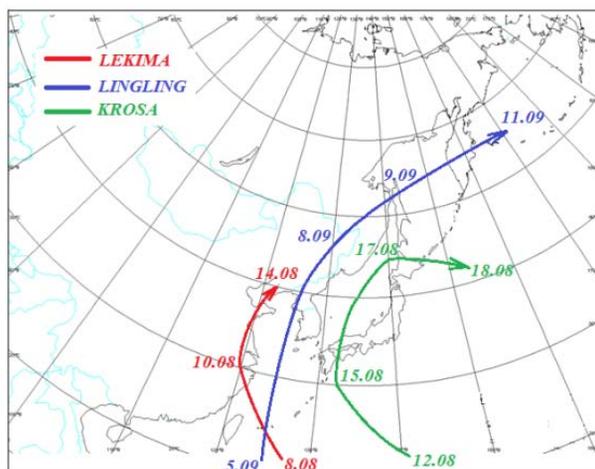
В августе 2019 года была хорошо развита дальневосточная депрессия: циклоническая циркуляция над нижним течением Амура преобладала в течение 20 дней (давление в центре циклонов составляло  $992-1000\text{ гПа}$ ). Антициклоническое поле над Охотским морем, поддерживаемое в основном синоптическими процессами II типа (11 дней) и III типа (8 дней), наблюдалось в течение 23 дней. Хорошо развитый охотский антициклон выступал в роли блокинга, не позволяя континентальным циклонам выходить на морскую поверхность; он ослабевал лишь в течение непродолжительного времени (3–5 дней).

Исследования дальневосточных метеорологов [14] позволили установить, что средняя непрерывная продолжительность преобладания антициклонической циркуляции над Охотским морем с мая по сентябрь составляет 2,6 суток. В исследуемый же летний сезон 2019 года наблюдалась следующая продолжительность эпизодов с антициклонической циркуляцией: в июне – 6 и 5 дней; в июле – 24 и 3 дня; в августе – 5 и 15 дней.

Согласно [10, 19], глубокие циклоны не во всех случаях вызывают сильные осадки. Для обильных дождей необходимы благоприятные

условия выноса тропических воздушных масс воздуха с юга. Сильные дожди над бассейном Амура чаще всего определяются тайфунами, выходящими на континентальные районы Приамурья, Хабаровского и Приморского края и акваторию Японского и Охотского морей. По результатам исследования [12] в 90 % случаев сильные дожди на юге Приамурья в июле – августе имеют тайфунное происхождение.

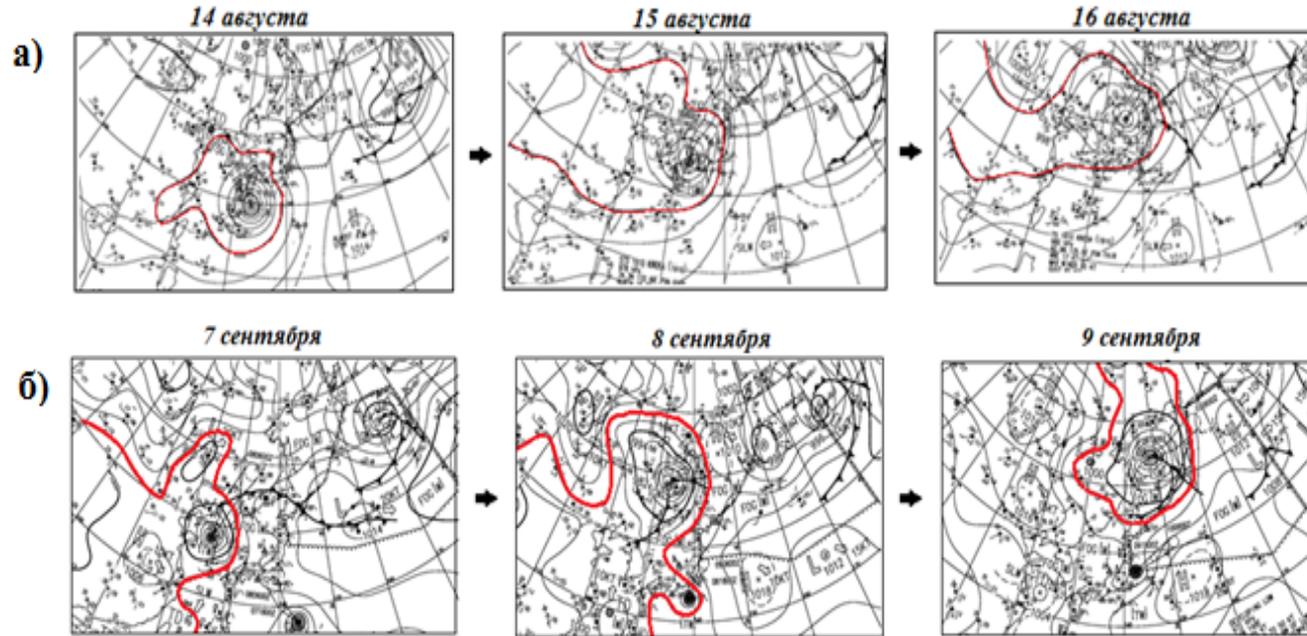
Весомый вклад в формирование высокого паводка 2019 г. внесли три тайфуна летне-осеннего сезона (рис. 4).



**Рис. 4.** Траектории движения тайфунов в августе-сентябре 2019 г., вызвавших сильные осадки в бассейне Амура.

**Fig. 4.** Trajectories of typhoons that caused heavy rainfall in the Amur basin in August-September 2019.

Тайфун Lekima вышел 11 августа на берег полуострова Шаньдун, принеся с собой ливни и сильный порывистый ветер, через сутки он ослабел и заполнился до тропической депрессии с давлением в центре 992 гПа, медленно смещаясь на север. Над северо-западной частью Желтого моря тропическая депрессия повернула на северо-восток и утром 14 августа вышла на континент. Вслед за Китаем под влияние тайфуна Lekima попал российский Дальний Восток. Произошедшее 11 августа объединение фронтальной зоны и Lekima привело к обострению атмосферных фронтов, которые протянулись с Китая на Хабаровский и Приморский края, Еврейскую АО [4]. По информации Дальневосточного УГМС, 14–15 августа Lekima принес сильные дожди в бассейн реки Сунгари, что вызвало формирование высоких паводков с дополнительным подъемом уровней воды на 1,0–1,5 м в районе Хабаровска. 15 и 16 августа юг Хабаровского края, Амурская область и Еврейская АО находились под воздействием самого тайфуна Lekima, обусловившего выпадение сильных дождей (рис. 5а).



**Рис. 5.** Развитие синоптических процессов в бассейне Амура с выходом тайфунов: Lekima и Krosa с 14 по 16 августа 2019 г. (а); Lingling с 7 по 9 сентября 2019 г. (б) [22]. Красной линией выделена область влияния тайфунов.

**Fig. 5.** Development of synoptic processes in the Amur basin with the landfall of typhoons: Lekima and Krosa from August 14 to 16, 2019 (a); Lingling from September 7 to 9, 2019 (б) [22]. The red line marks the area of typhoon impact.

Тайфун Krosa, при подходе к Корейскому проливу (15 августа) (рис. 4), привел к обострению полярного фронта, который вызвал в Приморском и Хабаровском краях, Северном Китае сильные дожди. Резкое обострение контрастов температуры на полярном фронте произошло за счет вторжения холодного воздуха, связанного с распространением полярной ложбины далеко на юг, и выносом теплого воздуха с юга, обусловленного циркуляцией тайфуна. 16 и 17 августа Хабаровский край и Еврейская АО продолжали находиться под воздействием этого тайфуна.

В период воздействия двух тайфунов (с 10 по 20 августа) на всех метеорологических станциях Нижнего Амура было зафиксировано значительное количество осадков (табл. 2), доля которых составила 45–60 % от месячной суммы.

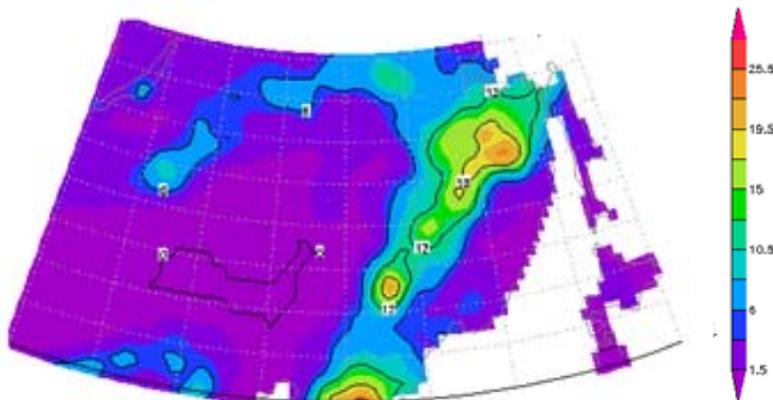
**Таблица 2.** Суммарное количество осадков (мм) за отдельные периоды  
**Table 2.** The total amount of precipitation (mm) for several periods

Станция	Периоды с выпадением интенсивных осадков				
	10–20.08.19	21–23.08.19	27–31.08.19	01–10.09.19	11–20.09.19
Екатерино-Никольское	175	33	25	99	27
Смидович	185	55	126	167	25
Вяземский	185	18	82	15	34
Хабаровск	198	18	90	51	33
Елабуга	157	14	79	31	29
Комсомольск-на Амуре	113	4,6	92	155	33

Период с 21 по 23 августа характеризуется выпадением обильных осадков, вызванных прохождением глубокого циклона (давление в центре 992 гПа), смещающегося с Забайкалья по ныряющей траектории. 21 августа в переднюю часть этого циклона втягивается тропический воздух из области тропической депрессии над Желтым морем. 22–23 августа циклон стал заполняться (до 1000 гПа), объединившись с регенерировавшей депрессией, ставшей внетропическим циклоном. Теплый влажный воздух устремился в нижнюю часть бассейна Амура с акватории Тихого океана. В конце августа (27–31.08) со стороны Китая подошла очередная депрессия; один из циклонов, который перемещался вдоль северо-западного побережья Японского моря, вызвал еще более сильные дожди на Нижнем Амуре. 5–6 сентября сильные осадки в Комсомольске-на-Амуре (около 50 мм) были связаны с фронтальными разделами.

Экс-тайфун Lingling (рис. 5б) 8–9 сентября оказал влияние на весь бассейн Нижнего Амура, вызвав сильные ливни с интенсивностью 50 мм и более за 12 часов [18]. Карта среднесуточного значения атмосферных

осадков за 5–9 сентября наглядно иллюстрирует локальное распространение их максимальных величин вдоль нижнего течения Амура (рис. 6). На Комсомольск-на-Амуре обрушилось 84 мм осадков (около месячной нормы), вклад тайфунных дождей составил около 50 % от их количества за сентябрь. Волна паводка в это время находилась всего в 200 км от города, поэтому его пик пришелся на 11–12 сентября, объединив в себе высокий транзитный сток и тайфунные осадки.

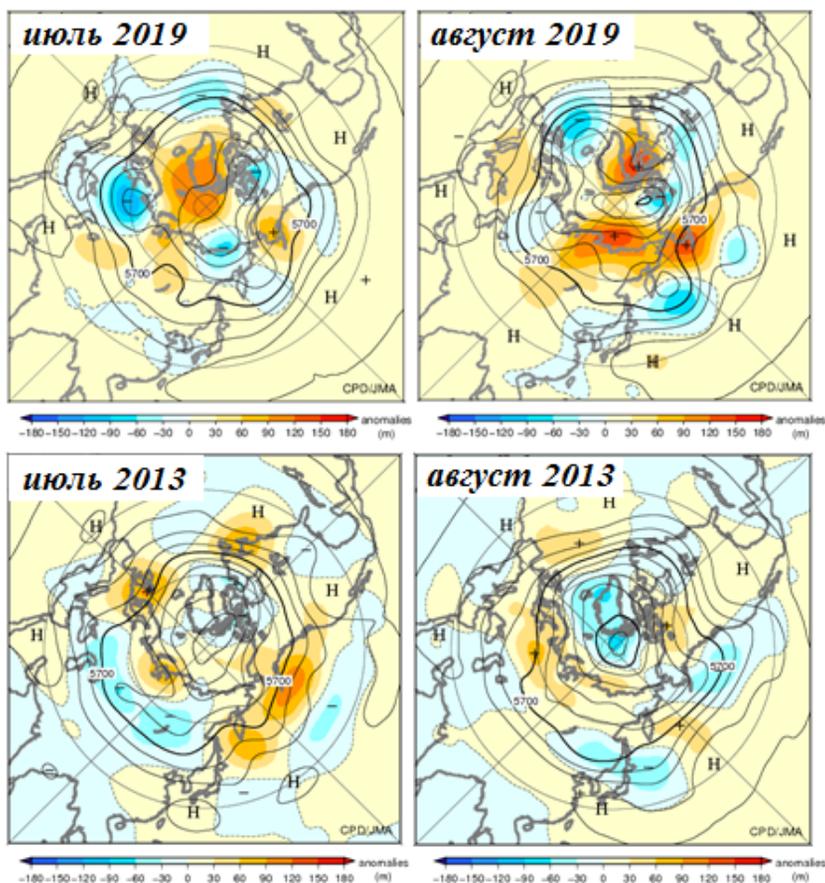


**Рис. 6.** Среднесуточное значение атмосферных осадков (мм) с 5 по 9 сентября 2019 г. по данным реанализа NCEP/NCAR.

**Fig. 6.** The daily average of precipitation (mm) from September 5 to 9, 2019, according to the NCEP/NCAR reanalysis.

Поскольку циклоническая деятельность над исследуемой территорией носит в основном фронтальный характер, то развитие и локализация циклонов определяется структурой термобарического поля. Главным звеном этой структуры является высотная фронтальная зона (ВФЗ) умеренных широт [2, 14, 19]. Циклоны у земли преимущественно развиваются под ВФЗ. Для июля – августа осевой линией, характеризующей среднее положение ВФЗ над Дальним Востоком, является изогипса 568 дкм [19]. В июле 2019 г. ВФЗ в среднем располагалась вдоль 52–58° с. ш. (изогипса 570 дкм), т. е. намного севернее обычного (рис. 7). Соответственно, полярная высотная ложбина не распространялась на юг, а чаще всего наблюдалась над нижним бассейном Амура (область ложбины была занята положительными аномалиями геопотенциала до 3–6 дкм). В августе 2019 г. ВФЗ над исследуемой областью была расположена квазизонально вдоль 53° с. ш.

Определенный интерес представляет сравнение высотных полей для июля и августа с теми, что наблюдались в эти месяцы в 2013 г., также отмеченном катастрофическим наводнением на реке Амур (рис. 7).



**Рис. 7.** Среднее поле Н500 (изогипсы проведены через 6 дкм) и аномалии геопотенциала в июле-августе 2019 и 2013 гг. [22].  
**Fig. 7.** The average field of 500 mb height (contour interval is 6 dcm) and the height anomalies in July (left) and August (right) in 2019 (top) and in 2013 (bottom) [22].

Действительно, ВФЗ умеренных широт в 2013 г., в отличие от ВФЗ в 2019 г., была расположена намного южнее, вдоль 45–48° с. ш., и была более интенсивной. Высотная полярная ложбина в 2013 г. была хорошо развита (отрицательные аномалии геопотенциальной высоты здесь составляли 3–6 дкм) и распространялась на юг, на территорию Китая. В ее тыловую часть постоянно происходили заточки холода из арктического района. Все это обусловило частое смещение в бассейн Амура глубоких, насыщенных влагой циклонов, которые, так же как в исследуемом 2019 г., блокировались областью высокого давления над северо-западом Тихого океана. Интенсивные ливневые дожди, охватившие в 2013 г. весь бассейн

Амура, как на территории Российской Федерации, так и Китая, продолжались около двух месяцев (июль – август). По данным наблюдений на метеорологических станциях Росгидромета, количество осадков в период паводка в Амурской области, Еврейской АО и Хабаровском крае достигло или даже превысило годовую норму [1, 5, 9, 10,17].

### Заключение

В теплый период 2019 г. распределение осадков над бассейном Амура было неравномерным, чаще всего очаги значительных осадков наблюдались над средним и нижним течением. Увлажнению этой части территории способствовали высокие относительно многолетней нормы суммы осадков в мае и частично – в июне. Во второй половине лета максимальные осадки выпадали преимущественно над Нижним Амуром. В отличие от 2013 г., когда осадки практически непрерывно увлажняли бассейн Амура в течение июля – августа, паводок 2019 г. на территории Нижнего Амура формировался несколькими, относительно короткими периодами (11–12 августа, 14–22 августа, 28 августа – 2 сентября, 8–10 сентября) с сильными осадками.

Одной из причин аномального увлажнения бассейна Амура явилась значительная повторяемость циклонической циркуляции над ним и антициклонической – над Охотским морем. Так, в июле – августе в течение 19–20 дней циклоны располагались именно в нижнем течении Амура, их смещение на восток блокировал хорошо развитый охотский антициклон. Продолжительность непрерывных периодов антициклонической циркуляции над Охотским морем составила в июле – 24 и 3 дня; в августе – 5 и 15 дней, что значительно превысило средний многолетний показатель. Отрицательные аномалии температуры поверхности Охотского моря (1–3 °С) обусловили стационарирование охотского антициклона в июле и образование ядер высокого давления в июне – августе.

Высотная фронтальная зона умеренных широт в июле 2019 г. располагалась вдоль 52–58° с. ш. над нижним течением Амура, намного севернее среднего многолетнего положения. Это обусловило преимущественное развитие циклонов над нижним течением Амура, в отличие от 2013 г., когда ВФЗ располагалась гораздо южнее (45–48° с. ш.).

Сильные дожди над бассейном Амура, которые окончательно сформировали катастрофический паводок в конце летнего периода, вызваны тремя тайфунами, выходящими на континентальные районы Приамурья, Хабаровского края, Приморского края и акваторию Японского и Охотского морей: Lekima (11–14 августа), Krosa (15–17 августа), Lingling (7–9 сентября). Суммы осадков были заметно превышены, местами в 2–2,5 раза по отношению к средней многолетней норме. Экстремальные осадки этих периодов отличались прежде всего локальным охватом территории и незначительной продолжительностью выпадения.

Таким образом, максимальный сток в бассейне Амура, имея сложный генезис, значительно проявился летом 2019 года в его нижнем течении вследствие сложившихся циркуляционных условий в бассейне Амура и над акваторией Охотского моря на фоне макроциркуляционных процессов.

#### Список литературы

1. Болгов М.В., Трубецкова М. Д., Филиппова И. А., Харламов М. А. Особенности выпадения экстремальных осадков в бассейне реки Амур летом 2013 г. // География и природные ресурсы. 2017. № 2. С. 37-45.
2. Бортин Н.Н., Милаев В.М. Исследование многолетней динамики и схема сверхдолгосрочного прогноза наводнений на реке Амур // Водное хозяйство России. 2014. № 4. С. 45-59.
3. Василевская Л.Н., Шкаберда О.А., Ламаи Б.Е., Платонова В.А., Кукаренко Е.А. Особенности долгопериодной изменчивости температуры, осадков и сроков наступления второй стадии летнего муссона в заливе Петра Великого // Вестник ДВО РАН. 2013. № 6. С. 71-82.
4. Гидрометеорологический бюллетень, 2019 – <http://www.ferhri.ru/napravleniya-rabot/proekty/2017-07-28-00-41-16/gidrometeorologicheskij-byulleten-2019g.html>
5. Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н. Катастрофическое наводнение 2013 года в бассейне реки Амур: условия формирования, оценка повторяемости, результаты моделирования // Водные ресурсы. 2014. Том 41, № 2. С. 111-122.
6. Иванов В.А. Особенности формирования уровня режима рек Амур и Зея у г. Благовещенска при прохождении паводков // Экстремальные паводки в бассейне Амура: гидрологические аспекты / Под ред. В.Ю. Георгиевского. СПб.: ЭсПэХа, 2015. 168 с. С. 91-101.
7. Ильинский О.К. Охотский антициклон // Труды ДВНИГМИ. 1959. Вып. 7. С. 10-32.
8. Католикова В.М., Католикова Н.И. О возможных причинах изменения пропускной способности русла Амура у Хабаровска и Комсомольска-на-Амуре // Экстремальные паводки в бассейне Амура: гидрологические аспекты / Под ред. В.Ю. Георгиевского. СПб.: ЭсПэХа, 2015. 168 с. С. 63-83.
9. Махинов А.Н., В.И. Ким, Воронов Б.А. Наводнение в бассейне Амура 2013 года: причины и последствия // Вестник ДВО РАН. 2014. № 2. С. 5-14.
10. Мезенцева Л.И., Соколов О.В., Друзь Н.И. Атмосферная циркуляция над Дальним Востоком в 2013 г. при экстремальном наводнении в бассейне Амура // Известия ТИНРО. 2015. Том 180. С. 261-272.
11. Национальное управление океанических и атмосферных исследований NOAA. <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/search?datasetid=GHCND>.
12. Пинскер А.А. Циркуляционные условия сильных дождей в Приморском крае в летний период // Труды ДВНИГМИ. 1983. Вып. 109. С. 75-84.
13. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть III. Выпуск 4. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 212 с.
14. Руководство по месячным прогнозам погоды. Л.: Гидрометеиздат. 1972. 366 с.
15. Сайт Дальневосточного УГМС. – <http://khabmeteo.ru/chart/index.shtml>.
16. Свинухова Р.Э. Основные формы циркуляции и их связь с осадками на Дальнем Востоке // Труды ДВНИГМИ. 1978. Вып. 75. С. 67-78.
17. Семенов Е.К., Соколичина Н.Н., Татариневич Е.В., Тудрий К.О. Синоптические условия формирования катастрофического наводнения на Амуре в 2013 г. // Метеорология и гидрология. 2014. № 8. С. 25-33.
18. Спутниковый мониторинг паводка на реке Амур в 2019 г. – <http://www.meteor.ru/press/news/20204/>
19. Тетерятникова Е.П. Общие условия формирования катастрофических наводнений на р. Амур // Паводки и защита от них. М., 1968. С. 24–25.

20. Трусевский И.В., Ленин В.Т., Гаголка Н.К. К прогнозу общих условий осадкообразования в Приамурье на летний сезон с трехмесячной заблаговременностью // Труды ДВНИГМИ. 1980. Вып. 82. С. 28-34.

21. Шальгин А.Л., Дугина И.О. Катастрофическое наводнение 2013 года в бассейне Амура: причины, особенности, последствия // Экстремальные паводки в бассейне Амура: гидрологические аспекты / Под ред. В.Ю. Георгиевского. СПб.: ЭСПЭХа, 2015. С. 22-35.

22. Японское Метеорологическое Агентство. – <http://ds.data.jma.go.jp/>

## References

1. Bolgov, M.V., Trubetskova, M.D., Filippova, I.A., Kharlamov M.A. Characteristics of extreme precipitation events within the Amur river basin in summer 2013. *Geogr. Nat. Resour.*, 2017, vol. 38, pp. 139–146. <https://doi.org/10.1134/S1875372817020044>.

2. Bortin N.N., Milayev V.M. Examination of the Long-term Dynamics and the Scheme of Super-longterm Forecast for Inundation on the Amur River. *Vodnoe hozyaystvo Rossii [Water sector of Russia: problems, technologies, management]*, 2014, no. 4, pp. 45-59 [in Russ.].

3. Vasilevskaya, L.N., Shkaberda O.A., Lamash B.E., Platonova V.A., Kukarenko E.A. Long-period variability of temperature, precipitation and occurrence time of the second stage of summer monsoon around Peter the Great Bay. *Vestnik DVO RAN [Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences]*, 2013, vol. 172, no. 6, pp. 71-82 [in Russ.].

4. Gidrometeorologicheskii byulleten' [Hydrometeorological Bulletin], 2019, available at: <http://www.ferhri.ru/napravleniya-rabot/proekty/2017-07-28-00-41-16/gidrometeorologicheskij-byulleten-2019g.html>.

5. Danilov-Danilyan V.I., Gelfan A.N., Motovilov Y.G., Kalugin A.S. Disastrous flood of 2013 in the Amur basin: Genesis, recurrence assessment, simulation results. *Water Resources*, 2014, vol. 41, no. 2, pp. 115-125. DOI: 10.1134/S0097807814020055.

6. Ivanov V.A. Features of the Amur and Zeya level regime formation near the city of Blagoveshchensk during floods. Extreme floods in the Amur River basin: hydrological aspects. Papers on hydrology / Ed. V.Ju. Georgievsky, FSBI "SHI", St. Petersburg: SPH, 2015, pp. 91-101 [in Russ.].

7. Il'inskiy O.K. Ohotskiy anticiklon. *Trudy DVNIGMI*, 1959, vol. 7, pp. 10-32 [in Russ.].

8. Katolikov V.M., Katolikova N.I. On possible causes of changes in the Amur channel discharge capacity near Khabarovsk and Komsomolsk-on-Amur. Extreme floods in the Amur River basin: hydrological aspects. Papers on hydrology / Ed. V.Ju. Georgievsky, FSBI "SHI", St. Petersburg, SPH, 2015, pp. 63-83 [in Russ.].

9. Makhinov A.N., Kim V.I., Voronov B.A. Floods in the Amur Basin in 2013: causes and consequences. *Vestnik DVO RAN [Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences]*, 2014, no. 2, pp. 5-14 [in Russ.].

10. Mezentsева L.I., Sokolov O.V., Druz N.I. Atmosphere circulation over the Far East of Russia in 2013, during extreme flood in the Amur basin. *Izvestiya TINRO*, 2015, vol. 180, pp. 261-272. DOI: 10.26428/1606-9919-2015-180-261-272. [in Russ.].

11. National oceanic and atmospheric administration NOAA. Available at: <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/search?datasetid=GHCND>.

12. Pinsker A.A. Cirkulyacionnye usloviya sil'nyh dozhdov v Primorskom krae v letniy period. *Trudy DVNIGMI*, 1983, vol. 109, pp. 75-84 [in Russ.].

13. Rukovodstvo po kratkosrochnym prognozam pogody Chast' III. Vyp 4. Leningrad, Gidrometeoizdat publ., 1965, 216 p. [in Russ.].

14. Rukovodstvo po mesyachnym prognozam pogody. Leningrad, Gidrometeoizdat publ., 1972, 366 p. [in Russ.].

15. \_Dal'nevostochnoe UGMS. Available at: <http://khabmeteo.ru/chart/index.shtml> [in Russ.].

16. Svinuhova R.E. Osnovnye formy cirkulyacii i ih svyaz' s osadkami na Dal'nem Vostoke. *Trudy DVNIGMI*, 1978, vol. 75, pp. 67-78 [in Russ.].

17. *Semenov, E.K., Sokolikhina, N.N., Tatarinovich, E.V., Tudrii K.O.* Synoptic conditions of the formation of a catastrophic flood on the Amur River in 2013. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2014, vol. 39, pp. 521–527. DOI: 10.3103/S1068373914080032.

18. Sputnikovyy monitoring pavadka na reke Amur v 2019 g. Available at: <http://www.meteorf.ru/press/news/20204/> [in Russ.].

19. *Teteryatnikova E.P.* Obshchie usloviya formirovaniya katastroficheskikh navodneniy na r. Amur // Pavodki i zashchita ot nih. Moscow, 1968, pp. 24–25 [in Russ.].

20. *Trusevskiy I.V., Lenshin V.T., Gagolka N.K.* K prognozu obshchih usloviy osadkoobrazovaniya v Priamur'e na letniy sezon s trekhmesyachnoy zablagovremennost'yu. *Trudy DVNIGMI*, 1980, vol. 82, pp. 28-34 [in Russ.].

21. *Shalygin A.L., Dugina I.O.* Catastrophic 2013 flood in the Amur River basin: causes, features and consequences. Extreme floods in the Amur River basin: hydrological aspects. Papers on hydrology / Ed. V.Ju. Georgievsky, FSBI "SHI", St. Petersburg, SPH, 2015, pp. 22-35 [in Russ.].

22. Japan Meteorological Agency. Available at: <http://ds.data.jma.go.jp/>

*Поступила в редакцию 15.02.2019 г.*

*Received by the editor 15.02.2019.*