

**Н.В. КИЧИГИНА**Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, nkichigina@mail.ru**ОПАСНОСТЬ ПАВОДОЧНЫХ НАВОДНЕНИЙ  
В БАССЕЙНАХ ЛЕВЫХ ПРИТОКОВ АНГАРЫ**

*В июне и в июле 2019 г. на левобережных притоках р. Ангары прошли катастрофические дождевые паводки с огромным ущербом и человеческими жертвами, с наибольшими разрушениями в г. Тулуна на р. Ие. Дана комплексная характеристика паводков 2019 г. в сравнении с подобными событиями исторического прошлого и периода инструментальных наблюдений. Выполнен анализ характеристик опасности наводнений на гидропостах — их повторяемости и силы воздействия. Оценена однородность рядов максимального паводочного стока на фоне климатических изменений. Объектами исследования стали бассейны левых притоков р. Ангары — Иркутка, Китоя, Белой, Оки, Уды, Бирюсы, с более подробной характеристикой для бассейна р. Ии. Наводнения 2019 г. сформированы выпадением экстремальных осадков на предварительно увлажненную поверхность водосборов. В 2019 г. сложилась исключительная гидрологическая ситуация как по характеристикам опасности наводнения, так и по разрушительным последствиям для Тулуна. Тем не менее катастрофические наводнения подобного масштаба происходили здесь неоднократно и раньше, как в историческом прошлом, так и за период инструментальных наблюдений. Не уникальна ситуация и с двумя экстремальными паводками в течение летнего сезона. Связать произошедшее событие с изменениями климата на сегодня нельзя. Изменения рядов паводочного стока в основном незначимы, даже с учетом приблизительных максимумов 2019 г. Уменьшившаяся повторяемость наводнений за более поздний период может быть связана с закончившимся в 2019 г. маловодьем. Поэтому можно ожидать повторения подобных событий на реках Иркутской области, как в бассейне Ангары, так и в бассейнах Лены и Южного Байкала.*

**Ключевые слова:** опасность наводнений, повторяемость, сила воздействия, дождевые паводки, левые притоки Ангары.

**N.V. KICHIGINA**V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, nkichigina@mail.ru**FLOOD HAZARD WITHIN THE BASINS  
OF THE LEFT TRIBUTARIES OF THE ANGARA**

*In June and July 2019, on the left tributaries of the Angara river there occurred catastrophic rainfall floods inflicting enormous damage and human victims. The greatest damage was experienced by the city of Tulun on the Iya river. A comprehensive characteristic is given to the 2019 floods in comparison with similar events of the historical past and from the period of instrumental observations. An analysis is made of the characteristics of the flood hazard at gauging stations: their frequency and impact. The homogeneity of the series of the peak flood runoff is estimated against the background of climate change. The objects for study were the basins of the left tributaries of Angara river: the Irkut, Kitoi, Belaya, Oka, Uda and Biryusa, with a more detailed characteristic for the Iya river basin. The floods of 2019 were formed by extreme precipitation on the previously moistened surface of the catchments. In 2019, an exceptional hydrological situation developed in terms of both flood hazard characteristics and the devastating consequences for the city of Tulun. Nevertheless, catastrophic floods of a similar magnitude also reoccurred in the historical past and during the period of instrumental observations. The situation with two extreme floods during the summer season is also not unique. The event under study cannot yet be associated with climate change. Changes in the peak rainfall runoff series are mostly insignificant, even when the approximate runoff maxima of 2019 are taken into account. The decreased flood frequency over a later period may be associated with a low-water period that ended in 2019. Therefore, similar events can be expected to recur on the rivers of Irkutsk oblast, both within the Angara basin and within the Lena and South Baikal basins.*

**Keywords:** flood hazard, frequency, impact, rainfall floods, left tributaries of the Angara river.

## ВВЕДЕНИЕ

В конце июня 2019 г. в западных и центральных районах Иркутской области на левобережных притоках Ангары — реках Ие, Уде, Оке, Бирюсе — прошел катастрофический дождевой паводок, приведший к человеческим жертвам и огромному материальному ущербу. Пострадали Нижнеудинский, Тайшетский, Тулунский, Чунский, Зиминский, Черемховский, Заларинский, Куйтунский районы. Затоплено 109 населенных пунктов, сотни километров автодорог, уничтожены посевы, снесено или повреждено 22 моста, 10 890 жилых домов, более 11 тыс. приусадебных участков, 86 социально значимых объектов. Пострадали 42 762 чел., 26 — погибли, 5 — пропали без вести. Основной удар пришелся на г. Тулун, который погрузился в воду на глубину до нескольких метров. Поток воды снес целые улицы деревянных домов, а многоэтажные здания затопило до третьего этажа. В Тулуне в зоне затопления оказалось 10 739 чел., 3056 домов, 290 га застройки, в г. Нижнеудинске — 16 932 чел., 3798 домов. Ущерб оценен в 31,2 млрд руб.

В конце июля 2019 г. прошел второй паводок. В зону затопления попали Нижнеудинский, Черемховский, Тулунский, Шелеховский, Слюдянский, Зиминский районы. Пострадало 58 населенных пунктов, 5424 чел., 1984 жилых дома, 3207 приусадебных участков. Ущерб от двух паводков оценен в 35,152 млрд руб., из них более 20 млрд — ущерб инфраструктурным и административным объектам, около 10,8 млрд — из-за утраты жилья, около 420 млн руб. — потери аграрного комплекса [1].

В Иркутской области опасности затопления подвергаются более 220 населенных пунктов, в том числе города Тулун, Киренск, Нижнеудинск, Иркутск, Усть-Кут, Зима, Ангарск [2]. Большинство из них (за исключением Киренска и Усть-Кута) расположены в бассейнах левых притоков Ангары. В Иркутской области паводочные (дождевые) наводнения характерны для рек юго-западного побережья оз. Байкал, где они могут усугубляться сходом селей, и для бассейнов Лены и Киренги, наряду с половодными и заторными. Самая же высокая опасность паводочных наводнений существует в западных районах Иркутской области, в бассейнах левых притоков Ангары — рек Иркуты, Китоя, Белой, Оки, Ии, Уды, Бирюсы [3].

Произошедшее чрезвычайное событие вызвало много вопросов и дискуссий относительно его причин и уникальности. Комплексная характеристика катастрофического паводка 2019 г. в сравнении с подобными событиями, произошедшими за многолетний период, позволяет оценить его исключительность. Такая характеристика для бассейнов левобережных притоков Ангары, с наиболее подробным исследованием бассейна р. Ии, включала: анализ экстремальных дождевых паводков в историческом прошлом, пространственно-временной анализ характеристик опасности паводочных наводнений за период инструментальных наблюдений на гидрологических постах, оценку однородности рядов максимального паводочного стока на фоне происходящих климатических и антропогенных изменений.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ

Объектами исследования стали бассейны левых притоков Ангары — Иркуты, Китоя, Белой, Оки, Ии, Уды, Бирюсы. В основу оценки опасности наводнений положен методологический подход [4, 5], согласно которому интегральная опасность наводнений определяется различным сочетанием их характеристик — генезиса, повторяемости, силы воздействия и ущерба от них. Сила воздействия (или величина) наводнения объединяет величину подъема уровня, продолжительность и площадь затопления. Повторяемость наводнений на гидропостах определена как процентное отношение случаев с превышением критических уровней воды  $H_{кр}$ , соответствующих началу наводнения [6], к общему количеству лет. Повторяемость наводнений за период выраженных климатических изменений с 1976 по 2019 г. мы сравнили с повторяемостью за более ранний период. За начало климатических изменений, как правило, принимаются различные точки отсчета в период с середины 1970-х до середины 1980-х гг. [7].

Оценка однородности рядов максимального паводочного стока на фоне происходящих климатических и/или антропогенных изменений на водосборах заключалась в сравнении расчетного значения критерия Стьюдента для двух равных частей рядов (1960–1988 и 1989–2017 гг.) с их критическим значением при заданном уровне значимости (уровень значимости  $p < 0,05$ ) и объеме выборки. Также использовался подход на основе вычисления  $p$ -значения. Если  $p$ -значение меньше, чем заданный уровень значимости, то нулевая гипотеза отвергалась.

Были использованы данные Росгидромета по речному стоку на гидропостах, данные информационных ресурсов [8, 9], сведения о затопляемых населенных пунктах [10], крупных наводнениях за исторический период [11, 12] и др.

## ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПАВОДКОВ

Дождевой паводок с 24 июня по 8 июля 2019 г. Во второй половине июня в Прибайкалье сложилась достаточно редкая синоптическая циркуляционная ситуация: в условиях меридионального переноса над хребтами Восточного Саяна сформировался малоподвижный атмосферный фронт с высоким содержанием влаги. В результате в третьей декаде июня на огромной территории за короткое время выпали обильные осадки, превысившие за несколько дней ежемесячную норму. Их наибольшее количество (1,5–4 месячные нормы) выпало на территории Нижнеудинского и Тулунского районов. В Тулунском районе в бассейне р. Ии обильные осадки выпали также 11 и 16 мая и создали предварительное увлажнение территории.

В результате в бассейнах рек Ии, Оки, Уды, Бирюсы 26–30 июня сформировались высокие дождевые паводки редкой повторяемости, произошло затопление населенных пунктов, в том числе Нижнеудинска, Тулуна, Бирюсинска, дер. Шиткино. Были превышены исторические максимумы на гидропостах р. Ия – Тулун на 254 см, р. Уда – Нижнеудинск на 32 см.

Динамика развития дождевого паводка представлена в табл. 1. В пик паводка максимальное превышение критических уровней воды составило на гидропостах: р. Ия – Тулун – 687 см 29 июня; р. Ока – с. Ухтуй – 90 см 30 июня; р. Уда – Нижнеудинск – 187 см 28 июня; р. Бирюса – дер. Шиткино – 162 см 30 июня [8]. Близкие значения уровней наблюдались на гидропостах: р. Ия – Тулун – 1133 см в 1984 г., р. Уда – Нижнеудинск – 485 см в 1996 г., р. Бирюса – дер. Шиткино – 707 см в 1980 г.

Превышение критических уровней продолжалось в среднем 3–4 дня. Максимальная продолжительность этого превышения была отмечена в бассейне р. Ии. На гидропосте р. Ия – Тулун продолжительность превышения критического уровня воды ( $H_{кр} = 700$  см) составила 7 дней, а опасного уровня ( $H_{оп} = 850$  см), при котором затопляется значительная часть территории Тулуна, – 4 дня.

Таблица 1

Динамика развития дождевого паводка 27–30 июня 2019 г.

Дата	Уровень воды, см над «0» поста								
	Тулунский район, бассейн р. Ии				Нижнеудинский район		Тайшетский район, р. Бирюса – дер. Шиткино	Зиминский район, р. Ока – с. Ухтуй	Куйтунский район, р. Ока – с. Усть-Када
	р. Ия – пос. Аршан	р. Ия – г. Тулун	р. Кирей – с. Уйгат	р. Икей – с. Икей	р. Уда – Нижнеудинск	р. Бирюса – Нерой			
24.06	179	493	212	253	140	136	354	232	270
25.06	206	474	206	257	142	169	334	225	263
26.06	373	503	287	346	<b>320</b>	<b>321</b>	332	346	258
27.06	<b>550</b> (макс. 616)	<b>708</b>	<b>540</b>	<b>603</b> (макс. 608)	<b>391</b>	–	468	451	419
28.06	<b>410</b>	<b>812</b>	<b>613</b> (макс. 615)	<b>571</b>	<b>505</b> (макс. 507)	221	532	456	467
29.06	296	<b>1357</b> (макс. 1387)	<b>510</b>	<b>524</b>	<b>358</b>	189	<b>591</b>	<b>525</b>	492
30.06	249	<b>1306</b>	<b>395</b>	<b>487</b>	264	182	<b>725</b> (макс. 732)	<b>543</b> (макс. 560)	541
01.06	239	<b>1091</b>	<b>352</b>	<b>452</b>	229	179	<b>706</b>	343	584
02.07	231	<b>936</b>	300	414	210	175	<b>574</b>	306	411
03.07	229	<b>786</b>	273	373	195	173	413	261	334
04.07	230	668	256	339	188	169	408	233	296
05.07	232	613	237	319	181	165	407	217	268
06.07	233	574	219	300	177	178	401	240	276
07.07	229	545	207	292	173	175	383	219	271
08.07	231	528	212	286	169	165	388	232	253
$H_{кр}$	<b>400</b>	<b>700</b>	<b>350</b>	<b>430</b>	<b>320</b>	<b>310</b>	<b>550</b>	<b>470</b>	<b>600</b>

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения, достигшие или превысившие критический уровень ( $H_{кр}$ ), характеризующий начало затопления. Прочерк – нет данных.

Таблица 2

**Интенсивность подъема и спада уровней (см/сут) во время дождевого паводка 27–30 июня 2019 г.**

Река – пункт	Интенсивность			
	подъем уровня		спад уровня	
	средняя	наибольшая	средняя	наибольшая
Ия – пос. Аршан	146	243	56	206
Ия – Тулун	228	575	88	215
Икей – с. Икей	118	262	29	47
Кирей – с. Уйгат	136	253	41	115
Уда – Нижнеудинск	92	178	34	149
Ока – с. Ухтуй	67	121	69	217
Бирюса – дер. Шиткино	98	136	49	161

Здесь же отмечается наибольшая интенсивность подъема уровня воды — 575 см за сутки (табл. 2). Интенсивный подъем уровней начался 25 июня в бассейнах Уды и Оки и на сутки позже, 26 июня, в верхней части бассейна р. Ии. При этом превышение критических отметок на всех гидропостах в бассейне р. Ии произошло 27 июня. В районе Тулуна наиболее интенсивный подъем уровней воды был отмечен 28 июня. Максимальных значений уровни достигли в верхнем течении р. Ии 27–28 июня, в то время как в районе Тулуна уровень воды в реке продолжал расти и достиг максимальных значений только к 29 июня. В [16] установлено, что повышение уровня воды началось при формировании стока с водосборной площади вблизи Тулуна, а затем на него наложилась волна паводка с верховий реки. Значительному растяжению паводка во времени способствовали сильно разветвленное русло, широкая, местами заболоченная пойма и небольшие уклоны р. Ии на участке после выхода ее с гор до Тулуна. После первого наводнения уровень реки у Тулуна стабилизировался на отметках около 500 см.

В верховьях рек Бирюсы, Уды и Оки превышение критических уровней произошло 26 июня, в их нижние течения паводок пришел только через двое суток — 29 июня. Максимальных значений уровни достигли в верхних течениях Уды и Оки 26 июня, а в нижних — 30 июня и 1 июля.

**Дождевой паводок 27–31 июля 2019 г.** В третьей декаде июля после выпадения в южных районах Приангарья и на Южном Байкале дождей на насыщенные влагой после июньских событий почвогрунты произошло значительное повышение уровней воды в бассейнах левобережных притоков Ангара — Ии, Уды, Бирюсы, Оки, Белой, Китоя, Иркуты, а также на реках Южного Байкала — Солзане, Утулике, Хара-Мурино, Снежной, Слюдянке. Превышены критические уровни воды в Иркуте, Тойсуке, Зиме, Малой Белой, Ие, Оке. Произошло повторное затопление Тулуна. В зоне затопления остановлена работа городской котельной, водозабора, канализационно-насосных станций, закрыта федеральная трасса в районе моста через Ию [17]. Максимальное превышение критических уровней воды в бассейне Ии составило на гидропостах: р. Ия – Тулун — 1125 см (на 425 см выше  $H_{кр}$ ) 31 июля, р. Кирей – пос. Уйгат — 592 см (на 242 см выше  $H_{кр}$ ) 29 июля, р. Икей – с. Икей — 491 см (на 61 см выше  $H_{кр}$ ) 30 июля.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Графики колебания уровней воды на гидропосту р. Ия – Тулун. Анализ колебаний ежедневных уровней воды для гидропоста р. Ия – Тулун за 51 год (1952–1953, 1956–1979, 1982–1986, 1990–1992, 2002–2019 гг.) показал, что обычно здесь проходит от одного до четырех паводков в течение теплого сезона года, чаще два-три. Для большинства лет (29) наивысшие в году подъемы уровней отмечаются дважды: первый в июне, второй — в июле и/или августе. Для семи лет первый паводок приходился на вторую половину мая и, вероятно, имел смешанный генезис, и еще для семи лет значительный подъем уровней отмечался в начале сентября.

Оценить исключительность двукратного затопления в течение одного года позволяет сравнение хода уровней за годы с выдающимися паводками. Такие наводнения с превышением опасного уровня в 850 см зафиксированы в 1937 (нет суточных данных), 1980, 1984, 2006 гг. Сразу два таких случая приходится на 2019 г. (рис. 1). Паводковая обстановка, схожая с ситуацией 2019 г., наблюдалась в 2006 г., когда также прошло два экстремальных паводка — во второй половине июня и во второй половине июля, с предшествующим увлажнением в мае–июне. В 1980 и 1984 гг. отметки  $H_{кр}$  и  $H_{оп}$  были



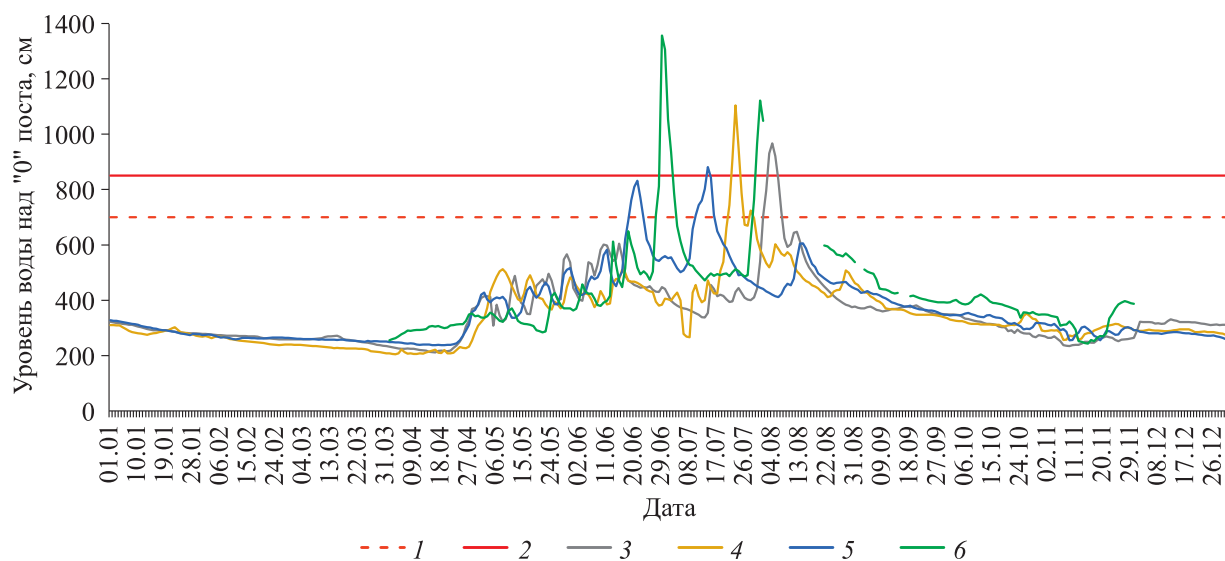


Рис. 1. Графики колебания уровней воды на гидропосту р. Ия – Тулун за годы с выдающимися паводками.

Уровень: 1 – критический, 2 – опасный, 3 – в 1980 г., 4 – в 1984 г., 5 – в 2006 г., 6 – в 2019 г.

превышены однократно во второй половине лета, им предшествовали средние уровни в мае–июне, с постепенным понижением до меженных значений в июле.

**Анализ однородности рядов максимального паводочного стока.** Ряды максимальных расходов паводков были проверены на возможную статистическую неоднородность, привносимую климатическими и/или антропогенными изменениями. Анализ проведен для 19 гидропостов в бассейнах левых притоков Ангары за два периода: от начала наблюдений на гидропостах – до 2017 г., а при наличии данных – до 2018 г., и за период 1960–2017 гг.

Для обоих периодов значимые тренды и неоднородность в рядах максимального паводочного стока отмечены в створах трех гидропостов в бассейне Иркута: р. Иркут – с. Монды, р. Иркут – с. Тибельти, р. Зун-Мурин – улус Зун-Мурин, а также в створе поста р. Уда – дер. Укар. Все значимые тренды отрицательные. Остальные ряды максимальных расходов паводков однородны, значимых трендов нет.

Исходя из наличия данных для семи гидропостов, три из которых в бассейне Ии (р. Ия – пос. Аршан, р. Ия – Тулун и р. Кирей – с. Уйгат), в ряды максимальных расходов были добавлены приближенные значения максимумов 2019 г., восстановленные по кривым  $Q = f(H)$ . Почти все ряды при этом остаются однородными, за исключением ряда для гидропоста р. Ия – пос. Аршан за 1956–2019 гг., где появляется положительный статистически значимый тренд.

**Экстремальные паводочные наводнения в прошлом.** В исторических материалах [11, 12] зафиксировано более 70 случаев паводочных наводнений на левых притоках Ангары. Чаще всего они происходили в июне и июле – 27 и 33 % (соответственно) от всех случаев наводнений (рис. 2, а).

Только в XIX–XX вв. в Тулуне на р. Ие зафиксировано 11 паводочных наводнений: в 1820, 1870, 1906, 1937, 1944, 1952, 1960, 1959, 1962, 1980, 1984 гг.; в Нижнеудинске на р. Уде – 18: в 1754, 1805, 1819, 1820, 1870, 1896, 1903, 1912, 1913, 1925, 1926, 1938, 1940, 1944, 1952, 1960, 1984, 1996 гг. Впервые паводочное наводнение на р. Ие упоминается в 1820 г. Тогда оно произошло на Лене, Ангаре, Иркуте, Ие, Джиде на площади более 150 тыс. км<sup>2</sup> [11]. По охваченной территории, размаху и сценарию прохождения (два паводка – в июне и июле) его можно сопоставить с наводнением 2019 г. Подобное наводнение произошло и в 1870 г.: «...23 июня 1870 г. паводочное наводнение на Ие и Азее, нанесен ущерб крестьянским хозяйствам г. Тулуна. 25 июня – разлилась Бирюса. 20–22 июля – двухсуточный дождь, прибыль воды в Иркуте и Ангаре, затопило мост на Иркуте и луг к Вознесенскому монастырю. В июле наводнения на Уде, Ие, Азее, Оке, Бирюсе, Белой на площади более 100 тыс. км<sup>2</sup>» [11, с. 279].

Паводочные наводнения подобного масштаба не раз происходили на реках левобережья Ангары и в недалеком прошлом. За последние 50 лет наибольший ущерб экономике и населению принесли следующие высочайшие паводки:

– катастрофическое наводнение летом 1971 г., когда только на реках Иркутской области было затоплено 33 населенных пункта, 82 промышленных предприятия, около 700 км автодорог;

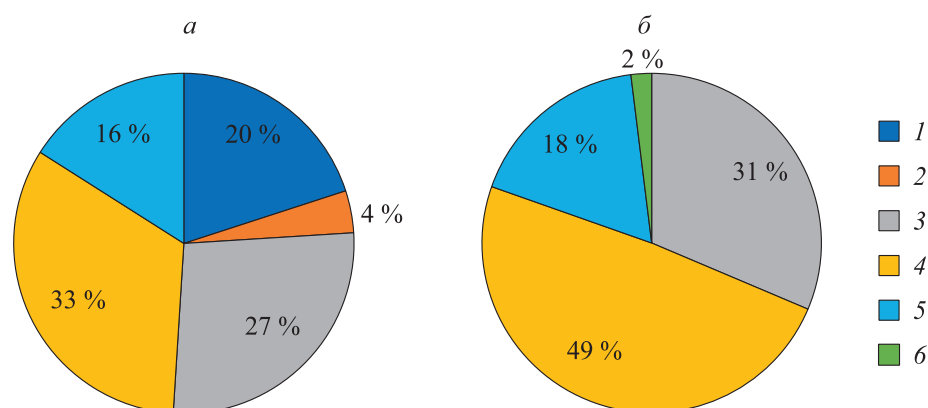


Рис. 2. Распределение паводочных наводнений по месяцам, % от их общего количества за исторический период на левобережных притоках р. Ангары (а), за период наблюдений на гидропостях в бассейне р. Ии (б).

1 — дата неизвестна, 2 — май, 3 — июнь, 4 — июль, 5 — август, 6 — сентябрь.

— наводнение в июле 1984 г. в Тулунском районе. В бассейне р. Ии было затоплено 12 населенных пунктов (в том числе треть площади Тулуна), 5,5 тыс. га пастбищ, около 800 га посевов;

— паводок в июле 1996 г. на р. Уде. Были затоплены Нижнеудинск (60–65 % территории) и 18 населенных пунктов в пойме реки, повреждены 14 мостов, водозаборные сооружения. В бассейне р. Уды площадь затопленных населенных пунктов и сельхозугодий составила 23 км<sup>2</sup>, только в Нижнеудинском районе в зону затопления попали 1200 чел.;

— паводок 7–12 июля 2001 г. От разлива рек Китоя, Иркута, Белой, Ии, Оки и их притоков пострадали многие районы Иркутской области, наиболее сильно — Зиминский район. Затоплено более 150 населенных пунктов с общей численностью 460 тыс. человек, в том числе семь городов, погибли 11 чел., эвакуировано 12 тыс. чел. Ущерб оценен в 1,75 млрд руб. Причиной бедствия стали обильные дожди, превысившие ежемесячную норму за несколько дней.

**Повторяемость наводнений.** Для анализа выбраны 16 гидропостов с ненарушенными рядами наблюдений за уровнями не менее 50 лет. Из них четыре расположены в бассейне р. Ии. При этом в качестве исключения использован гидропост р. Икей — с. Икей в бассейне р. Ии, который имеет период наблюдений 40 лет и пропуски в данных (периоды наблюдений: 1947–1979, 2012, 2014–2019 гг.). На гидропосту р. Ия — пос. Аршан в 1952 г. ряд уровней был нарушен, пост перенесен, поэтому за расчетный принят период с 1952 по 2019 г.

По повторяемости наводнений все гидропосты были разбиты на четыре группы: с редкими (<10 %), со средней повторяемостью (10–30 %), с частыми (30–50 %) и очень частыми наводнениями

Таблица 3

## Показатели величины наводнений на гидропостях

Река — пост	Период наблюдений	$H_{кр}$ , см	Средний подъем уровня над $H_{кр}$ , см	Максимальный подъем уровня над $H_{кр}$ , см	Дата	Число высоких наводнений (случаи/% от всех наводнений)
Бассейн р. Ии						
Ия — пос. Аршан	1942–2019	400	69,4	171	20.07.1984	2/20
Ия — Тулун	1936–2019	700	98,8	687	29.06.2019	6/21
Икей — с. Икей	1947–1979, 2017–2019	430	70,5	178	27.06.2019	1/25
Кирей — с. Уйгат	1950–2019	350	81,8	265	28.06.2019	2/17
Другие левобережные притоки р. Ангары						
Иркут — с. Тибельти	1934–2017	600	80,3	287	27.07.1971	2/25
Китой — с. Раздолье	1954–2019	280	39,8	116	16.07.1966	0/0
Ока — с. Ухтуй	1935–2019	400	80,4	262	09.07.2001	4/14
Уда — Нижнеудинск	1935–2019	320	58,7	187	28.06.2019	2/17
Бирюса — дер. Шиткино	1944–2019	550	73,3	251	05.08.1960	2/6,5

Таблица 4

Продолжительность выдающихся наводнений на гидропосте р. Ия – Тулун

Дата	Максимальный уровень воды, см над «0» поста	Превышение отметки, см		Продолжительность превышения, сут	
		$H_{кр}$ (700 см)	$H_{оп}$ (850 см)	$H_{кр}$ (700 см)	$H_{оп}$ (850 см)
30.07.1937	869	169	19	—	—
03.08.1980	974	274	124	7	3
23.07.1984	1133	433	283	6	3
15.07.2006	899	199	49	6	1
29.06.2019	1387	687	537	6	3
31.07.2019	1125	425	275	4	3

Примечание. Прочерк — нет данных.

(>50 %). Гидростворы двух последних групп дают представление о местоположении участков долин, наиболее подверженных опасности наводнений в окрестностях гидропостов.

В группу с очень частыми наводнениями не попадает ни один из рассмотренных гидропостов. К гидропостам с частыми наводнениями относятся: р. Ока – с. Ухтуй — повторяемость 34 %, р. Ия – Тулун — 33 %, р. Бирюса – с. Шиткино — 41 %. Большинство гидропостов относится к группе со средней повторяемостью.

На 11 гидропостах из 16 за период с 1976 г. по настоящее время повторяемость наводнений уменьшилась по сравнению с более ранним периодом. Еще на трех постах с редкими наводнениями она практически не изменилась (р. Зун-Мурин – улус Зун-Мурин, р. Тагна – с. Хор-Тагна и р. Бирюса – пос. Нерой).

На постах р. Икей – с. Икей (на результат могли повлиять пропуски в данных) и р. Ия – пос. Аршан повторяемость наводнений возросла в 1,3 и 1,2 раза соответственно.

В бассейне р. Ии чаще всего наводнения происходили в июле — 25, в июне было 16 наводнений, в августе — 9 (см. рис. 2, б). На гидропосту р. Ия – Тулун с 1936 по 2019 г. (84 года) произошло 28 наводнений, из них 7 в июне.

**Сила воздействия наводнений и затопляемые населенные пункты.** Сила воздействия наводнения определяется как гидрологическими условиями наводнений, так и морфологией речной долины, и поэтому очень индивидуальна. Так, средний подъем уровня над  $H_{кр}$  на левых притоках Ангары составляет 0,6–0,8 м, а для р. Ии у Тулуна он почти достигает 1 м (табл. 3). Максимальный подъем над  $H_{кр}$  в 6,87 м отмечен на р. Ие у Тулуна в июне 2019 г.

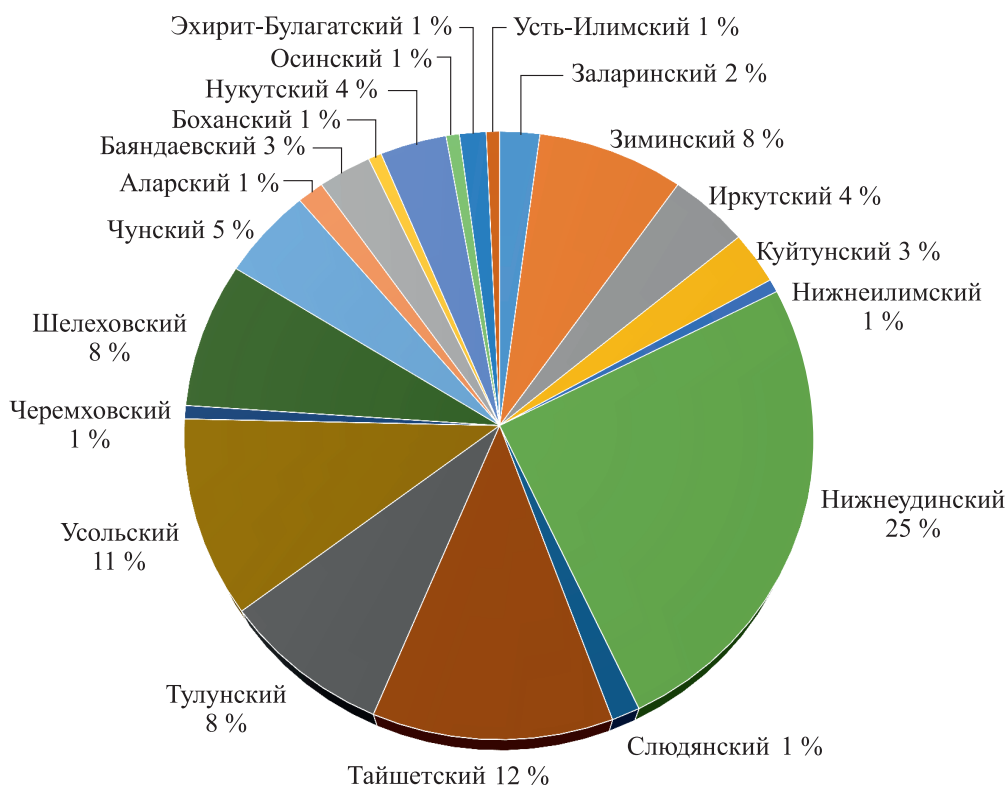


Рис. 3. Распределение периодически затопляемых населенных пунктов в бассейне р. Ангары по административным районам Иркутской области.



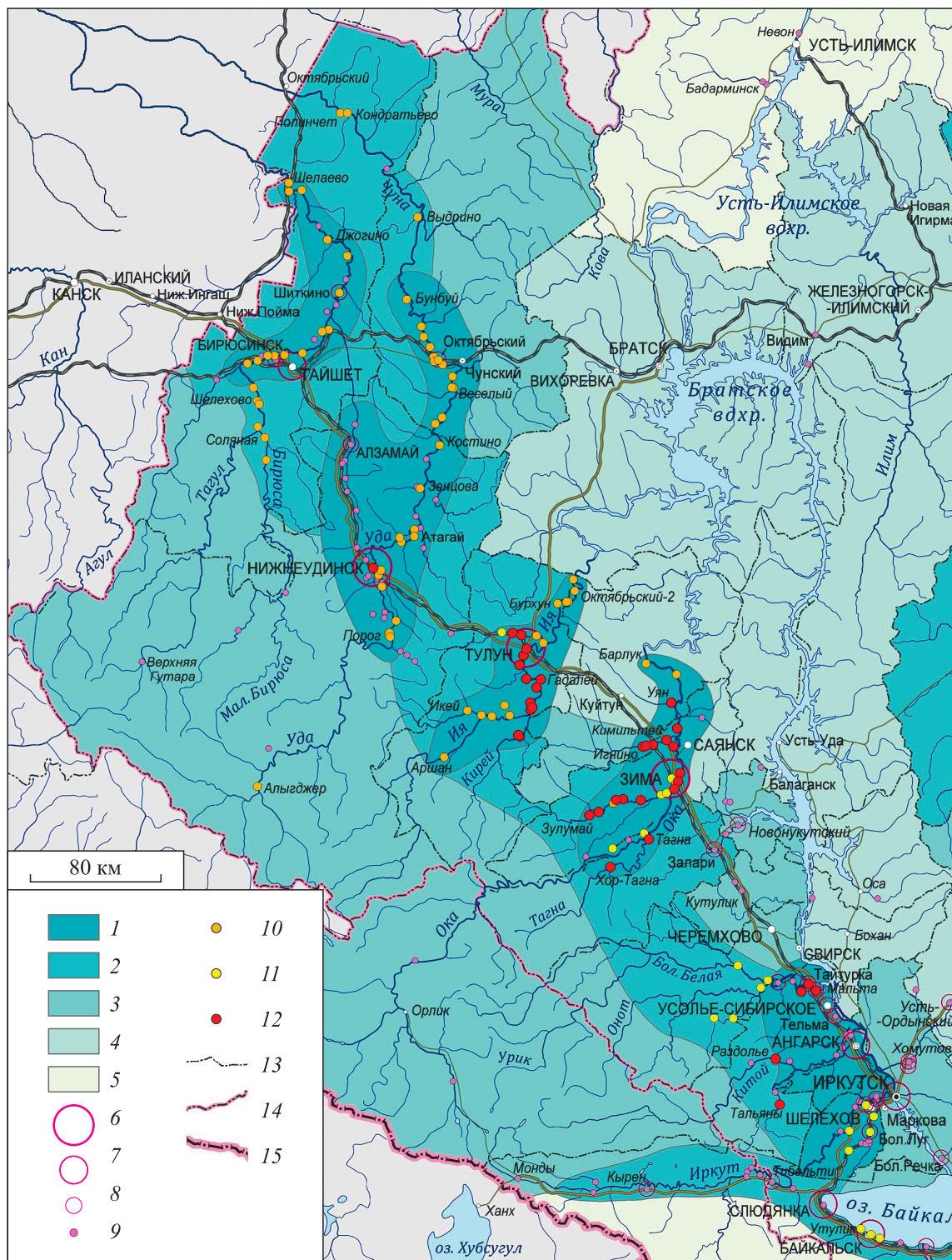


Рис. 4. Опасность наводнений в бассейнах левых притоков Ангары.

Опасность: 1 — очень высокая, 2 — высокая, 3 — средняя, 4 — низкая, 5 — очень низкая, или наводнения отсутствуют. Степень опасности наводнений для населенных пунктов: 6 — очень высокая, 7 — высокая, 8 — значительная, 9 — периодически затопляемые населенные пункты. Населенные пункты, пострадавшие от наводнений 2019 г.: 10 — паводок 26 июня — 2 июля, 11 — паводок 27 июля — 1 августа, 12 — оба паводка. Границы: 13 — административных районов, 14 — Иркутской области, 15 — государственная.

Особый интерес вызывает анализ высоких наводнений — с поднятием уровня на 1,5 м выше  $H_{кр}$ . Такие наводнения на левых притоках Ангары достаточно редки: 1–2 за период наблюдений. Их наибольшее количество отмечено на р. Ие у Тулуна — 6 случаев, на р. Оке у с. Ухтуй — 4 случая.

Средняя продолжительность паводочных наводнений на левых притоках Ангары в 2001–2019 гг. составила 1–3 сут, в том числе на гидропостах р. Ия — Тулун — 3,2 сут, р. Китой — с. Раздолье — 1, р. Ока — с. Ухтуй — 2,8, р. Уда — Нижнеудинск 2, р. Бирюса — дер. Шиткино — 2,4 сут. Максимальная продолжительность была зафиксирована во время наводнений с превышением  $H_{оп}$  на гидропосту р. Ия — Тулун в 2006 г., в июне 2019 г. она составила 6 сут, в июле 2019 г. — 4 сут (табл. 4). Продолжительность стояния опасных уровней  $H_{оп}$  в 2006 г. — 1 сут, в июне 2019 г. — 4, в июле 2019 г. — 3 сут.

Сравнительный анализ космоснимков, опубликованных на сервисе Google Earth с датами съемки в пик паводка и в меженный период, показал, что площадь затопленных земель в районе Тулуна и с. Казаково в пик паводка составила около 14,7 км<sup>2</sup> (12 км<sup>2</sup> в границах Тулуна и 2,7 км<sup>2</sup> в районе с. Казаково). Аналогичный анализ космоснимков позволил установить площадь затопления в районе Нижнеудинска — около 9,5 км<sup>2</sup>, в районе пос. Вознесенского — 0,8 км<sup>2</sup>. В районе г. Зимы затоплена окраина города с территорией бывшего гидролизного завода, очистные сооружения водоотведения, золоотвалы ТЭЦ-3 и другие хозяйственные объекты.

Наибольшее количество затопляемых населенных пунктов в бассейне Ангары находится в Нижнеудинском, Тайшетском, Усольском, Тулунском, Шелеховском и Зиминском районах (рис. 3). Эти районы расположены в бассейнах левых притоков Ангары, берущих начало в горах и предгорьях Восточного Саяна. В указанных бассейнах опасности затопления подвергаются 137 населенных пунктов [10], в том числе города Тулун, Нижнеудинск, Иркутск, Зима, Ангарск, Шелехов. В 2019 г. во время паводков здесь было затоплено около 160 населенных пунктов, из них 27 в Тулунском районе.

**Картирование опасности наводнений.** С учетом затоплений лета 2019 г. уточнена опасность наводнений в пространственном аспекте для муниципальных образований Иркутской области в бассейнах левых притоков Ангары. При этом мы исходили из двойственного (социально-экономического и природного) характера наводнений [3]. Максимальная опасность наводнений существует для наиболее населенных и хозяйственно освоенных предгорных территорий в среднем и нижнем течении рек Бирюсы, Уды, Оки, Ии, Белой, Китоя, Иркуты. Основная причина наводнений здесь — это дождевые и смешанные (с наложением дождей на снеготаяние в горах) паводки. С учетом особенностей расположения и уровня хозяйственного развития территорий наибольшей опасности затопления подвержены Нижнеудинск и Тулун, высокой — Зима, Тайшет, Иркутск, значительной — Ангарск, Шелехов, Бирюсинск, дер. Шиткино и др. (рис. 4).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Катастрофические паводки летом 2019 г. в бассейнах левых притоков Ангары обусловлены в первую очередь крупномасштабными синоптическими и гидроклиматическими факторами: формированием на обширной территории мощного малоподвижного циклона и выпадением экстремальных осадков на предварительно увлажненную поверхность водосборов. Другие факторы — антропогенные, подстилающей поверхности и пр., — играли второстепенную роль и могли создать дополнительные негативные условия при прохождении огромных объемов паводочных вод на разных реках в зависимости от локальных особенностей. Вырубка леса на водосборах, распашка, строительство дорог и сооружений в поймах могли способствовать увеличению максимальных расходов и уровней воды, а уменьшение пропускной способности русел в результате непродуманного строительства дамб, плотин и мостов, замусоривания и закорчевывания русел — к подпору и дополнительному подъему уровней при той же водности. Однако в данном случае, по сравнению с выпавшими осадками, вклад этих факторов был мал.

Гидрологическая ситуация 2019 г. очень редкая по размаху (превышены исторические максимумы уровней воды в районе Тулуна и Нижнеудинска) и последствиям (26 погибших и огромные разрушения). Тем не менее катастрофические наводнения подобного масштаба происходили здесь и раньше, как в историческом прошлом с момента освоения земель, так и на рубеже XX и XXI вв. Тулун затопляется регулярно с момента его основания. Свое название, которое переводится с бурятского как «кожаный мешок», город получил из-за расположения на излучине реки, огибающей его подобно мешку. Неудачное расположение города играет негативную роль при прохождении паводков. Июнь-



ские паводочные наводнения здесь достаточно распространены, и наводнение в конце июня 2019 г. не является в этом отношении исключительным. Хотя такие катастрофические последствия в Тулуне наблюдались впервые, не уникальной оказалась и ситуация с двумя значительными паводками в течение летнего сезона.

Однозначно связать произошедшее событие с глобальными изменениями климата нельзя. В целом годовое количество осадков на территории не увеличивается [18], даже с учетом обилия осадков в 2018–2019 гг. [16]. Тем не менее значительный вклад в повышение экстремальности осадков и, как следствие, увеличение экстремальности паводочного стока может вносить меридиональный перенос, роль которого в последние годы возросла [19, 20]. Однако в настоящее время изменения максимального паводочного стока в основном незначимы, даже с учетом максимумов 2019 г. Его существенное уменьшение, отмеченное на нескольких створах, связано, по всей видимости, с маловодным периодом, наблюдавшимся на реках Приангарья и Южного Байкала на рубеже XX и XXI вв. [3]. Это же подтверждается и уменьшившейся повторяемостью наводнений с 1976 по 2019 г. по сравнению с более ранним периодом, в том числе и для р. Ии у Тулуна. Закончившийся маловодный период ознаменовался в 2019 г. катастрофическими паводками с максимальным ущербом в бассейнах Ии и Уды. Однако мы можем ожидать повторения подобных событий и в других бассейнах Приангарья на левых притоках Ангары (Иркут, Белая, Китой, Ока и др.), а также в бассейнах Лены и Южного Байкала.

На паводкоопасных территориях, наряду с комплексом стандартных мероприятий по снижению риска наводнений и их последствий, на государственном уровне необходимо решить вопрос о создании в горах сети автоматизированных осадкомеров и уровнемеров, оборудованных системой удаленной передачи данных для обеспечения своевременного и точного прогноза наводнений. Нужно настроить работу местных органов самоуправления и МЧС так, чтобы при прогнозе чрезвычайных ситуаций она была четко выстроена на «опережение» паводка и начиналась с заблаговременного информирования, убеждения и подготовки населения.

*Работа выполнена в рамках темы государственного задания (АААА–А17–117041910172–4).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Цена** наводнения. Interfax-Russia.ru (23 авг. 2019 г.) [Электронный ресурс]. — <http://www.interfax-russia.ru/Siberia/view.asp?id=1058665> (дата обращения 26.09.2019).
2. **Мисюркеев Ю.А., Марасанов М.Г., Кичигина Н.В.** Риск затопления и подтопления Иркутской области и анализ ущербов от них // Водные ресурсы Байкальского региона: проблемы формирования и использования на рубеже тысячелетий: Материалы науч.-практ. конф. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 1998. — С. 127–128.
3. **Кичигина Н.В.** Опасность наводнений на реках Байкальского региона // География и природ. ресурсы. — 2018. — № 2. — С. 41–51.
4. **Кичигина Н.В., Корытный Л.М.** Районирование Восточной Сибири по опасности наводнений // География и природ. ресурсы. — 1997. — № 3. — С. 40–50.
5. **Korytny L.M., Kichigina N.V.** Geographical analysis of river floods and their causes in southern East Siberia // Hydrological Sciences Journ. — 2006. — N 51 (3). — P. 450–464.
6. **Ресурсы** поверхностных вод СССР / Под ред. В.Г. Симова. — Л.: Гидрометеиздат, 1972. — Т. 16, вып. 2. — 586 с.
7. **Кичигина Н.В.** Динамика характеристик стока рек бассейна Ангары на фоне региональных климатических изменений // География и природ. ресурсы. — 2010. — № 2. — С. 69–74.
8. **Центр** регистра и кадастра [Электронный ресурс]. — <http://gis.vodinfo.ru> (дата обращения 02.11.2019).
9. **Автоматизированная** информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [Электронный ресурс]. — <https://gmvo.skniivh.ru> (дата обращения 26.09.2019).
10. **Схемы** комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) для крупных речных бассейнов [Электронный ресурс]. — <http://skiovo.enbv.ru/> (дата обращения 13.12.2019).
11. **Задонина Н.В., Леви К.Г.** Хронология природных и социальных феноменов в Сибири и Монголии. — Иркутск: Изд-во Ирк. ун-та, 2008. — 759 с.
12. **Зайков Б.Д.** Высокие половодья и паводки на реках СССР за историческое время. — Л.: Гидрометеиздат, 1954. — 135 с.
13. **Наводнение** в Тулуне: хронология катастрофы [Электронный ресурс]. — <https://tulun.life/navodnenie-v-tulune-hronologiya-katastrofy> (дата обращения 29.09.2019).
14. **Тулун.** Официальный сайт администрации городского округа муниципального образования «Город Тулун» [Электронный ресурс]. — <http://www.tulunadm.ru/news/2771.html> (дата обращения 26.09.2019).

15. **Иркутский** потоп: кто виноват и что делать [Электронный ресурс]. — <http://babr24.com/irk/?IDE=190447> (дата обращения 10.07.2019).
16. **Шаликовский А.В., Лепихин А.П., Тиунов А.А., Курганович К.А., Морозов М.Г.** Наводнения в Иркутской области 2019 года // Водное хозяйство России. — 2019. — № 6. — С. 48–65.
17. **Наводнение** в Иркутской области (2019) [Электронный ресурс]. — <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 15.09.2019).
18. **Максютова Е.В., Кичигина Н.В., Воропай Н.Н., Балыбина А.С., Осипова О.П.** Тенденции гидроклиматических изменений на Байкальской природной территории // География и природ. ресурсы. — 2012. — № 4. — С. 72–80.
19. **Osipova O.P., Osipov E.Y.** Relationship between recent climate change, ablation conditions of glaciers of the East Sayan Range, Southeastern Siberia, and atmospheric circulation patterns // Environmental Earth Science. — 2015. — Vol. 74 (3). — P. 1947–1956.
20. **Кононова Н.К.** Флуктуации глобальной циркуляции атмосферы в XX–XXI вв. // Сложные системы. — 2016. — № 1 (18). — С. 22–37.

*Поступила в редакцию 08.03.2020*

*После доработки 01.04.2020*

*Принята к публикации 25.06.2020*