

Н.В. КИЧИГИНА*, А.А. РЫБЧЕНКО*, **, А.А. ЮРЬЕВ*, **

*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, nkichigina@mail.ru, rybchenk@crust.irk.ru, antonyrevgeo@mail.ru

**Институт земной коры СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия, rybchenk@crust.irk.ru, antonyrevgeo@mail.ru

ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕВЫХ ПАВОДКОВ В СЛЮДЯНСКОМ РАЙОНЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Изучены основные гидроклиматические факторы формирования дождевых и селевых паводков, определено пространственное распределение опасности наводнений различного генезиса на территории Слюдянского района Иркутской области. Выполнен анализ максимальных уровней воды на шести гидропостах сети Росгидромета за 2001–2022 гг. Определены все случаи наводнений, когда были превышены значения критических уровней, соответствующие началу затопления. Для лет с наводнениями оценены паводкообразующие осадки и особенности циркуляции атмосферы. Определено, что наибольшую опасность представляют паводочные и селевые наводнения в Хамар-Дабанской приустьевой зоне. Селевые процессы здесь имеют наибольшее развитие, опасности подвергаются города Слюдянка и Байкальск, а также шлам-накопители закрытого Байкальского целлюлозно-бумажного комбината. В 2001–2022 гг. наводнения были зафиксированы на трех гидропостах в 2001, 2005 и 2019 гг. Наводнения в 2001 и 2019 гг. были паводочного генезиса, в 2005 г. — смешанного снегово-дождевого. Экстремальные осадки (до 200 мм за сутки и более, по данным метеостанции Хамар-Дабан), наряду с предшествующим увлажнением территории при меридиональной циркуляции атмосферы, являются основным фактором формирования здесь паводков и селей. Предгорные метеостанции отражают климат лишь прибрежной полосы. Наиболее репрезентативными для значительной части речных бассейнов являются данные высокогорной (1442 м над ур. моря) метеостанции Хамар-Дабан, где выпадает почти вдвое больше осадков, чем на предгорной территории. Эта разница в количестве выпавших осадков не учитывается при анализе данных наблюдений на метеостанциях, расположенных на предгорных территориях. Поэтому для горных водосборов актуально создание наблюдательной сети в высокогорных областях, где формируются дождевые паводки и селевые потоки, особенно там, где в предгорной части расположены населенные пункты.

Ключевые слова: селевые потоки, дождевые паводки, паводкоформирующие осадки, уровень воды, горные реки, Слюдянский район.

N.V. KICHIGINA*, A.A. RYBCHENKO*, **, A.A. YURIEV*, **

*V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, nkichigina@mail.ru, rybchenk@crust.irk.ru, antonyrevgeo@mail.ru

**Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk, ul. Lermontova, 128, Russia, rybchenk@crust.irk.ru, antonyrevgeo@mail.ru

HYDROCLIMATIC FEATURES OF MUD FLOOD FORMATION IN THE SLYUDYANSKY DISTRICT OF IRKUTSK OBLAST

The main hydroclimatic factors of rainfall and mud flood formation have been studied, and the spatial distribution of flood hazard of various genesis has been determined within the territory of the Slyudyansky district of Irkutsk oblast. The maximum water levels at six hydroposts of the Roshydromet network for 2001–2022 have been analyzed. All flood cases with the excess of critical levels corresponding to the onset of flooding have been identified. Flood-forming precipitation and atmospheric circulation features have been assessed for years with floods. It has been determined that the greatest danger is posed by rainfall and mud floods in the Khamar-Daban estuary zone. Mudflow processes are most developed here, and the towns of Slyudyanka and Baikalsk, as well as the sludge storage facilities of the closed Baikal Pulp and Paper Mill, are at risk. In the 2001–2022 period, floods were recorded at three hydroposts in 2001, 2005 and 2019. The floods in 2001 and 2019 were of rainfall genesis, and in 2005 — mixed snow and rain. Extreme precipitation (up to 200 mm per day or more, according to the Khamar-Daban weather station), along with previous humidification of the territory during the meridional circulation of the atmosphere, are the main factors in the formation of rainfall floods and mudflows here. Foothill weather stations reflect the climate of only the coastal strip.

The most representative data for a significant part of the river basins are the data of the high-mountain (1442 m above sea level) Khamar-Daban weather station, where almost twice as much precipitation falls as in the foothill territory. This difference in the amount of precipitation is not taken into account when analyzing observation data from weather stations located in the foothill territories. Therefore, for mountain catchments, it is important to create an observation network in high-mountain areas where rain floods and mudflows are formed, especially where settlements are located in the foothills.

Keywords: mudflows, rainfall floods, flood-forming precipitation, water level, mountain rivers, Slyudyansky district.

ВВЕДЕНИЕ

Слюдянский район является самым селеопасным муниципальным образованием в Иркутской области. Селевые потоки могут привести к серьезной экологической катастрофе, поскольку шламно-накопители Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК), расположенные в непосредственной близости от акватории оз. Байкал, в настоящий момент заполнены.

В Слюдянском районе наибольшее развитие селевые процессы имеют на горных реках северного склона хр. Хамар-Дабан и в меньшей степени — на склонах Олхинского плоскогорья, вдоль трассы Кругобайкальской железной дороги (КБЖД). Сели здесь обладают большой разрушительной силой, могут носить катастрофический характер и приводить к значительным ущербам.

Первые сведения о селевых паводках на Хамар-Дабане (в связи с разрушением ими железнодорожной станции) относятся к 1915 г. Селевые паводки 1927 г. на реках южного Байкала на 14 дней остановили железнодорожное движение. В 1932, 1934, 1938, 1960, 1962 гг. сели снесли часть домов и произвели другие разрушения в г. Слюдянке. Самым разрушительным был катастрофический селевой паводок 1971 г., вызванный июльскими дождями. 26 июля на метеостанции Хамар-Дабан за сутки выпало 260 мм осадков — наивысший суточный максимум за весь период наблюдений, его обеспеченность составила менее 1 % [1]. Мощные селевые потоки прошли практически по всем водотокам Юго-Западного Прибайкалья. Были разрушены постройки и мосты на КБЖД. Семь дней не работала Транссибирская железнодорожная магистраль, 20 км путей было разрушено, повреждены несколько мостов, федеральная автодорога, линия кабельной связи [2].

После катастрофических паводков и селей 1971 г. селевая активность на водотоках Южного Прибайкалья резко снизилась. Последующие десятилетия характеризовались длительным селевым затишьем. За это время в бассейнах рек скопилось большое количество материала, который при изменении гидроклиматической ситуации может стать твердой фазой селей. В случае выпадения экстремального количества атмосферных осадков может произойти активизация селевых процессов, способных нанести существенный ущерб объектам инфраструктуры Слюдянского района и картам-шламонакопителям (объекты размещения отходов) БЦБК.

После закрытия БЦБК в 2013 г. на его территории остались объекты, представляющие экологическую опасность. За годы работы комбинат накопил и складировал на берегу оз. Байкал, по разным данным, от 5,67 до 6,2 млн м³ отходов [3, 4] в 14 картах-шламонакопителях общей площадью более 150 га. Основным видом отходов является шлам-лигнин. Совместное складирование шлам-лигнина с промышленными и бытовыми отходами привело к изменению его физико-химических свойств [4]. Отходы производства БЦБК хранятся на двух полигонах — Солзанском и Бабхинском. Карты Солзанского полигона расположены в непосредственной близости (0,3–0,7 км) от оз. Байкал по берегам р. Большой Осинówki и по левому берегу р. Малой Осинówki. Бабхинский полигон находится между реками Утулик и Бабха.

Основным экологическим риском для экосистемы оз. Байкал в районе полигонов БЦБК, наряду с загрязнением подземных вод, является возможность возникновения катастрофического селевого потока, способного вынести все отходы БЦБК в озеро, разрушив при этом железнодорожные и автомобильные пути [4]. Помимо этого, возможны ущербы, связанные с разрушением других промышленных предприятий Слюдянского района, инфраструктуры городов и поселков, шахт, автомобильной и железной дороги федерального значения.

Участившиеся в последние годы экстремальные дождевые паводки и наводнения на реках Иркутской области свидетельствуют о том, что маловодный период, наблюдавшийся на реках в бассейнах Ангары и южного Байкала с конца 1990-х — начала 2000 гг., заканчивается и можно ожидать повторения экстремальных паводков в ближайшие годы. В 2019 и 2023 гг. прошли селевые паводки на ряде рек северного склона хр. Хамар-Дабан. Они спровоцировали природно-техногенные процессы в долинах рек, вызвали разрушение инженерных объектов. В 2019 г. произошло заполнение водой карт-накопителей БЦБК. Селевой поток изменил русло р. Большой Осинówki, которая находится

ближе всего к картам-накопителям Солзанского полигона. Однако катастрофических последствий удалось избежать.

Изучение гидроклиматических условий формирования селевых паводков, которые часто носят катастрофический характер, позволит спрогнозировать их поведение. Цель работы — на основе комплексного подхода изучить климатические и гидрологические условия, необходимые для формирования дождевых и селевых паводков на реках района. Для достижения поставленной цели рассмотрено пространственное распределение наводнений разного генезиса на территории района; на селеопасных реках Хамар-Дабана выполнен анализ дождевых паводков и паводкообразующих осадков за 2001–2022 гг.; выполнен анализ циркуляции атмосферы в годы формирования паводков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для анализа экстремальных характеристик стока за 2001–2022 гг. послужили данные о ежедневных уровнях воды в теплый период года ГИС-портала Центра Регистра и Кадастра [5], Автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов [6] и Росгидромета [7] о критических уровнях воды ($H_{кр}$). Исходной информацией для оценки характеристик экстремальных атмосферных осадков стали многолетние ряды суточных сумм осадков [7]. Использованы данные о колебаниях циркуляции атмосферы Северного полушария в XX — начале XXI в. [8].

На первом этапе было выполнено картирование Слюдянского района по опасности наводнений и определены территории, наиболее опасные с точки зрения формирования паводочных наводнений и селей. Для составления карты использовались справочные материалы Государственного водного кадастра, данные об ущербе в результате затоплений, схема социально-экономических условий, карта опасных геоморфологических процессов, карта типов земель [9].

Опасность наводнений обусловлена их генезисом, повторяемостью, силой воздействия, величиной ущерба, возможностью и целесообразностью прогнозирования опасной ситуации. Интегральная опасность наводнений определяется различным сочетанием указанных характеристик. Согласно классификации наводнений А.Б. Авакяна, выделено четыре класса опасности: I — малая, II — средняя, III — высокая, IV — очень высокая [10]. На территории Слюдянского района определены зоны с разной степенью опасности наводнений.

Количественным показателем начала наводнения на гидропостах сети Росгидромет был принят $H_{кр}$, при котором в окрестностях гидропоста происходит выход воды на пойму со значительным затоплением сельскохозяйственных угодий и частичным — населенных пунктов, что соответствует II классу опасности наводнений. Были проанализированы ряды ежедневных уровней воды на реках в теплый период (с июня по сентябрь) за 2001–2022 гг., выявлены все случаи экстремальной водности с превышением $H_{кр}$.

Для горной территории района во время паводков характерно быстрое стекание дождевых вод (первые сутки после выпадения осадков), активное развитие эрозионных процессов и создание условий для образования селей. Формирование селевых потоков зависит от величины и изменчивости характеристик стока воды и наносов. А те, в свою очередь, обусловлены величиной и интенсивностью выпадения атмосферных осадков. Период с мая по сентябрь является наиболее опасным с точки зрения образования дождевых паводков и селей. Формирование и характер прохождения ливневых паводков в горах часто определяют максимумы суточных осадков [2, 9, 11].

Для всех случаев наводнений (превышение $H_{кр}$) выполнен анализ паводокоформирующих осадков: проанализированы осадки за год; за паводкоопасный сезон (с мая по сентябрь); осадки за один и два месяца до начала паводка, которые характеризуют предварительное увлажнение водосбора; суточные максимумы; накопленные суточные суммы осадков перед наводнением.

Особенности циркуляции атмосферы определяют характер погоды и выпадение осадков. Рассмотрены типы циркуляции атмосферы в годы наводнений на основе типизации Б.Л. Дзержевского [12], в соответствии с которой атмосферная циркуляция количественно выражается числом дней с различными элементарными циркуляционными механизмами (ЭЦМ). Типу погоды при конкретном ЭЦМ соответствуют определенные режим и степень увлажнения территории. Наиболее опасной для формирования селей является погода при меридиональных ЭЦМ, когда происходит прорыв южных циклонов, обеспечивающих наиболее значительные ливни. Самыми экстремальными являются ЭЦМ 12а и 13л. В настоящее время происходит увеличение суммарной продолжительности макроциркуляционных процессов, обеспечивающих межширотный обмен воздушных масс, что приводит к росту экстремальных осадков, наводнений и опасных экзогенных процессов [13–16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Опасность наводнений на территории Слюдянского района. Для рек данного района характерно повышение уровней и расходов воды во время весенних половодий (в результате таяния снежного покрова и ледников) и летних дождевых паводков. Половодья происходят в апреле и мае, паводки — в июле, реже в августе. Максимумы дождевых паводков существенно преобладают над максимумами половодья как по абсолютной величине, так и по их количеству в выборке годовых максимумов (табл. 1) и наиболее опасны для формирования наводнений. Паводочные наводнения наносят наибольший ущерб, поскольку имеют здесь широкое распространение, значительную повторяемость и высокую (от нескольких часов) скорость формирования [10]. Прохождение паводков часто усугубляется селями.

На территории Слюдянского района по опасности наводнений выделено четыре зоны (табл. 2, рис. 1). Наибольшую опасность представляют паводочные и селевые наводнения в Хамар-Дабанской приустьевой зоне. Она включает самые густонаселенные и хорошо освоенные приустьевые участки русел рек северного склона хр. Хамар-Дабан. Преобладающей причиной наводнений в этой зоне является высокая повторяемость летних дождевых паводков, с которыми связаны наводнения III–IV классов опасности, периодически усугубляемые селями. Селевые процессы здесь имеют наибольшее развитие и характеризуются преимущественно сильной и очень сильной степенью опасности. Наводнениям подвергаются города Слюдянка, Байкальск, пгт Култук, с. Утулик и другие населенные пункты. Ущербы от наводнений вследствие достаточно высокой освоенности территории могут быть значительными. Не исключены половодные наводнения I–II классов опасности.

Анализ дождевых паводков и паводкоформирующих осадков. Проанализированы ежедневные уровни на шести селе- и паводооопасных реках Слюдянского района на гидропостах: Снежная — пос. Выдрино, Хара-Мурин — пос. Мурино, Солзан — г. Байкальск, Харлахта — г. Байкальск, Слюдянка — г. Слюдянка, Похабиха — г. Слюдянка. За период 2001–2022 гг. критический уровень начала затопления в результате дождевых паводков был превышен на трех гидропостах в 2001, 2005 и 2019 гг. (табл. 3). Для всех прошедших паводков был характерен стремительный подъем и такой же быстрый спад уровней (рис. 2).

Таблица 1

Соотношение максимумов половодья и паводков в рядах максимальных расходов воды

Река — пункт	Продолжительность периода наблюдений, лет	Максимумы половодья			Паводочные максимумы		
		Кол-во	Абсолютное значение, м ³ /с	П/п в ранжированном ряду годовых максимумов	Кол-во	Абсолютное значение, м ³ /с	П/п в ранжированном ряду годовых максимумов
Снежная — пос. Выдрино	63	11	565	22	52	1610	1
Хара-Мурин — ст. Мурино	59	10	232	33	49	1270	1
Утулик — ст. Утулик	58	9	438	6	49	1010	1
Безымянная — ст. Мангутай	38	5	46,1	12	33	268	1
Слюдянка — г. Слюдянка	31	1	3,13	24	30	92	1
Похабиха — г. Слюдянка	38	6	6,49	6	32	20,2	1
Иркут — с. Тибельти	32	1	508	30	31	2960	1

Таблица 2

Классы опасности наводнений по районам Слюдянского района

Название зоны	Генезис наводнений	Класс опасности наводнений
Хамар-Дабанская приустьевая	Паводочные, селевые	III–IV
	Наледные	II
	Половодные	I–II
Хамар-Дабанская горно-таежная	Паводочные, селевые	II
	Селевые	II–III
	Паводочные, наледные	I–II
Участок КБЖД	Селевые, паводочные,	II–III
	Половодные	I
Тибельтинско-Быстринская		

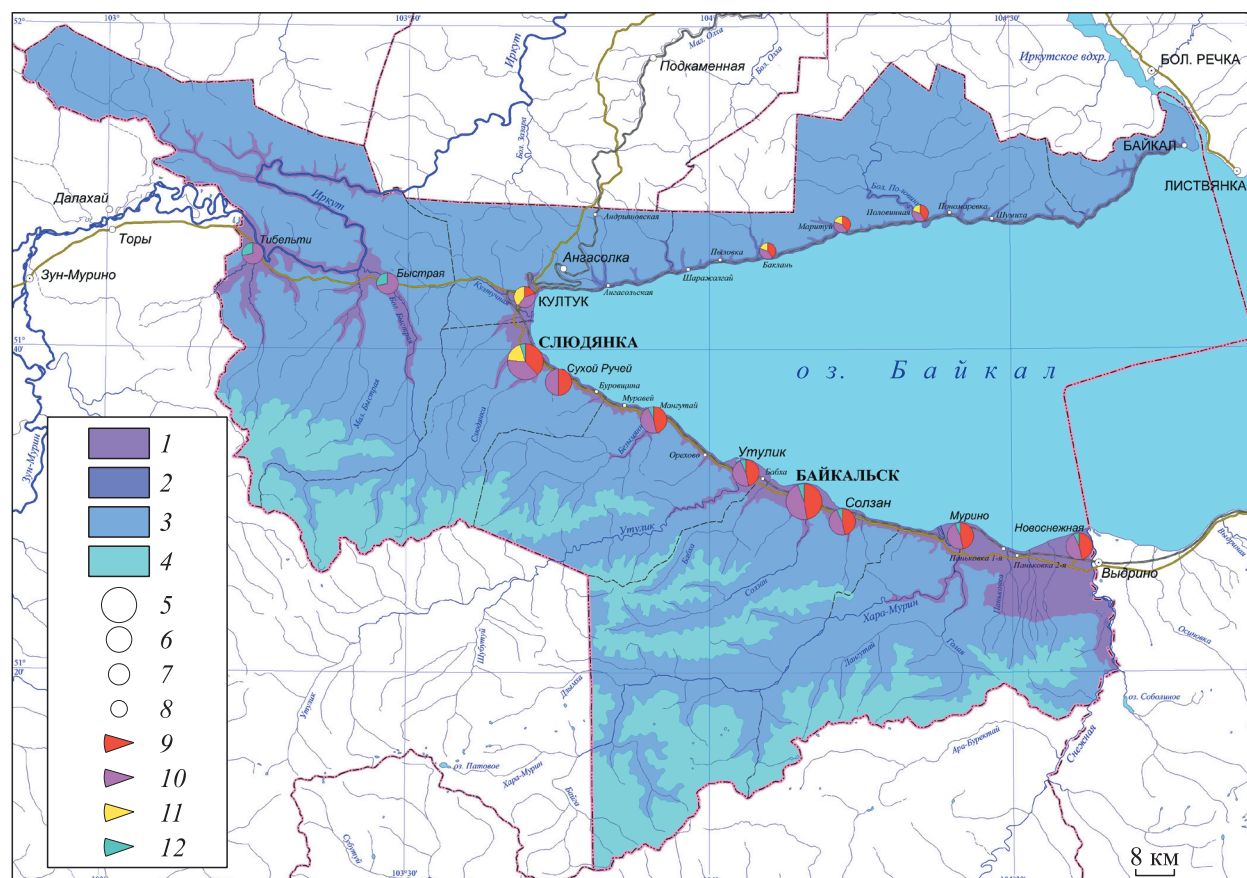


Рис. 1. Опасность наводнений Слюдянского района Иркутской области.

Опасность наводнений: 1 — высокая, 2 — средняя, 3 — малая, 4 — наводнения отсутствуют. Опасность наводнений в населенных пунктах: 5 — высокая, 6 — значительная, 7 — средняя, 8 — малая. Генезис наводнений: 9 — селевые, 10 — паводочные, 11 — наледные, 12 — половодные.

При формировании дождевых паводков и селей основное значение имеют условия выпадения атмосферных осадков и их распределение по территории и во времени. Наибольшее количество осадков в году в Слюдянском районе выпадает в летние месяцы, когда преобладает циклонический характер погоды. Сумма осадков за июнь–август составляет от 50 до 75 % годовой суммы. Кроме этого, в период июньских дождей в горах еще сохраняются запасы снега.

Обильные летние осадки в Прибайкалье часто связаны с выходами монгольских циклонов. При стационарировании циклона в южных районах выпадают многодневные дожди, которые вызывают паводки на реках [17, 18]. Наиболее экстремальными типами циркуляции атмосферы, по типизации Б.Л. Дзердзеевского [12], являются ЭЦМ 12а и 13л, с которыми связаны обильные осадки, наводнения, сели и оползни в Сибири. Элементарный циркуляционный механизм 12а — самый турбулентный

Таблица 3

Случаи значительных паводочных наводнений на гидропостах Слюдянского района за теплый период 2001–2020 гг.

Река – гидропост	$H_{кр}$, см	Случаи наводнений		
		дата	максимальный уровень, см	продолжительность наводнения, дни
Снежная – пос. Выдрино	390	08.07.2001	440	1
		13.06.2005	450	1
Солзан – г. Байкальск	400	28.07.2019	422	1
Слюдянка – г. Слюдянка	290	28.07.2019	322	2

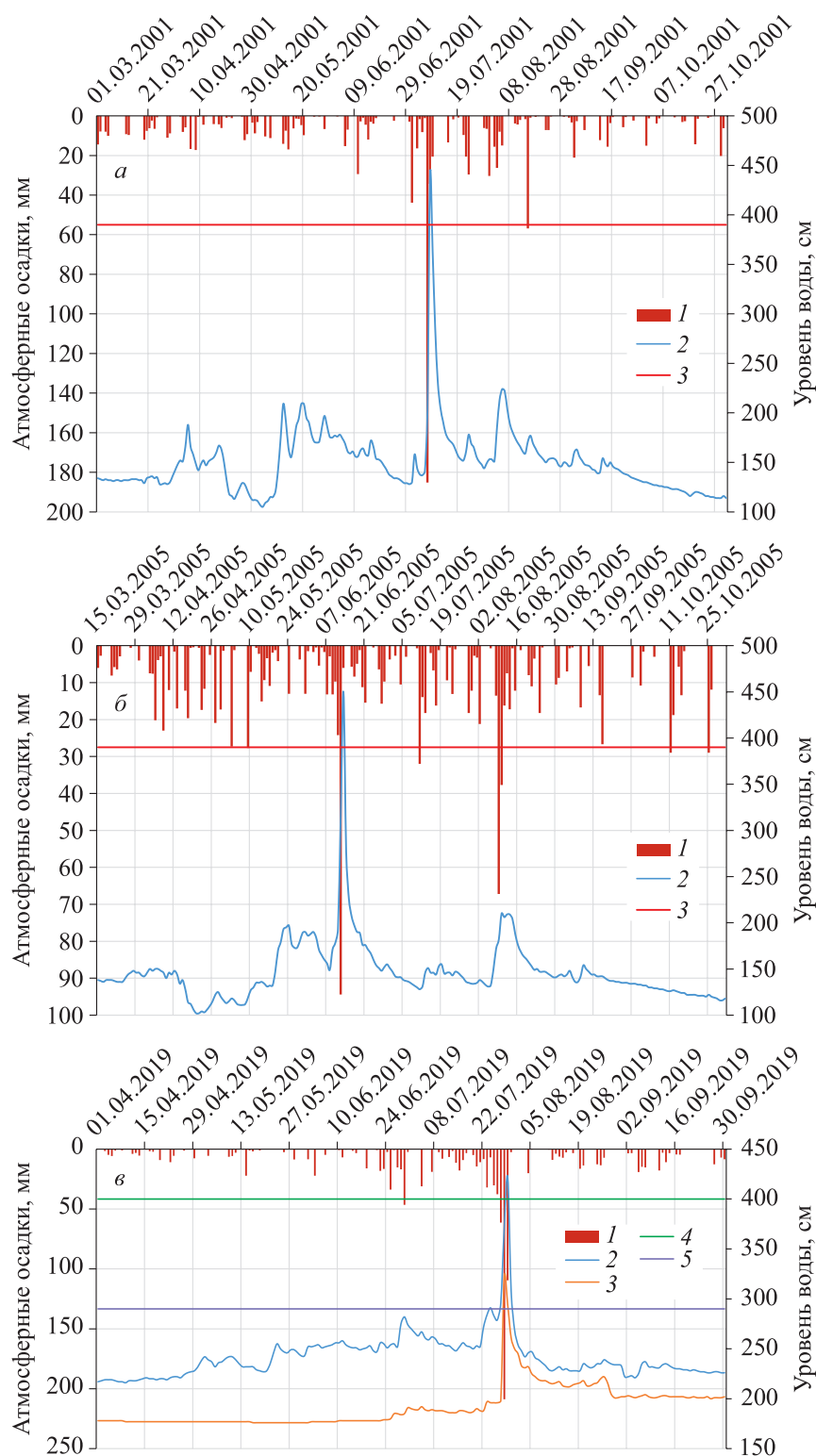


Рис. 2. Гидрографы уровней воды и атмосферные осадки в годы с наводнениями 2001 (а), 2005 (б) и 2019 (в).

2001 г.: 1 — осадки на метеостанции Хамар-Дабан, 2 — гидропост р. Снежная — пос. Выдрино, 3 — $H_{кр}$, см.
 2005 г.: 1 — осадки на метеостанции Хамар-Дабан, 2 — гидропост р. Снежная — пос. Выдрино, 3 — $H_{кр}$, см.
 2019 г.: 1 — осадки на метеостанции Хамар-Дабан, 2 — гидропост р. Солзан — г. Байкальск, 3 — гидропост р. Слюдянка — г. Слюдянка, 4 — $H_{кр}$ для гидропоста р. Солзан — г. Байкальск, 5 — $H_{кр}$ для гидропоста р. Слюдянка — г. Слюдянка.

макропроцесс в Северном полушарии, зональный перенос при нем практически отсутствует. При ЭЦМ 13л южные циклоны выходят на Дальний Восток, циклоны с монгольской ветви полярного фронта — на Забайкалье и Восточную Сибирь [14].

В формировании атмосферных осадков в горных районах большую роль играют местные факторы. Так, по данным наблюдений Росгидромета, за период 1962–2006 гг. среднегодовое количество осадков на предгорной метеостанции в г. Байкальске (478 м над ур. моря) составило 775 мм, а на высокогорной метеостанции Хамар-Дабан (1442 м над ур. моря) — 1394 мм, т. е. осадков здесь выпало в 1,8 раза больше. Среднегодовое количество осадков за теплый период с мая по сентябрь в Байкальске составляет 567 мм, а на метеостанции Хамар-Дабан — 989 мм (в 1,7 раза больше). Суточный максимум осадков, зафиксированный во время катастрофических селевых паводков 26 июля 1971 г., составил в Байкальске 197 мм, а на метеостанции Хамар-Дабан — 260 мм (в 1,3 раза больше). Данные метеостанций Слюдянка, Байкальск и др. отражают климат лишь узкой прибрежной полосы. Наиболее репрезентативными для значительной части речных бассейнов являются данные высокогорной (1442 м) метеостанции Хамар-Дабан, поэтому она выбрана для анализа. Для оценки среднегодовое значений использован период наблюдений 1936–2022 гг.

При наводнении в июле 2001 г., когда на гидропосту р. Снежная — пос. Выдрино был превышен $H_{кр}$, на метеостанции Хамар-Дабан годовые осадки и осадки за теплый период (май–сентябрь) характеризовались величинами несколько ниже среднегодовое (89 и 87 % от нормы) (табл. 4, см. рис. 2, а). Осадки за предшествующие паводку месяцы — май и июнь — были ниже среднегодовое значений (79 и 44 % от нормы). В июле (месяц наводнения) их количество было в 1,5 раза выше нормы. Суточный максимум осадков зафиксирован накануне наводнения (7 июля) и составил 185,2 мм. Согласно данным [8], с конца мая господствовала меридиональная циркуляция атмосферы с преобладанием ЭЦМ 13л. В июне было 22 дня с ЭЦМ 13л. С 24 июня до пика паводка наблюдался ЭЦМ 13л. Интенсивные осадки начались 1 июня и продолжались практически непрерывно вплоть до пика паводка, за восемь дней выпало 291 мм осадков.

Во время наводнения 16 июня 2005 г., когда было превышение $H_{кр}$ на гидропосту р. Снежная — пос. Выдрино, на метеостанции Хамар-Дабан годовые осадки и осадки за теплый период (май–сентябрь) были близки к среднегодовое значениям (104 и 93 % от нормы соответственно) (см. рис. 2, б). Осадков за апрель выпало 200,3 мм при среднегодовое значении 95,5 мм, т. е. в два раза больше нормы. В мае и июне количество осадков также превышало норму — 110 и 132 %. Суточный максимум осадков в июне был зафиксирован за четыре дня до пика наводнения и составил 94,4 мм. В период с апреля по июнь преобладали разные типы циркуляции атмосферы, однако ЭЦМ 12а не был отмечен, а тип 13л наблюдался всего несколько дней. Непрерывные осадки начались 2 июня и продолжались до 13 июня — пика паводка. За эти дни выпало 173 мм осадков. Максимальное суточное количество осадков выпало за день до пика (12 июня) и составило 94,4 мм. С учетом того что, по данным метеостанции Хамар-Дабан, среднегодовое дата схода снежного покрова — 7 июня, самая поздняя дата схода — 7 июля (1972 г.), и, принимая во внимание наличие в 2005 г. значительных снегозапасов, можно сделать вывод, что наводнение 13 июня 2005 г. было смешанного генезиса — с наложением дождей на снеготаяние.

В конце июля 2019 г. произошло превышение $H_{кр}$, наводнение наблюдалось на двух гидропостах (см. табл. 3). На ряде рек (Харлахта, Осиновка, Солзан и др.) прошли селевые потоки. В 2019 г. на

Таблица 4

Характеристика паводкоформирующих осадков в годы с наводнениями

Год	Количество осадков, мм					Суточный максимум			
	за год/ среднее за весь период	за теплый период (май–сентябрь)/ среднее за весь период	за месяц			июнь, за все годы/ дата	июнь/дата	июль, за все годы/ дата	июль/дата
			май/сред- нее за весь период	июнь/сред- нее за весь период	июль/сред- нее за весь период				
2001	1238/1387	859/982	103/130	85/194	430/280	207,8/ 20.06.1960	29,4/ 10.06.2001	260/ 26.07.1971	185,2/ 07.07.2001
2005	1445/1387	912/982	143/130	256/194	164/280		94,4/ 12.06.2005		32,0/ 11.07.2005
2019	1520/1387	1160/982	59/130	218/194	638/280		46,5/ 29.06.2019		208,8/ 28.07.2019

метеостанции Хамар-Дабан годовые осадки и осадки за теплый период (V–IX месяцы) характеризовались величинами несколько выше среднееголетних значений (110 и 118 % от нормы). Осадки за июнь, июль и — в меньшей степени — за май характеризуют предварительное увлажнение водосбора перед паводками 27–30 июля (табл. 4). В мае осадков выпало существенно ниже нормы, в июне они были близки к среднееголетнему значению. Количество выпавших осадков в июле было в 2,3 раза выше нормы и составило 638 мм. При этом 28 июля был зафиксирован второй по величине суточный максимум за весь период наблюдения — 208,8 мм. В период с мая по июль в Северном полушарии преобладала меридиональная циркуляция атмосферы. Элементарные циркуляционные механизмы 12а и 13л наблюдались приблизительно в половине дней этих трех месяцев. Перед паводком, 12–15 и 19–24 июля, был ЭЦМ 13л, 25–26 июля — 12а. В этот же период отмечались практически непрерывные интенсивные осадки, за 17 дней перед пиком паводка выпало 466 мм осадков (см. рис. 2, в).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наводнения в июле 2001 и 2019 гг. были следствием современного характера циркуляции атмосферы. В эти периоды преобладала меридиональная циркуляция атмосферы и выпали экстремальные по величине и продолжительности дожди, в то время как наводнение в июне 2005 г. было сформировано преимущественно при зональных типах атмосферной циркуляции, менее экстремальных осадках и носило смешанный генезис (снегово-дождевой). Сложившийся в последние годы характер атмосферной циркуляции способствует увеличению экстремальных осадков, дождевых паводков и селей.

Главными факторами, определяющими формирование экстремальных паводков и сход селей (наряду с наличием в бассейнах рек запасов валунно-галечного материала для формирования твердой фазы), являются обильные летние осадки. Всем рассмотренным наводнениям предшествовал продолжительный период с дождями (от 8 до 17 дней), обеспечивший предварительное увлажнение подстилающей поверхности. В конце этого периода, накануне наводнений, выпадали экстремальные по величине суточные осадки (до 200 мм/сут).

В высокогорной части хр. Хамар-Дабан осадков почти в два раза больше, чем на предгорной территории. Эта разница в количестве выпавших осадков остается неучтенной при использовании данных метеостанций, расположенных на предгорных территориях. Поэтому для горных водосборов актуально создание наблюдательной сети в высокогорных областях, где происходит зарождение и формирование дождевых паводков и селевых потоков, особенно там, где в предгорной части расположены населенные пункты.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (24–27–20059).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Научно-прикладной** справочник по климату СССР. Сер. 3: Многолетние данные. — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — Ч. 1–6, вып. 22. — 590 с.
2. **Государственный** доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2010 году». — Иркутск: Росгидрофонд, 2012. — 409 с.
3. **Росатом**. Проекты в сфере экологии. Рекультивация территории ОАО «Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат» [Электронный ресурс]. — <https://rosatom.ru/production/ekologicheskie-resheniya> (дата обращения 15.10.2024).
4. **Государственный** доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2016 году». — Иркутск: Изд-во Иркут. науч. центра хирургии и травматологии, 2017. — 374 с.
5. **Информационная** система по водным ресурсам и водному хозяйству бассейнов рек России // ГИС-портал Центра Регистра и Кадастра [Электронный ресурс]. — <http://gis.vodinfo.ru> (дата обращения 11.09.2024).
6. **Автоматизированная** информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [Электронный ресурс]. — <https://gmvo.skniivh.ru> (дата обращения 29.03.2024).
7. **Всероссийский** научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) [Электронный ресурс]. — <http://meteo.ru/data> (дата обращения 01.09.2024).
8. **Колебания** циркуляции атмосферы Северного полушария в XX — начале XXI века [Электронный ресурс]. — <https://atmospheric-circulation.ru> (дата обращения 01.09.2024).
9. **Экологически** ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Слюдянский район / Отв. ред. А.Н. Антипов, Е.Г. Суворов. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. — 142 с.

10. **Кичигина Н.В.** Картографирование опасности наводнений (на примере Слюдянского района Иркутской области) // Атласное картографирование: традиции и инновации: сб. науч. трудов по материалам X науч. конференции (Иркутск, 22–24 октября 2015 г.). — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2015. — С. 114–115.
11. **Макаров С.А.** Сели Прибайкалья. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2012. — 111 с.
12. **Дзердзеевский Б.Л.** Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии. — М., 1968. — 240 с. — (Материалы метеорологических исследований. Циркуляция атмосферы / Междувед. геофиз. комитет при Президиуме АН СССР).
13. **Кононова Н.К.** Флуктуации глобальной циркуляции атмосферы в XX–XXI вв. // Сложные системы. — 2016. — № 1 (18). — С. 22–37.
14. **Кононова Н.К.** Влияние циркуляции атмосферы Северного полушария на формирование стихийных бедствий на территории России в XXI веке // Геориск. — 2014. — № 3. — С. 22–27.
15. **Караваяев В.А., Воскова А.В., Буланов С.А., Семиноженко С.С., Аджиев А.Х., Кондратьева Н.В.** Экстремальные экзогенные процессы в бассейне Черёка Балкарского в 2009–2014 годах // Геориск. — 2012. — № 4. — С. 18–23.
16. **Мальнева И.В., Кононова Н.К.** Активность селей на территории России и ближнего зарубежья в XXI веке // Геориск. — 2012. — № 4. — С. 48–54.
17. **Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Девятова Е.В., Мордвинов В.И.** Динамические процессы в атмосфере, обуславливающие аномалии осадков в Восточной Сибири и Монголии в летний период // Фундаментальная и прикладная климатология. — 2018. — № 1. — С. 10–27.
18. **Лощенко К.А., Латышева И.В.** Региональные особенности синоптических процессов на территории Иркутской области в 2000–2013 гг. // Изв. Иркут. ун-та. Сер. Науки о Земле. — 2015. — Т. 11. — С. 38–54.

Поступила в редакцию 21.10.2024

После доработки 02.12.2024

Принята к публикации 10.03.2025