

ГЕОГРАФИЯ ЗА РУБЕЖОМ

УДК 551.311

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-3(173-179)

А.Р. МЕДЕУ, В.П. БЛАГОВЕЩЕНСКИЙ, Т.С. ГУЛЯЕВА, С.У. РАНОВА

Институт географии Министерства образования и науки Республики Казахстан,
050010, Алматы, ул. Пушкина, 99, Казахстан, ingeo_2009@mail.ru, victor.blagov@mail.ru,
tamara.gulyayeva@mail.ru, sandu2004@mail.ru

СЕЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ В ЗАИЛИЙСКОМ АЛАТАУ В XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ

Рассматривается селевая активность в Заилийском Алатау с 1900 г. Приводятся характеристики условий селеформирования и сведения о наиболее крупных селях. Изучена межгодовая и внутригодовая изменчивость селевой активности, которая охарактеризована количеством селей в год и суммарным объемом вынесенного обломочного материала. За период с 1900 по 2017 г. зафиксирован 481 селя. Выявлено, что среди генетических типов селей преобладают дождевые и гляциальные (87 % от общего числа селей). На долю других генетических типов (снеговые, сейсмические и антропогенные) приходится 13 %. Большая часть селей имеет дождевой генезис (71 % от общего количества дождевых и гляциальных селей). Установлено, что на долю гляциальных селей приходится 79 % объема вынесенного обломочного материала. Объемы самых крупных селей, как гляциальных, так и дождевых, превышают 1 млн м³. Сели такого объема составляют 3 % от общего количества, но ими вынесено 70 % обломочного материала. Доля мелких селей с объемом менее 10 тыс. м³ составляет 74 %, но на них приходится всего 3 % объема селевых отложений. Наблюдения показали, что самые ранние сели сходили во второй декаде марта, самые поздние — в первой декаде сентября. В распределении количества селей по датам схода выделяются два максимума: один — во второй декаде июня, второй — во второй декаде июля. Июньский максимум связан с дождевыми селями, июльский — с гляциальными. С 1950 по 2017 г. было всего 5 (7 %) лет, когда не было ни одного селя. Четыре из них пришлись на 2010-е гг. Количество лет с дождевыми селями составило 55 (81 %), а с гляциальными — 39 (57 %).

Ключевые слова: *внутригодовая и межгодовая изменчивость селевой активности, селевые катастрофы.*

A.R. MEDEU, V.P. BLAGOVESHCHENSKIY, T.S. GULYAYEVA, S.U. RANOVA

Institute of Geography, Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan,
050010, Almaty, Pushkin St., 99, Kazakhstan, ingeo_2009@mail.ru, victor.blagov@mail.ru,
tamara.gulyayeva@mail.ru, sandu2004@mail.ru

DEBRIS FLOW ACTIVITY IN TRANS-ILI ALATAU IN THE 20TH – EARLY 21ST CENTURIES

We examine the debris flow activity in Trans-Ili Alatau since 1900 till the present. Characteristics of the debris flow formation conditions and data on the largest debris flows are presented. A study is made of the interannual and intra-annual variability of debris flow activity. The debris flow activity was characterized by the number of debris flows in a year, and by the total volume of debris transported. For the period from 1900 to 2017 we recorded 481 debris flows. It was found that the genetic types of debris flows are dominated by rain-induced and glacial flows (87 % of the total number of debris flows). The other genetic types (snow-caused, seismogenic and anthropogenic) account for 13 %. Most of the debris flows have a rain genesis (71 % of the total number of rain-induced and glacial debris flows). Glacial debris flows account for 79 % of the volume of debris transported. The volumes of the largest debris flows, both glacial and rain-induced, exceed one million cubic meters. They make up 3 % of the total number of debris flows but they transported 70 % of debris. Small debris flows with a volume of less than 10 thousand cubic meters, in terms of their number, constitute 74 %; however, they account for a mere 3 % of the volume of debris flow deposits. Observations indicate that the earliest debris flows occurred in the second ten-day period of March, and the latest occurred in the first ten-day period of September. The distribution of the number of debris flows according to the dates of their occurrence clearly shows two maxima: one maximum in the second ten-day period of June, and the other maximum in the second ten-day period of July. The June maximum is due to rain precipitation, and the July maximum is associated with glacial debris flows. From 1950 to 2017

there were only 5 (7 %) years without any debris flows. Four of them corresponded to the 2010s. The number of years with rain-induced and glacial debris flows was 55 (81 %) and 39 (57 %), respectively.

Keywords: *interannual and intra-annual variability of debris flow activity, debris flow disasters.*

ВВЕДЕНИЕ

Селевая активность представляет собой важный показатель селевой опасности. Ей уделяется большое внимание при оценке природных условий горных районов [1–6].

Заилийский Алатау выделяется среди других горных районов Казахстана очень сильной селевой опасностью. В то же время его предгорья — это самый густонаселенный район страны. Здесь расположен крупный мегаполис — г. Алматы — с населением более 2 млн чел. В истории города было несколько случаев селевых катастроф с большим материальным ущербом и многочисленными человеческими жертвами.

Благодаря наличию противоселевой службы в Заилийском Алатау собран обширный фактический материал о селях. Достоверные сведения имеются с 1900 г., а наиболее полные и подробные с 1950 г. Эти данные позволяют изучить закономерности изменений селевой активности в течение длительного периода времени.

В данном исследовании селевой активности региона использованы материалы научных публикаций [7–15] и архивные данные Казгидромета и Казселезащиты, обобщенные в работе [16].

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Заилийский Алатау — самый северный хребет Северного Тянь-Шаня. Он вытянут вдоль 43° с. ш. между 76 и 78° в. д. На современных топографических картах, издаваемых в Республике Казахстан, он называется Иле Алатау. Протяженность хребта с запада на восток — 135 км. Его северный склон расчленен долинами рек (с запада на восток) Узын Каргалы, Чемолган, Каскелен, Аксай, Каргалы, Улкен Алматы, Киши Алматы, Талгар, Есик и Турген. Подножие хребта находится на высоте 1000–1100 м над ур. моря. Средняя высота водораздела — около 4000 м над ур. моря. Высшая точка — пик Талгар (4973 м).

Все перечисленные речные бассейны имеют современные ледники, концы которых расположены на высоте 3500–3600 м над ур. моря. Современные морены с погребенными льдами опускаются на 100–150 м ниже. Как и во всем мире, ледники сокращаются. Ежегодно их площадь уменьшается почти на 1 % [17]. На месте отступивших ледников образуются озера. В среднегорной зоне в интервале высот от 1500 до 2800 м над ур. моря распространены еловые леса. Низкогорная зона занята горными степями с кустарником и лиственным лесом. Высокогорная зона от 2800 до 3200 м над ур. моря занята альпийскими лугами. Выше распространены каменные россыпи.

Среднее годовое количество осадков на предгорной равнине составляет 626 мм. С высотой количество осадков увеличивается и составляет: в низкогорной зоне 700–800 мм, в среднегорной — 800–900, в высокогорной — 900–1000 мм.

Средняя годовая температура воздуха на предгорной равнине составляет 9 °С, в низкогорной зоне — 7–9, в среднегорной зоне — 1–7, в высокогорной зоне — <1–7 °С. Нулевая изотерма проходит на высоте 2750 м над ур. моря.

Чаще всего причины схода селей — сильные дожди (дождевые сели) и прорывы приледниковых озер (гляциальные сели). Дождевые сели обычно формируются, когда суточная сумма осадков превышает 40 мм. Катастрофические сели сходят, если сумма осадков превышает 70 мм. Гляциальные сели отмечаются в период максимальной абляции ледников. В это время максимальные суточные температуры воздуха в ледниковой зоне превышают 15 °С.

ИСТОРИЧЕСКИЕ СЕЛИ

1841 г. Катастрофические селевые потоки прошли по многим рекам Заилийского Алатау в 1841 г., но сведения о них дошли до нас только в виде устных преданий [7]. Из местного населения, проживавшего тогда на территории нынешнего города Алматы, после прохождения селей уцелело не более 10 %.

8 июля 1921 г. Самый крупный селевой поток ливневого генезиса в Заилийском Алатау прошел по р. Киши Алматы. Этот случай получил название «Алматинская катастрофа». Причиной образования селя послужил сильный дождь со слоем осадков более 70 мм. Объем выносов превысил 2 млн м³

[7]. Селем была уничтожена юго-восточная часть города Алма-Ата. Погибло более 500 чел. В этот день крупные сели прошли по всем рекам Заилийского Алатау.

8 июля 1950 г. Ливневые сели наблюдались на нескольких реках бассейна р. Улкен Алматы. Тогда в центре дождя за 1 ч выпало 60 мм осадков [16]. В долине Улкен Алматы были разрушены водозаборы каскада ГЭС и поселок, 10 км дороги и ЛЭП. Погибло много скота. Имелись человеческие жертвы.

20 августа 1951 г. В этот день по долине р. Киши Алматы прошел первый крупный сели гляциального генезиса. До этого считалось, что в Заилийском Алатау опасны только ливневые сели [16]. Сели сформировались на морене ледника Туйыксу. Объем выносов составил 20 тыс. м³, расход — 30 м³/с [10]. Сели разрушил мосты по долине Киши Алматы.

7 августа 1956 г. На морене ледника Туйыксу в долине р. Киши Алматы сформировался гляциальный сели объемом 1,1 млн м³ с расходом до 1000 м³/с [10]. Помимо больших разрушений он сопровождался человеческими жертвами.

7 июля 1963 г. В бассейне р. Есик при прорыве озера под ледником Жарсай образовался гляциальный сели, который с расходом до 12 000 м³/с обрушился в завальное оз. Есик. В результате переполнения озера завальная плотина была разрушена, и вниз по долине р. Есик промчался повторный сели с расходами более 1000 м³/с. Объем селя составил 5,8 млн м³ [16]. Он произвел значительные разрушения. Погибло много людей, отдыхавших вокруг озера.

Для предотвращения столь серьезных последствий гляциальных селей в 1966 г. началось строительство дамбы в урочище Медеу для защиты г. Алматы от селей, формирующихся в бассейне р. Киши Алматы. Строительство плотины было завершено в 1972 г., и уже в 1973 г. она спасла город от разрушения.

15 июля 1973 г. В этот день прорвалось озеро объемом более 200 тыс. м³ под ледником Туйыксу. Стоявшая под мореной Туйыксу габионная плотина была рассчитана на задержание паводка объемом всего 35 тыс. м³. За 5 мин плотина была прорвана и селевой поток, увеличиваясь в размерах, устремился вниз по долине. Его расход достигал 10 000 м³/с, а объем — 3,8 млн м³ [9]. Селехранилище Медеу было заполнено почти доверху, но плотина устояла. В дальнейшем ее высота была увеличена, и емкость селехранилища составила 12,6 млн м³. Теперь плотина может удержать три селя, подобных селю 1973 г.

3 августа 1977 г. По долине р. Улкен Алматы прошел катастрофический гляциальный сели. Причиной образования селя послужил прорыв озера № 13-бис под ледником Советов. Объем озера перед прорывом составлял 96,4 тыс. м³ [11]. Сели сформировался в расположенном ниже селевом врезе Кумбелсу длиной 1000 м и глубиной до 150 м. Сели вышел в русло р. Улкен Алматы и достиг вершины предгорного конуса выноса. По территории г. Алматы прошел наносоводный паводок. Из-за последовавших после прохождения селя обрушений бортов селевого вреза в период с 5 по 31 августа по руслу Улкен Алматы сформировались еще девять селей меньшего объема, вызванных обрушениями неустойчивых бортов селевого вреза. Максимальный расход селя достигал 11 000 м³/с. Объем селевых отложений составил 4,24 млн м³. Селевым потоком разрушены мосты и дорога Алматы–Космостанция, ЛЭП, водопровод, повреждены гидротехнические сооружения каскада ГЭС. Были человеческие жертвы.

21 июня 1979 г. В бассейне р. Средний Талгар произошел прорыв озера под ледником Спортивный. Объем озера составлял 82 тыс. м³. Прорыв произошел подземным путем. Расход селя достигал 340 м³/с. Объем селевых отложений составил 113 тыс. м³ [14]. Селем полностью уничтожен альпинистский лагерь «Талгар», который так и не был восстановлен.

23 июля 1980 г. В бассейне р. Каскелен было прорвано озеро № 16 под ледником № 25, в результате чего сформировался гляциальный сели. Прорыв произошел подземным путем. Объем прорывного паводка составил 220 тыс. м³. Расход селевого потока достигал 580 м³/с. Объем вынесенного селем рыхлообломочного материала равен 2 млн м³ [16].

6 июля 1993 г. Гляциальный сели прошел по р. Талгар. Причиной его образования послужил подземный прорыв озера в бассейне р. Средний Талгар под ледником Безымянный. Объем озера составлял около 100 тыс. м³. Расход селевого потока достигал 2000 м³/с. Объем селя составил 2 млн м³ [16]. Селем повреждены дороги, водопровод и ЛЭП.

14 июля 1999 г. Дождевой сели прошел по левому притоку р. Киши Алматы — руч. Беделбай. Его причиной стал сильный дождь, во время которого выпало 106 мм осадков. Грязекаменный поток с расходом до 200 м³/с вышел в русло р. Киши Алматы. Объем селя составил около 30 тыс. м³ [16]. Им были разрушены мосты и дорога Алматы–Медеу, водопровод, газопровод и ЛЭП.

6 июля 2006 г. По р. Улкен Алматы прошел дождевой сель, сформировавшийся в бассейне р. Кумбелсу — правого притока р. Улкен Алматы. Причиной образования селя был ливень со слоем осадков 51 мм. Расход селя достигал $800 \text{ м}^3/\text{с}$. Объем составил около 1 млн м^3 [16]. Селем разрушены мосты и дорога Алматы–Космостанция. В ущелье оказались заблокированы 50 человек, которых пришлось эвакуировать вертолетом.

17 июля 2014 г. Произошел подземный прорыв озера под ледником Солнечный в бассейне р. Средний Талгар. Сель вышел в русло р. Средний Талгар и дошел до селезадерживающей плотины. Объем селевых отложений в селехранилище перед плотиной составил 300 тыс. м^3 [16]. Было повреждено несколько домов, дорога, ЛЭП.

23 июля 2015 г. По р. Каргалы прошел гляциальный сель, образовавшийся в результате подземного прорыва озера под ледником Каргалинский. Объем озера составлял 325 тыс. м^3 . Объем прорывного паводка равнялся 260 тыс. м^3 [16]. Сель дошел до селезадерживающей плотины. В селехранилище отложилось около 50 тыс. м^3 рыхлообломочного материала, поверх которого накопилось около 100 тыс. м^3 воды. Сброс воды через шлюзы плотины происходил с расходом до $30 \text{ м}^3/\text{с}$, что привело к формированию вторичного селя ниже плотины. Этим селем были нанесены повреждения жилым зданиям, дороге, ЛЭП. Пришлось эвакуировать более тысячи человек. На ликвидацию последствий потребовалось более 10 млн долл. США.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЛЕЙ

Распределение количества селей по их объему. При анализе селевой активности все сели были разделены на пять категорий по масштабности проявления: очень крупные сели с объемом более 1 млн м^3 и расходом более $10\,000 \text{ м}^3/\text{с}$; крупные сели с объемом от 100 тыс. до 1 млн м^3 и расходом от 1000 до $10\,000 \text{ м}^3/\text{с}$; средние сели с объемом от 10 до 100 тыс. м^3 и расходом от 100 до $1000 \text{ м}^3/\text{с}$; небольшие сели с объемом от 1 до 10 тыс. м^3 и расходом от 10 до $100 \text{ м}^3/\text{с}$; мелкие сели с объемом менее 1000 м^3 и расходом менее $10 \text{ м}^3/\text{с}$.

Анализ селевой активности выполнялся только для селей с объемом более 1000 м^3 , поскольку мелкие сели не представляют большой опасности. Кроме того, такие сели регистрировались только в том случае, если они наносили хоть какой-нибудь ущерб, поэтому данные о них неполные. С 1900 г. в Заилийском Алатау зарегистрирован 481 сель с объемом более 1000 м^3 . Из них 364 (76 %) селя были дождевыми, а 117 (24 %) — гляциальными. Общее количество очень крупных селей равняется 9 (2 %), крупных — 24 (5 %), средних — 92 (19 %), небольших — 356 (74 %). Таким образом, сели с объемом более 10 тыс. м^3 , способные нанести значительный ущерб, составляют 26 % от всего количества. Только девять селей (менее 2 %) были очень крупными, но на их долю приходится большая часть нанесенного ущерба и человеческих жертв. Из них семь (77 %) были гляциальными.

Внутригодовое распределение селей. Самые ранние сели сходили во второй декаде марта, самые поздние — в первой декаде сентября. В общем распределении количества селей по датам схода выделяются два максимума: первый — во второй декаде июня (35 случаев), второй — во второй декаде июля (49 случаев). Июньский максимум количества селей связан с дождевыми селями, июльский — с гляциальными.

Сезонные различия повторяемости дождевых и гляциальных селей особенно хорошо проявляются по количеству лет, в которых они наблюдались в ту или иную декаду (рис. 1). За 118 лет наблюдений в первой декаде апреля дождевые сели отмечались пять раз (повторяемость 1 раз в 20 лет). Их максимум повторяемости приходится на первую декаду июня (43 % лет). Довольно часто дождевые сели наблюдаются и в остальные декады июня и июля (от 25 до 30 %). Это связано не столько с количеством осадков, выпадающих в эти месяцы, сколько с их интенсивностью. Максимальная месячная сумма осадков в Заилийском Алатау приходится на май, но именно в июне и в июле отмечается максимум суточных сумм, который может превышать 100 мм. Дождевые сели в Заилийском Алатау обычно сходят, когда за сутки выпадает более 40 мм осадков. В августе, в связи с уменьшением общего количества осадков и интенсивности их выпадения, повторяемость дождевых селей уменьшается до 5–10 %.

Период образования гляциальных селей ограничен первой половиной июня и первой половиной сентября. Четко выраженный максимум их повторяемости приходится на вторую декаду июля (42 %). Это связано с тем, что июль — самый теплый месяц. В это время наблюдается интенсивная абляция открытых частей ледников, что приводит к переполнению ледниковых озер и усилению термокарстовых процессов на озерных перемычках, в результате чего происходят их просадки или образование подземных каналов стока воды из озер. Все это увеличивает вероятность прорыва ледниковых озер и формирования гляциальных селей.

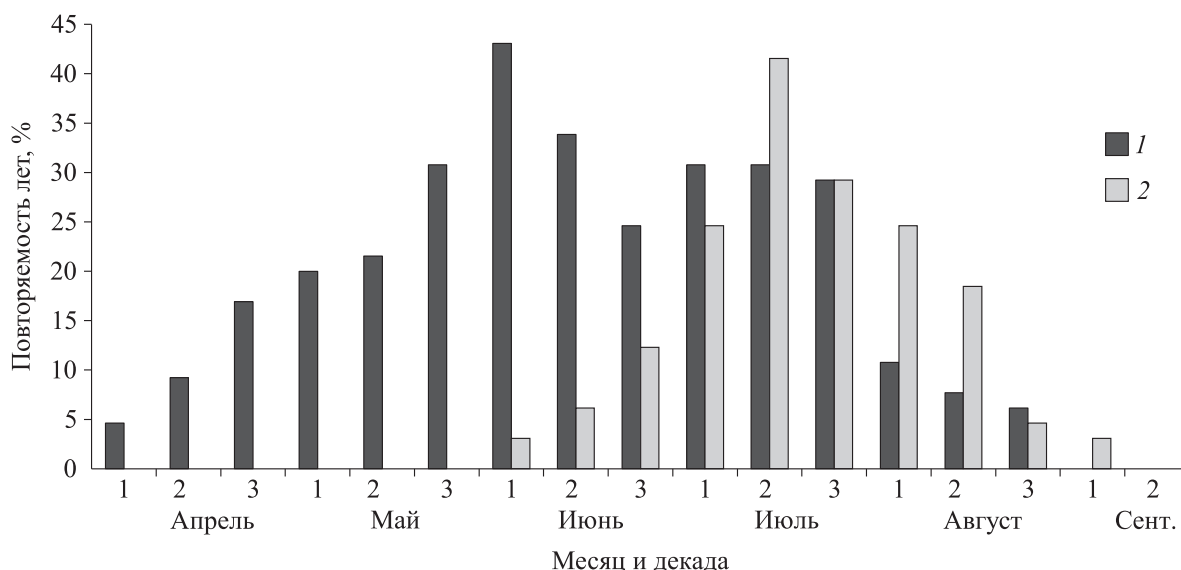


Рис. 1. Повторяемость лет с различными датами схода селей в Заилийском Алатау.

Сели: 1 — дождевые, 2 — гляциальные.

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕЛЕВОЙ АКТИВНОСТИ

С помощью дендрохронологических исследований в бассейнах рек Киши, Улкен Алматы и Аксай установлен 41 случай прохождения крупных селей в XVIII и XIX вв. [13]. Временной интервал между ними составлял 30–50 лет. С 1900 до 1950 г. отмечено девять крупных селей. Средний промежуток времени, разделяющий годы их прохождения, составляет 10 лет. С 1950 до 2000 г. зафиксировано 22 крупных селя со средним интервалом 3 года. С 2000 по 2017 г. было всего два крупных селя, разделенных интервалом 7 лет.

За последние 68 лет (1950–2017 гг.) в Заилийском Алатау было всего пять лет, когда не было зарегистрировано ни одного селя крупнее 1 тыс. м³. При этом четыре года без селей пришлось на 2010-е годы. В целом повторяемость селевых явлений равна 97 %. Количество лет с дождевыми селями составило 55 (81 %), а с гляциальными — 39 (57 %). Из 68 лет было 30, когда сходили и дождевые, и гляциальные сели, 24 — только дождевые и 8 — только гляциальные.

Отличие повторяемости дождевых селей от гляциальных, помимо большей повторяемости лет, заключается в том, что дождевые случаются несколько раз в один год, в то время как гляциальные обычно бывают один раз в год.

Годы, когда дождевые сели фиксировались однократно, составляют 22 % от числа лет с дождевыми селями. Для гляциальных селей этот показатель равен 55 %. Годы, когда дождевые сели сходили четыре раза и более, составляют 56 %, а для гляциальных этот показатель равен 11 %. Этот факт связан с тем, что дожди обычно охватывают обширные территории, что приводит к формированию селей сразу в нескольких бассейнах. Условия для прорыва ледниковых озер и формирования гляциальных селей более индивидуальны. Не было ни одного случая прорыва нескольких озер в один год. Все случаи формирования нескольких гляциальных селей были связаны с повторными обрушениями морен после прорыва озера.

С 1950 по 2017 г. в бассейнах рек северного склона Заилийского Алатау зафиксировано 383 селя крупнее 1 тыс. м³, что составляет в среднем 5,6 селя в год. Суммарный объем селей за этот период составил 34,9 млн м³. Средний годовой суммарный объем селей равен 513 тыс. м³. До 1950 г. фиксировались только крупные сели, причинявшие значительные разрушения. Поэтому данные за более длительный период неполные. Тем не менее, по имеющимся данным за 117 лет (с 1900 по 2017 г.), отмечен 481 сель, а суммарный объем селей составил 55,9 млн м³ (478 тыс. м³/год).

В многолетнем ряду количества селей с 1950 г. выделяются три периода (рис. 2). Первый из них (1950–1977 гг.) характеризуется устойчивым показателем среднего годового количества селей 4,2 селя в год. Второй период (1978–2003 гг.) отличает всплеск количества селей. Среднее годовое значение

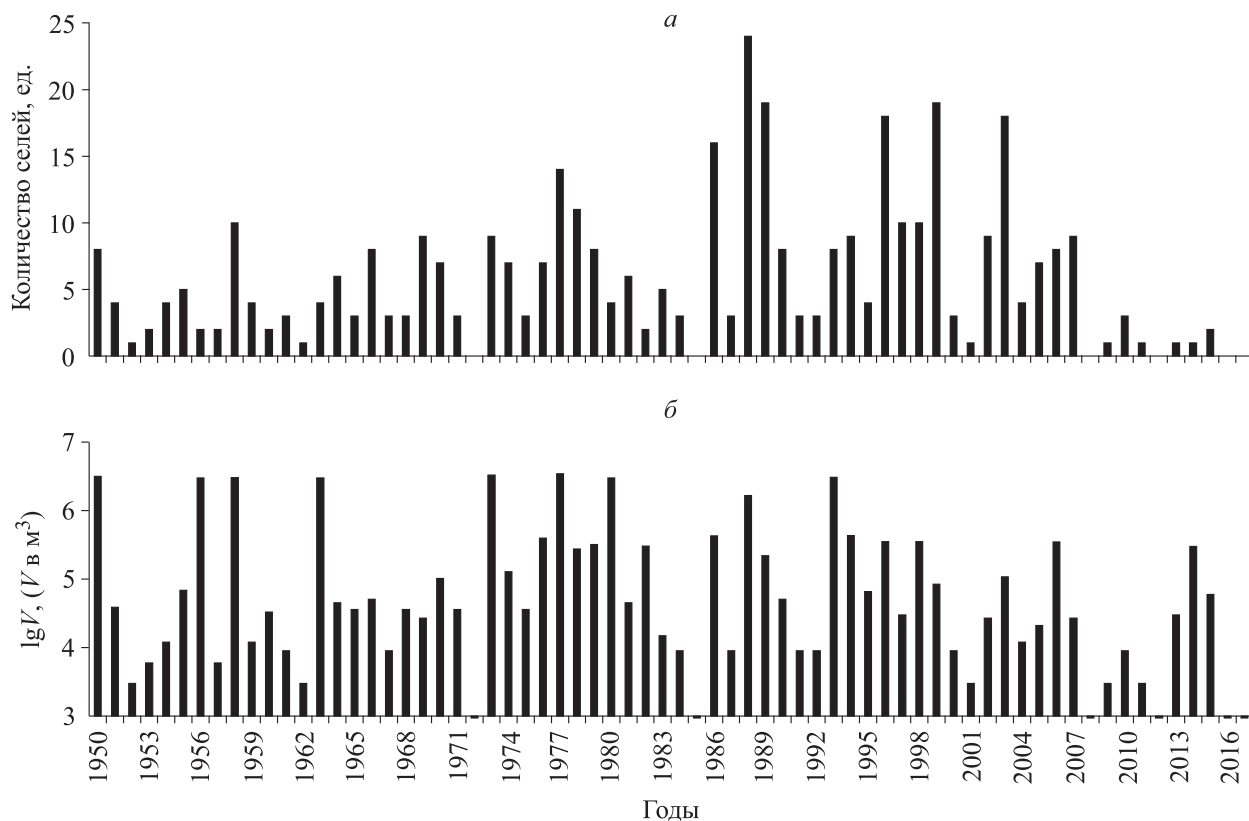


Рис. 2. Межгодовая изменчивость селевой активности в Заилийском Алатау с 1950 по 2017 г.

a — количество селей; *б* — суммарный объем селей.

составляет 8,8 селя в год, а максимальное в 1988 г. — 21. В третий период (с 2004 г. по настоящее время) наблюдается спад селевой активности — из 14 лет 4 года были без селей. Среднее годовое значение равняется 2,6 селя в год.

Если же рассматривать в качестве показателя селевой активности суммарный объем селей за год, то картина получается несколько иной. С конца 1970-х гг. происходит уменьшение общего объема селей. В период с 1950 по 1977 г. средний годовой суммарный объем составлял 930 тыс. м³. С 1978 по 2003 г. этот показатель равен 308 тыс. м³, а в период с 2004 по 2017 г. он уменьшился до 114 тыс. м³.

Это связано преимущественно с изменениями активности образования гляциальных селей, поскольку существенных сдвигов в суммарном годовом объеме дождевых селей не наблюдается. В то же время, суммарные годовые объемы гляциальных селей с 1981 г. заметно уменьшались, в основном за счет уменьшения их повторяемости. С 1950 по 1980 г. средний годовой суммарный объем гляциальных селей равнялся 729 тыс. м³. В период с 1981 по 2000 г. он составлял 125 тыс. м³, а с 2001 по 2017 г. сократился до 40 тыс. м³.

Уменьшение повторяемости гляциальных селей в Заилийском Алатау с конца 1970-х гг. объясняется, в первую очередь, успешными действиями созданной в Казахстане в 1973 г. службы «Казселезащита». Она проводит мониторинг прорывоопасных ледниковых озер и их превентивное опорожнение. Особенно активно эти работы проводятся с конца 1990-х гг. В настоящее время опорожнение озер осуществляется сифонами и насосами высокой производительности. Для прокладки каналов стока используются малогабаритные бульдозеры и экскаваторы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетние исследования селевой активности имеют важное научное и практическое значение. При этом необходимо сохранять постоянными методики описания селей и измерения их параметров. Для сравнения данных в разных странах необходимо разработать международную унифицированную классификацию селей. Следует публиковать не только обобщения результатов наблюдений за селями,

но и сами результаты в виде антологий, так как первичные данные могут содержать важную информацию для последующих исследователей.

Фактические данные о селях в Заилийском Алатау более чем за 100 лет позволяют получить количественные характеристики, необходимые для оценки селевого риска, зонирования селевой опасности, разработки противоселевых мероприятий и проектирования защитных сооружений. Такими характеристиками являются повторяемость селей различного генезиса, а также их объемы, расходы и скорости.

По результатам анализа селевой активности составлены карты селевой опасности и селевого риска на территорию г. Алматы, разработан проект системы раннего предупреждения, спроектированы селезащитные дамбы. В дальнейшем будут составлены карты на все селеопасные бассейны Заилийского Алатау.

Исследования селевой активности в Заилийском Алатау будут продолжены. В них будут принимать участие Институт географии, «Казселезащита» и Казгидромет. Эти исследования будут финансироваться Министерством образования и науки, а также Комитетом по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан. Для сбора данных планируется применять систему автоматизированного мониторинга селей, которая начнет действовать в 2020 г. Помимо наземных наблюдений будут использоваться материалы съемки из космоса, в том числе с казахстанских спутников. Это позволит получать данные о селях в высокогорных труднодоступных районах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан «Селебезопасность Республики Казахстан». Грант «Селебезопасность» (№ AP05132214).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. VanDine D.F., Bovis M. History and goals of Canadian debris flow research, a review // Natural Hazards. — 2002. — N 26. — P. 69–82.
2. Gartner H., Stoffel M. Detailed mapping and dendrogeomorphological analysis of a debris flow torrent in Switzerland // Proceedings of the International Symposium, INTERPRAEVENT. — Matsumoto: Interpraevent, 2002. — P. 199–207.
3. Stoffel M., Lièvre I., Conus D., Grichting M.A., Raetz H., Gärtner H.W., Monbaron M. 400 Years of debris-flow activity and triggering weather conditions: Ritigraben, Valais, Switzerland // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. — 2005. — Vol. 37, N 3. — P. 387–395.
4. Passmore D., Harrison S., Anessa Winchester V., Rae A., Severskiy I., Pimankina N. Late holocene debris flows and valley floor development in the Northern Zailiiskiy Alatau, Tien Shan Mountains, Kazakhstan // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. — 2008. — Vol. 40, N 3. — P. 548–560.
5. Медеу А.Р. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Основы управления. — Алматы: Гылым, 2011. — 284 с.
6. Перов В.Ф. Селеведение. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012. — 272 с.
7. Женжурист Э.М. Алма-Атинская катастрофа 8-го июля 1921 г. // Вестн. ирригации. — 1923. — № 1. — С. 62–76.
8. Дуйсенов Е.Д. Селевые потоки в Заилийском Алатау. — Алма-Ата: Казахстан, 1971. — 192 с.
9. Виноградов Ю.Б., Хонин Р.В., Земс А.Э. Селевой поток 15 июля 1973 г. на Малой Алматинке // Селевые потоки. — 1976. — № 1. — С. 60–73.
10. Керемкулов В.А., Цукерман И.Г. Обзор сведений о прорывах моренных озер Заилийского Алатау // Селевые потоки. — 1988. — № 10. — С. 62–77.
11. Лаптев В.И. Описание селевого потока 3–4 августа 1977 г. в бассейнах рек Кумбельсу и Большой Алматинки // Селевые потоки. — 1990. — № 5. — С. 55–59.
12. Медеуов А.Р., Колотилин Н.Ф., Керемкулов В.А. Сели Казахстана. — Алматы: Гылым, 1993. — 160 с.
13. Горбунов А.П., Северский Э.В. Сели окрестностей Алматы: Взгляд в прошлое. — Алматы: Наука, 2001. — 80 с.
14. Яфязова Р.К. Природа селей Заилийского Алатау: Проблемы адаптации. — Алматы: Наука, 2007. — 158 с.
15. Баймолдаев Т.А., Виноходов В.Н. «Казселезащита» — оперативные меры до и после стихии. — Алматы: Бастау, 2007. — 284 с.
16. Медеу А.Р., Баймолдаев Т.А., Киренская Т.Л. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Антология селевых явлений и их исследования. — Алматы: Гылым, 2016. — 576 с.
17. Bolch T., Peters J., Blagoveshchenskiy V., Yegorov A., Pradhan B., Buchroithner M. Identification of potentially dangerous glacial lakes in the northern Tien Shan // Natural Hazards. — 2011. — Vol. 59, N. 3. — P. 1691–1714.

Поступила в редакцию 02.08.2018

После доработки 31.10.2018

Принята к публикации 02.04.2019