

УДК 551.311.21:627.141.2

МРНТИ 37.27.21; 37.27.25

ОБЗОР СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ ДОЖДЕВОГО ГЕНЕЗИСА ПО ГОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ЗА 2023 ГОД**Р.К. Яфязова*** *д.т.н., доцент*, **Б.С. Степанов** *д.г.н., профессор*, **С.А. Буралхиев***РГП «Казгидромет», Алматы, Казахстан**E-mail: yafyazova@gmail.com*

Обзор подготовлен по результатам мониторинга селевой опасности дождевого генезиса по горной территории Республики Казахстан за 2023 год. Мониторинг осуществлялся для селеопасных районов Алматинской, Жетысуской, Жамбылской, Туркестанской, Мангистауской, Абайской и Восточно-Казахстанской областей. В селеопасные районы входят хребты Иле, Кунгей, Терискей, Жетысу, Киргизский и Таласский Алатау, Угамский хребет, горы Мангыстау, Саур, Тарбагатай и Казахстанский Алтай. В Обзоре приведена Карта селевой опасности территории Республики Казахстан, информация о гидрометеорологической ситуации и селепроявлениях в селеопасном периоде 2023 года. В процессе мониторинга использовалась информация государственной наблюдательной сети РГП «Казгидромет» в оперативном режиме, синоптические и численные прогнозы погоды РГП «Казгидромет» и т.д.

Ключевые слова: сель, селевая опасность, метод сверхкраткосрочного прогноза селей, дождь, температура воздуха, нулевая изотерма, снеговая линия, увлажнение почвогрунтов.

Поступила: 05.02.24

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-113-2-150-168

ВВЕДЕНИЕ

Республика Казахстан занимает территорию, площадь которой составляет 2 724 902 км². На долю гор и предгорий, где в основном сели формируются и наносят ущерб, приходится около 13 % территории. Территория предгорий, по своим природным особенностям, относится к наиболее пригодной для постоянного проживания, поэтому плотность населения относительно высокая, здесь проживает более 1/3 населения страны.

Деятельность по ведению метеорологического и гидрологического мониторингов, и мониторинга состояния окружающей среды с использованием государственной наблюдательной сети, относится к государственной монополии и осуществляется Национальной гидрометеорологической службой – юридическим лицом, созданным по решению Правительства Республики Казахстан в организационно-правовой форме республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения (Экологический кодекс Республики Казахстан, 2023).

Согласно Экологического кодекса Республики Казахстан, выдача штормовых предупреждений о возможности и факте возникновения опасных и стихийных гидрометеорологических явлений возложена на Национальную гидрометеорологическую службу Казахстана (Экологический кодекс Республики Казахстан, 2023).

В 2023 году управление исследования селевых процессов и прогнозирования селей РГП «Казгидромет» в рамках мониторинга селевой опасности дождевого генезиса в селеопасный период (май...сентябрь) осуществляло выпуск ежедневного бюллетеня селевой опасности дождевого генезиса, который включает консультации о селевой опасности для селеопасных районов Алматинской, Жетысуской, Жамбылской, Туркестанской, Мангистауской, Абайской и Восточно-Казахстанской областей. В селеопасные районы входят хребты Иле, Кунгей, Терискей, Жетысу, Киргизский и Таласский Алатау, Угамский хребет, горы Мангыстау, Саур, Тарбагатай и Казахстанский Алтай (рисунок 1).

КАРТА СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

М 1:1 000 000



* Карта разработана РГП "Казгидромет" по заказу ГУ "Казселезащита"

Рис. 1. Карта селевой опасности территории Республики Казахстан

За селеопасный период 2023 года было выпущено 104 ежедневных бюллетеня селевой опасности дождевого генезиса, 24 сверхкраткосрочных прогноза селевой опасности дождевого генезиса для бассейнов рек Киши и Улкен Алматы, из них на основе 2-х прогнозов было дано 2 штормовых предупреждения, в 22-х случаях количество осадков не достигло критериального значения, селеформирование не состоялось. Государственные органы всех уровней и население Республики Казахстан информировались о селевой опасности дождевого генезиса.

При составлении консультаций о селевой опасности дождевого генезиса для селеопасных районов Казахстана использовался метод краткосрочного прогноза катастрофических селей дождевого генезиса для северного склона Заилийского Алатау (Отчет, 2000), базирующийся на синоптической и численной прогностической информации об осадках и температуре воздуха по 80-и пунктам наблюдения, высоте сезонной снеговой линии, нулевой изотермы,

увлажненности почвогрунтов.

Сверхкраткосрочные прогнозы катастрофических селей дождевого генезиса составлялись для бассейнов рек Киши и Улкен Алматы (центральная часть хребта Иле Алатау). Возможность составления прогнозов для этих селевых бассейнов имеется благодаря минимально необходимой плотности метеостанций и гидропостов на этой территории, изученности гидрометеорологических условий, геолого-геоморфологического строения бассейнов, растительного покрова, а также наличию достоверной информации о датах формирования, генезисе и масштабах селевых явлений в прошлом. Сверхкраткосрочные прогнозы селей дают достаточную уверенность в том, что ожидаемое явление будет близко к действительности. При этом заблаговременность предупреждения достаточна для принятия мер по уменьшению возможного ущерба.

Полноценная информация о селеформирующих факторах имела только для центральной части северного склона

Иле Алатау, селевая опасность других районов оценивалась путем аналогий и анализа исторических данных о селях. Скудность информации объясняется недостаточностью метеорологических станций в среднегорной и высокогорной зонах селеопасных районов Казахстана.

Обзор селевой опасности дождевого генезиса по горной территории Республики Казахстан за 2023 год (далее Обзор) подготовлен по результатам мониторинга селевой опасности дождевого генезиса по горной территории Республики Казахстан за 2023 год.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе мониторинга селевой опасности дождевого генезиса использовались:

- синоптические прогнозы по горной территории Республики Казахстан, предоставляемые гидрометцентром РГП «Казгидромет»;
- текущая синоптическая ситуация в пределах краткосрочного прогноза погоды по горной территории Республики Казахстан, предоставляемая гидрометцентром РГП «Казгидромет»;
- численные прогнозы погоды по горной территории Республики Казахстан по модели WRF, предоставляемые департаментом информационных технологий РГП «Казгидромет»;
- гидрометеорологическая информация с автоматических метеорологических станций (АМС), метеорологических станций (МС) и гидрологических постов (ГП) государственной наблюдательной сети РГП «Казгидромет» в оперативном режиме;
- наряду с оперативной информацией использовалась информация метеорологической и гидрологической баз данных РГП «Казгидромет» (https://meteo.kazhydromet.kz/database_meteo/; https://meteo.kazhydromet.kz/database_hydro/);
- данные аэрологической станции (АС) «Алматы» РГП «Казгидромет» в оперативном режиме;
- данные о высоте снега, предоставляемые гидрометцентром РГП «Казгидромет» в оперативном режиме;
- данные снеголавинных станций РГП «Казгидромет» в оперативном режиме;
- данные мониторинга суточной динамики снежного покрова, получаемые с помощью MODSNOW, предоставляемые научно-

исследовательским центром РГП «Казгидромет»;

– спутниковые снимки, полученные со спутников Landsat 7...9 T1, Landsat 9 T2, Sentinel-2 L2A;

– данные об увлажненности грунта, рассчитанные по модели А.Ф. Литовченко, которая была усовершенствована Дочерним государственным предприятием «Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата» (ДГП «КазНИИМОСК») РГП «Казгидромет» (Отчет о научно-исследовательской работе, 2000). В ходе исследований ДГП «КазНИИМОСК» РГП «Казгидромет» было обнаружено, что выборка эмпирических данных, по которой находилась зависимость влагозапасов, является недостаточно репрезентативной в области сильных осадков;

– информация о селепроявлениях, предоставляемая ГУ «Казселезащита» согласно Совместного Приказа Министра МЧС РК от 19.01.2021 года №17 и Министра МЭГПР РК от 27.01.2021 года №16-П «По взаимному обмену информацией гидрометеорологического обеспечения» (Совместный Приказ, 2021);

– метод краткосрочного прогноза катастрофических селей дождевого генезиса для северного склона Заилийского Алатау, разработанный ДГП «КазНИИМОСК» РГП «Казгидромет» в 2000 году (Отчет о научно-исследовательской работе, 2000);

– метод сверхкраткосрочного прогноза катастрофических селей дождевого генезиса для бассейнов рек Киши и Улкен Алматы (Метод Степанова-Яфязовой), разработанный РГП «Казгидромет» в 2010 году (Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2016).

При составлении ежедневных бюллетеней селевой опасности дождевого генезиса по горной территории Республики Казахстан использовались цветовые коды (критерии цветовых кодов селевой опасности дождевого генезиса разработаны РГП «Казгидромет») (Ежедневный бюллетень селевой опасности дождевого генезиса по горной территории Республики Казахстан, 2022).

Для определения возможной селевой опасности горных районов проводился расчет количества выпавших осадков относительно

климатических норм в селеопасный период. При описании в Обзоре климатических условий горных районов были использованы современные климатические нормы по метеостанциям Казахстана за период 1991...2020 гг., рекомендованный Всемирной метеорологической организацией (ВМО). Климатические нормы рассчитывались с помощью программного средства CLINO и руководства по расчету климатических норм, разработанного ВМО (WMO, 2017; Государственный климатический кадастр).

КРАТКИЙ ОБЗОР «СИЛЬНЫХ ОСАДКОВ» ПО ГОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ

В соответствии с Наставлением по службе прогнозов погоды, критериями опасного явления (ОЯ) и стихийного гидрометеорологического явления (СГЯ) приняты слой осадков (дождь в селеопасных районах) 15...29 мм (ОЯ), продолжительностью ≤ 12 часов и ≥ 30 мм, продолжительностью ≤ 12 часов. Под «сильные осадки» понимается слой осадков 15...29 мм, «очень сильные осадки» – слой осадков ≥ 30 мм (Наставление,

2005). Однако сель – многофакторный процесс, поэтому прогноз только сильных осадков не является основанием для прогноза селей.

Наибольшее количество синоптических прогнозов «сильные осадки» за селеопасный период было дано для селеопасных районов Алматинской области (Иле и Кунгей Алатау). На втором месте селеопасные районы Жетысуской области (Жетысу Алатау). На третьем месте селеопасные районы Жамбылской (Киргизский, Таласский Алатау) и Восточно-Казахстанской (Казахстанский Алтай) областей. Внутри селеопасного периода наибольшее количество прогнозов «сильные осадки» пришлось на август (таблица 1).

Наблюденные данные о выпадении «сильного дождя» (на дату прогноза «сильный дождь») приведены в таблице 2. Из таблицы 2 видно, что информация о наблюдаемых осадках имеется для хребта Иле Алатау, Кунгей Алатау, Угамского хребта и Таласского Алатау (Туркестанская область), а также гор Мангыстау и Тарбагатай. Информация для других селеопасных районов (из-за неимения горных метеостанций) отсутствует.

Таблица 1
Количество прогнозов «сильный дождь» в селеопасных районах за селеопасный период

Области	Селеопасные районы	Количество прогнозов «сильный дождь»					
		май	июнь	июль	август	сентябрь	всего
Алматинская	Иле Алатау	4	1	5	7	6	23
	Кунгей Алатау	6	1	4	6	5	22
	Терискей Алатау	5	1	4	6	4	20
Жетысуская	Жетысу Алатау	3	2	3	8	4	20
	Киргизский Алатау	3	-	3	4	4	14
Жамбылская	Таласский Алатау (Жамбылский)	3	-	3	4	4	14
	Таласский Алатау (Туркестанский)	3	-	-	4	-	7
Туркестанская	Угамский хребет	3	-	-	4	-	7
	горы Мангыстау	3	-	1	1	2	7
Абайская	Тарбагатай	1	2	1	4	-	8
	Саур	-	1	1	-	-	2
Восточно-Казахстанская	Казахстанский Алтай	1	3	2	4	4	14

Таблица 2

Число случаев с наблюдаемыми осадками ≥ 15 мм на даты прогноза «сильный дождь» в селеопасных районах за селеопасный период

Области	Селеопасные районы	Количество оправдавшихся прогнозов «сильный дождь»					
		май	июнь	июль	август	сентябрь	всего
Алматинская	Иле Алатау*	2	-	1	3	4	10
	Кунгей Алатау**	-	-	-	1	-	1
Жетысуская	Терискей Алатау						
	Жетысу Алатау						
Жамбылская	Киргизский Алатау						
	Таласский Алатау (Жамбылский)						
Туркестанская	Таласский Алатау ***	1	-	-	3	-	4
	(Туркестанский)						
Мангыстауская	Угамский хребет***	1	-	-	3	-	4
	горы Мангыстау****						
Абайская	Тарбагатай*****	-	-	-	-	-	-
Восточно-Казахстанская	Саур						
	Казахстанский Алтай						

Примечание: Наблюдаемые данные приводятся по АМС и МС: * – в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы; ** – «Кольсай»; *** – «Шуылдык»; **** – «Туцибек»; ***** – «Уржар»

КРАТКИЙ ОБЗОР СЕЛЕПРОЯВЛЕНИЙ

По данным РГП «Казгидромет», ГУ «Казселезащита» селевые явления наблюдались в Алматинской и Мангыстауской областях:

В Алматинской области в Иле Алатау:

21 июля сформировался сел в бассейне р. Киши Алматы (Иле Алатау). Днем 21 июля в высокогорной и среднегорной зонах Иле Алатау на фоне высокой температуры воздуха, выпали сильные осадки продолжительностью 2...3 часа. По данным станции автоматизированной системы мониторинга селевой опасности (АСМ)

«Озеро №6», расположенной в бассейне р. Киши Алматы на высоте 3600 м (ГУ «Казселезащита»), выпало 72 мм жидких осадков; гляциологической станции на леднике Туйыксу (АО «Институт географии и водной безопасности») – 61,2 мм; государственной наблюдательной сети РГП «Казгидромет»: МС «Мынжилки» – 56 мм (около 40 % месячной нормы); АМС «Туюксу» – 20 мм; МС «Шымбулак» – 16 мм; МС «БАО» – 36 мм (около 30 % месячной нормы); ГП «Кумбель-устье» – 32,2 мм.

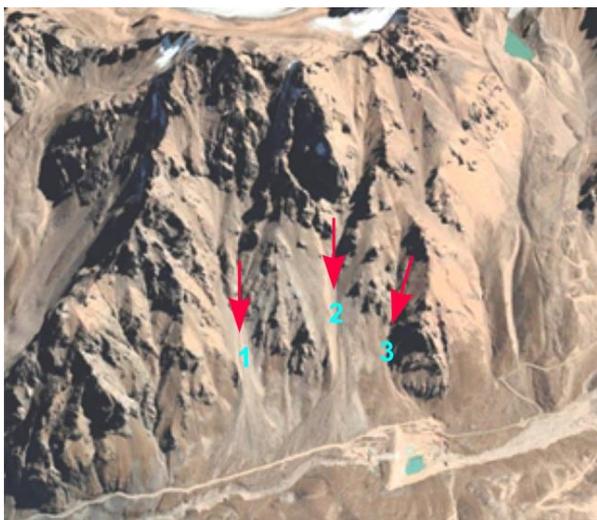


Рис. 2. Перспективное изображение Google Earth рывтин на правом склоне в верховьях долины р Киши Алматы (красные стрелки – сработавшие рывтины 21 июля 2023 г.). В верхнем правом углу снимка – озеро №6



Рис. 3. Движение фронтальной части селя, сформировавшегося в рывтине №2. Фото В.П. Мишенина

Формирование и развитие селей в бассейне р. Киши Алматы 21 июля 2023 г. произошло в рытвинах и их водосборах на правом склоне долины реки в диапазоне высот 3000...4010 м (рисунок 2). Сели, с небольшими интервалами времени, сформировались в трех рытвинах. Наиболее крупный сел сформировался в рытвине №1 под пиком Абая. Менее крупный сел сформировался в рытвине №2 (рисунок 3), небольшой сел из рытвины №3 достиг селехранилища в Мынжилках (Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2023).

Селевые отложения повредили тракторную дорогу на протяжении около 1000 м, высота селевых отложений на протяжении 300 м достигала 2-х метров (рисунок 4). Сели в основном остановились, не достигнув русла р. Киши Алматы. Лишь



*Рис. 4. Селевые отложения на тракторной дороге.
Фото В.П. Мишенина*

Практически одновременно с селями в бассейне р. Киши Алматы сформировался сел в верховьях правой части бассейна р. Кумбель (правый приток р. Улкен Алматы). В долине р. Улкен Алматы сел не выходил в пойму, «освобождаясь» от крупных фракций гранулометрического состава твердой компоненты селевой массы в русле. Селевая масса с более мелкими фракциями была задержана в селехранилище «Аюсай». На конусе выноса р. Аюсай следов формирования селя не обнаружено (Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2023).

По данным РГП «Казгидромет» (ГП «Кумбель-устье»), сел носил волнообразный характер. Максимальный расход по отмет-

ка часть селевой массы, сформировавшейся в наиболее крупной рытвине, достигла и слилась с р. Киши Алматы. Смешавшись с водой реки, образовавшийся поток продолжал движение на участке длиной около 2 км со средним уклоном 12° в интервале высот 2470...2910 м, увеличивая свои характеристики. На высоте 2470 м (в районе ГП «а/б Туяксу») грязекаменный поток частично отложился на мостовом переезде к альплагерю (рисунок 5). При движении в Малоалматинском селевом врезе поток обогатился глиной, вследствие этого фильтровальная станция «Медеу», где происходит водоподготовка горной воды из р. Киши Алматы и ее притоков, была частично отключена, а вода в головном арыке г. Алматы в течение нескольких суток была мутной (Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2023).



Рис. 5. Мостовой переезд к альплагерю, перекрытый селевыми отложениями. Автор фото не установлен

кам УВВ достигал около $10 \text{ м}^3/\text{с}$. Максимальные валуны достигали 50 см, средние – 30...40 см. Мутность воды 4 балла. Наблюдалось интенсивное переформирование русла реки с размывом его бортов. Селевая масса отложилась в русле реки в районе ГЭС-1.

По данным ГУ «Казселезащита», в Талгарском районе в бассейне р. Талгар на ГП «Плотина Талгар» до 23 часов выпало всего 1 мм осадков. Расход воды на 20:00 часов составлял $34 \text{ м}^3/\text{с}$ и к 00:00 часам расход увеличился до $37,8 \text{ м}^3/\text{с}$, мутность 4 балла. На ГП «Большая поляна» наблюдателем гидропоста в 17:36 часов была передана информация, что по

р. Левый Талгар проходит сель с расходом около 20 м³/с, мутность воды 4 балла. Была проведена эвакуация 80 человек и не допустили 250 детей в пионерский лагерь «Спутник» из-за высокой степени селевой опасности.

В Енбекшиказахском районе в бассейне р. Есик на ГП «Иванов лог» в период с 16:05 до 17:55 часов выпало 18 мм. В 18:00 часов от наблюдателя гидропоста поступила информации о прохождении селевого потока. Расход потока увеличился с 10 до 50 м³/с. Мутность 4 балла. На 01:00 часов 22.07.2023 года расход уменьшился до 10 м³/с.

На ГП «Озеро Есик» в период с 16:25 до 17:45 часов выпало всего 4,3 мм осадков. Расход потока увеличился с 9 до 30 м³/с. Мутность 4 балла. В 01:00 часов расход уменьшился до 13,3 м³/с. Селевой массой завален участок автодороги выше плотины Есик, забит автодорожный мост. Проезда нет. По р. Есик водный поток прошел паводком с максимальным расходом 10,8 м³/с. Мутность 2...3 балла. Ниже плотины Есик поврежденных не зафиксировано.

По данным ГУ «Казселезащита», в результате выпадения локального ливневого дождя в ночь на 13 августа 2023 года ниже на 1 км от устье р. Кожай сформировался селевой выброс. Часть селевой массы отложилась на участке автодороги (г. Каскелен - Известковый завод), объем отложившейся селевой массы около 15 м³. Селевой выброс сформирован в результате дождевого стока.

В Мангыстауской области:

17...18 июля 2023 года в Каракиянском районе на территории подземной мечети Бекет-ата и в селе Таучик Тупкараганского района сошел сель дождевого генезиса. Из-за относительно редкой метеорологической сети в этом районе количество выпадавших осадков не известно.

Сель произошел на расстоянии около 180 км от МС «Тушибек». Дата селя приходится на период, когда средняя месячная температура воздуха на МС «Тушибек» имела значение 27,9 °С. В этот же период максимальная температура воздуха составляла 34,9 °С, минимальная – 21,2 °С. В день формирования селя средняя температура воздуха составляла около 22 °С. Количество осадков по данным МС «Тушибек», составило 2 мм.

Геолого-геоморфологические условия территории, где формировался сель, малоизвестны. Однако из фотоснимка (рисунки 6) следует, что водосбор происходит на крутых склонах, легко поддающихся водной эрозии. Судя по фотоснимку, сильный дождь выпал на локальной территории, прогноз которого трудноосуществим.

По данным УЧС г. Жанаозен, в результате сильного 10-минутного ливневого дождя вода, стекающая с горы, превратившаяся в грязевой поток, смыла некоторые пешеходные переходы, на месте происшествий пострадавших нет.



*Рис. 6. Локальное выпадение осадков в районе подземной мечети Бекет-ата.
Автор фото неизвестен*

ОБЗОР СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ ДОЖДЕВОГО ГЕНЕЗИСА ПО ГОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА

В горах Мангыстау среднее многолетнее годовое количество осадков не превышает 180 мм (МС «Тушибек»). В селеопасный период выпадает менее 42 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на май (около 40 % осадков за селеопасный период).

В зоне сопряжения Угамского хребта с Таласским Алатау среднее многолетнее годовое количество осадков составляет более 800 мм (МС «Шуылдак»). В селеопасный период выпадает менее 30 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на май (около 46 % осадков за селеопасный период).

В Киргизском Алатау среднее многолетнее годовое количество осадков составляет около 340 мм (МС «Кулан»). В селеопасный период выпадает около 32 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на май (около 40 % осадков за селеопасный период).

На северном склоне Иле Алатау в низкогорной зоне центральной части хребта среднее многолетнее годовое количество осадков составляет 893 мм (МС «Алматы, Каменское плато»), восточной части – 647,8 мм (МС «Узынагаш»), западной части – 488 мм (МС «Есик»). В селеопасный период в низкогорной зоне выпадает около 40 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на май (около 40 % осадков за селеопасный период).

В среднегорной зоне центральной части хребта среднее многолетнее годовое количество осадков составляет 855,4 мм (МС «БАО»). В селеопасный период выпадает около 60 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на май-июль (77 % осадков за селеопасный период).

В высокогорной зоне центральной части хребта среднее многолетнее годовое количество осадков составляет 871,2 мм

(МС «Мынжилки»). В селеопасный период выпадает около 65 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на май-июль (около 76 % осадков за селеопасный период).

На северном склоне восточной части Кунгей Алатау среднее многолетнее годовое количество осадков составляет 539,3 мм (МС «Жаланаш»). В селеопасном периоде выпадает менее 60 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на май...июль (70 % осадков за селеопасный период).

В восточной оконечности Терискей Алатау, по данным МС «Нарынкол», среднее многолетнее годовое количество осадков составляет 403,3 мм. В селеопасный период выпадает около 60 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на июнь-июль (около 50 % осадков за селеопасный период).

На северном склоне Северного Центрального хребта среднее многолетнее годовое количество осадков увеличивается с запада на восток. В западной части хребта среднее многолетнее годовое количество осадков составляет около 495 мм (МС «Сарканд»), в восточной части – около 716 мм (МС «Лепси»). В селеопасный период в западной и восточной частях хребта выпадает около 40 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на май-июль (более 73 % осадков за селеопасный период).

На южном склоне Южного Центрального хребта среднее многолетнее годовое количество осадков составляет 552 мм (МС «Когалы»). В селеопасный период выпадает около 40 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на май-июль (более 76 % осадков за селеопасный период).

На северо-восточном склоне Западного Тарбагатая среднее многолетнее годовое количество осадков составляет около 215 мм (МС «Аксуат»).

В селеопасный период выпадает около 60 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на июнь...июль (56 % осадков за селеопасный период).

На юго-западном склоне Западного Тарбагатая среднее многолетнее годовое количество осадков составляет около 452 мм (МС «Уржар»). В селеопасный период выпадает около 30 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на май-июль (около 70 % осадков за селеопасный период).

На северо-западном склоне Саура среднее многолетнее годовое количество осадков составляет менее 330 мм (МС «Зайсан»). В селеопасный период выпадает более 50 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков приходится на май...июль (около 70 % осадков за селеопасный период).

В Казахском Алтае среднее многолетнее годовое количество осадков увеличивается с юго-востока на северо-запад. В юго-восточной части Казахского Алтая среднее многолет-

нее годовое количество осадков составляет 442,4 мм (МС «Катон-Карагай»), в северо-западной части – 636,7 мм (МС «Риддер»). В селеопасный период в юго-восточной и северо-западных частях Казахского Алтая выпадает около 60 % годовой нормы осадков. Наибольшее среднее многолетнее месячное количество осадков в юго-восточной части приходится на июнь-июль (45 % осадков за селеопасный сезон), в северо-западной части – на май...июль (около 67 % осадков за селеопасный сезон).

Условия, благоприятствующие селеформированию на горной территории Казахстана, создались, когда сезонная снеговая линия превысила критериальные значения для среднегорной и высокогорной зон (таблица 3).

Из-за недостатка горных метеорологических станций о метеорологической ситуации на горной территории Казахстана приходится судить по данным ближайших метеорологических станций и гидрологических постов государственной наблюдательной сети РГП «Казгидромет» (таблица 4), а также используя численный метод прогноза погоды по горной территории.

Таблица 3

Даты, когда сезонная снеговая линия достигла критериальных значений для среднегорной и высокогорной зон

Хребты	Среднегорная зона	Высокогорная зона
Угамский	12 мая	18 июня
Таласский Алатау	12 мая	20 июня
Киргизский Алатау	7 мая	16 июня
Иле Алатау	14...15 мая	7 июня
Кунгей Алатау	17 мая	25 июня
Терискей Алатау	18 мая	25 июня
Жетысу Алатау	23 мая	16 июня
Саур	15 июня	18 июля
Казахстанский Алтай	-	18 июня

Таблица 4

Метеорологические условия в селеопасном периоде 2023 года

Метеоусловия	Селеопасный период				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
МС «Тущибек»					
Сумма осадков за месяц, мм	31,8	2	5,3	4	8
Среднемесячная температура воздуха, °С	19,9	25,7	27,9	27,3	19,5
МС «Шуылдак»					
Сумма осадков за месяц, мм	67,9	6	12	102	18,1
Среднемесячная температура воздуха, °С	11,8	17,7	19,4	15,2	10,0
ГП «зим. Улбутуй» (р. Мерке)					
Сумма осадков за месяц, мм	42,9	-	-	31,5	30,6
Среднемесячная температура воздуха, °С	14,4	22,6	23,2	20,8	14,7
МС «Мынжилки»					
Сумма осадков за месяц, мм	141,4	95,6	147,4	156,1	76,1
Среднемесячная температура воздуха, °С	0,8	8,3	10,4	8,3	3,9
МС «БАО»					
Сумма осадков за месяц, мм	116,9	63,9	119,9	121,8	71,2
Среднемесячная температура воздуха, °С	4,4	11,6	13,8	11,4	6,3
МС «Шымбулак»					
Сумма осадков за месяц, мм	139,0	73,3	87,0	122,6	85,3
Среднемесячная температура воздуха, °С	7,2	14,7	16,7	14,2	8,4
МС «Алматы, Каменское плато»					
Сумма осадков за месяц, мм	66,9	17,1	36,4	72,6	73,2
Среднемесячная температура воздуха, °С	14,2	21,6	24,2	21,6	14,8
МС «Жаланаш»					
Сумма осадков за месяц, мм	50	55,7	35	82	59,6
Среднемесячная температура воздуха, °С	18,1	17,4	20,6	17,2	11,3
АМС «Кольсай»					
Сумма осадков за месяц, мм	37,1	67,7	24,2	50,8	37,1
Среднемесячная температура воздуха, °С	11,9	18,8	21,4	18,3	12,8
ГП «с. Баянкол» (р. Баянкол)					
Сумма осадков за месяц, мм	69,8	65,9	45,4	47,3	80,5
Среднемесячная температура воздуха, °С	5,6	13,0	15,4	12,8	6,6
МС «Сарканд»					
Сумма осадков за месяц, мм	50,4	12,2	20,1	33,2	42,5
Среднемесячная температура воздуха, °С	15,0	22,3	25,4	22,7	15,7
МС «Лепси»					
Сумма осадков за месяц, мм	65,8	23,2	29,3	54,5	68,6
Среднемесячная температура воздуха, °С	10,6	17,2	19,7	17,1	11,2
ГП «с. Аралтобе» (р. Коктал)					
Сумма осадков за месяц, мм	15	-	25,1	-	19,3
Среднемесячная температура воздуха, °С	8,8	16,2	18,8	17,7	6,2
МС «Уржар»					
Сумма осадков за месяц, мм	12,5	9,6	17,0	31,1	35,4
Среднемесячная температура воздуха, °С	14,3	22,3	24,7	21,0	14,2
МС «Зайсан»					
Сумма осадков за месяц, мм	42,2	7,1	14,2	35,1	74,1
Среднемесячная температура воздуха, °С	14,5	23,0	25,6	22,8	15,1
МС «Катон-Карагай»					
Сумма осадков за месяц, мм	30,5	27,9	37,7	99,9	90,6
Среднемесячная температура воздуха, °С	8,9	17,4	18,9	16,4	9,0
МС «Риддер»					
Сумма осадков за месяц, мм	31,4	27,0	77,5	53,2	128,3
Среднемесячная температура воздуха, °С	10,3	17,6	19,3	16,5	9,2

ОБЗОР СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ ДОЖДЕВОГО ГЕНЕЗИСА В ИЛЕ АЛАТАУ

В 2023 году продолжались производственные испытания метода сверхкраткосрочного прогноза катастрофических селей дождевого генезиса для бассейнов рек Киши и Улкен Алматы. Селеопасный период длится с мая по сентябрь. Малозначащие сели могут формироваться в низкогорной зоне в конце апреля, но они не имеют катастрофического характера. В зоне их формирования Казселезащитой установлены щиты, предупреждающие об опасности нахождения в селеопасной зоне при выпадении сильных дождей.

Сель – многофакторный процесс, поэтому прогноз только сильных осадков не является основанием для прогноза катастрофических селей. В среднегорной и высокогорной зонах катастрофические сели дождевого генезиса формируются, когда водосборы горных рек освобождаются от снежного покрова, а осадки выпадают в жидком виде.

Установлено, что при наличии снежного покрова на стокообразующих поверхностях сели дождевого генезиса формируются в исключительно редких случаях, поэтому прогнозирование селей осуществляют после схода снежного покрова с поверхности грунтов, на которых формируется поверхностный сток.

Составление прогноза селей дожде-

вого генезиса начинается с наблюдения за положением сезонной снеговой линии. Сели дождевого генезиса среднегорной зоны могут формироваться, когда сезонная снеговая линия превышает 3000 м. В 2023 году сезонная снеговая линия на склонах западной экспозиции Иле Алатау достигла отметки 3000 м 14...15 мая. С этой даты, при благоприятных условиях, могли формироваться сели дождевого генезиса в среднегорной зоне. Сели дождевого генезиса в высокогорной зоне могут формироваться, когда сезонная снеговая линия превышает 3500 м. 7 июня снеговая линия превысила эту отметку (рисунок 7). С этой даты, при благоприятных условиях, могли формироваться сели дождевого генезиса и в высокогорной зоне.

Необходимость ежедневных наблюдений за положением сезонной снеговой линии вызвана тем, что в результате выпадения осадков в твердом виде происходит колебание положения сезонной снеговой линии. Это может повлиять на зону выпадения осадков в жидком виде в ближайшие сутки. В летний период в высокогорной зоне возможно выпадение твердых осадков (снега, снежной крупы, града), что исключает возможность образования катастрофических селей дождевого генезиса.

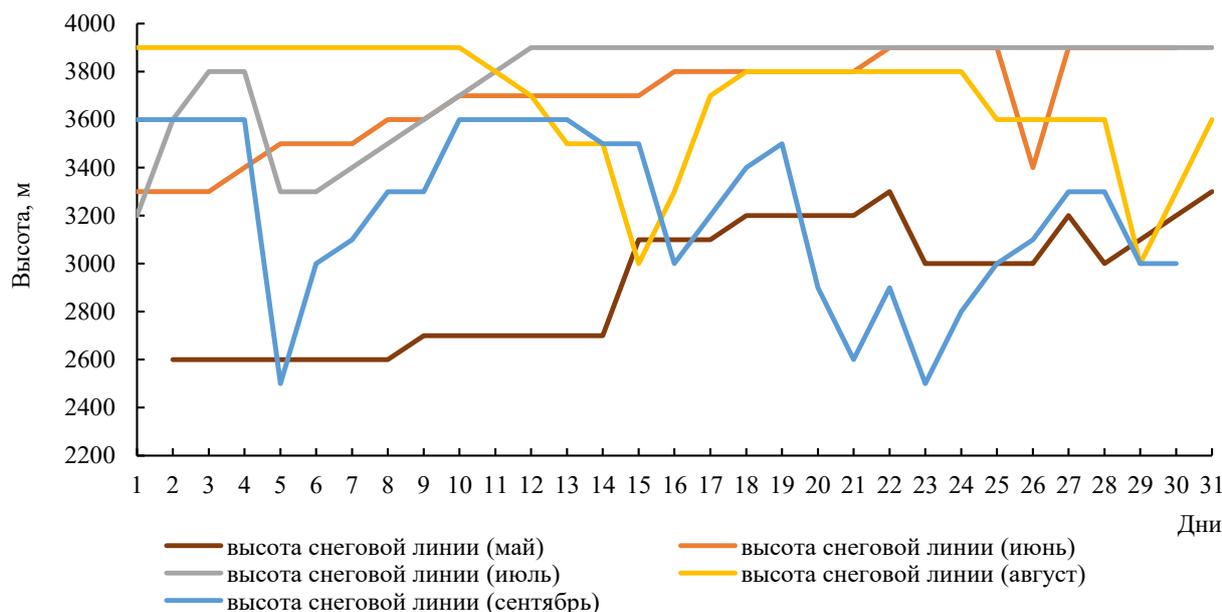


Рис. 7. Положение сезонной снеговой линии в Иле Алатау в селеопасный период 2023 года

К благоприятным условиям селеформирования относится предварительное увлажнение почвогрунтов. Реальная увлажненность почвогрунтов определяет мощность селеформирования. Однако увлажненность почвогрунтов зависит от характеристик селеформирующих грунтов таких как гранулометрический и минералогический составы, их плотности, а также типа и плотности растительности, в то время как существующие методы расчета степени увлажненности почвогрунтов этого не учитывают. Увлажненность почвогрунтов зависит и от характеристик дождя (количества осадков и их интенсивности) и локальности его выпадения. В настоящее время всеми этими данными мы не располагаем, поэтому используются осредненные значения критериев увлажненности почвогрунтов для среднегорной зоны – 400 мм и для высокогорной зоны – 500 мм.

В селеопасный период 2023 года

предварительное увлажнение почвогрунтов в среднегорной зоне центральной части Иле Алатау превышало критериальное значение (400 мм) 1...7 мая, 20 мая...9 июня, 21...22 июня, 26...28 июня, 6...16 июля, 12...20 августа, 28...31 августа, 4...5 сентября, 20...25 сентября (рисунок 8), в высокогорной зоне предварительное увлажнение почвогрунтов превышало критериальное значения (500 мм) 12...17 августа (рисунок 9).

21 июля формирование и развитие селей в бассейне р. Киши Алматы произошло в рытвинах на правом склоне долины реки, где предварительная увлажненность практически не имеет значение для селеформирования, в то время как локальное выпадение осадков играет первостепенную роль. Механизм формирования селей в рытвинах был впервые выявлен и описан в 2001 году (Степанов Б.С. и др., 2001; Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2014).

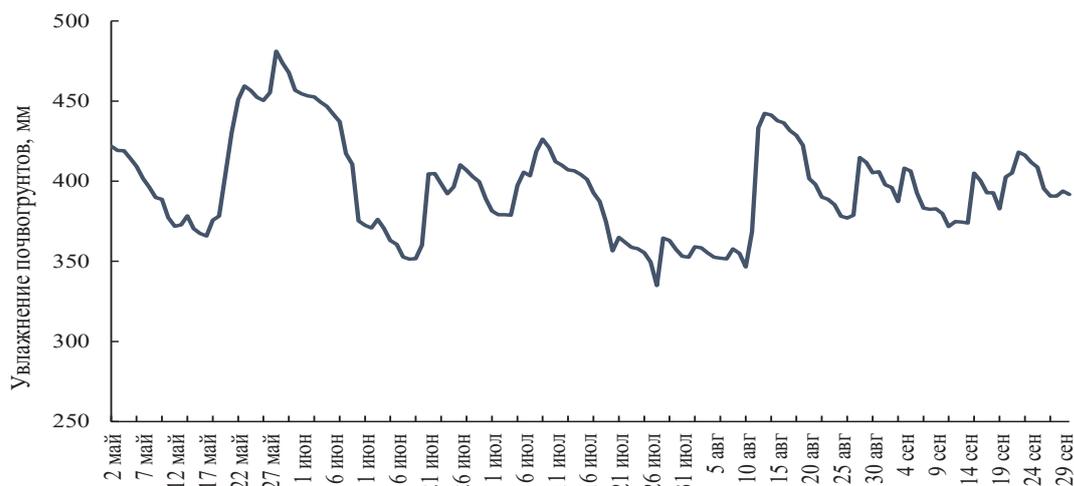


Рис. 8. Изменение увлажнения почвогрунтов в среднегорной зоне центральной части Иле Алатау в селеопасный период 2023 года

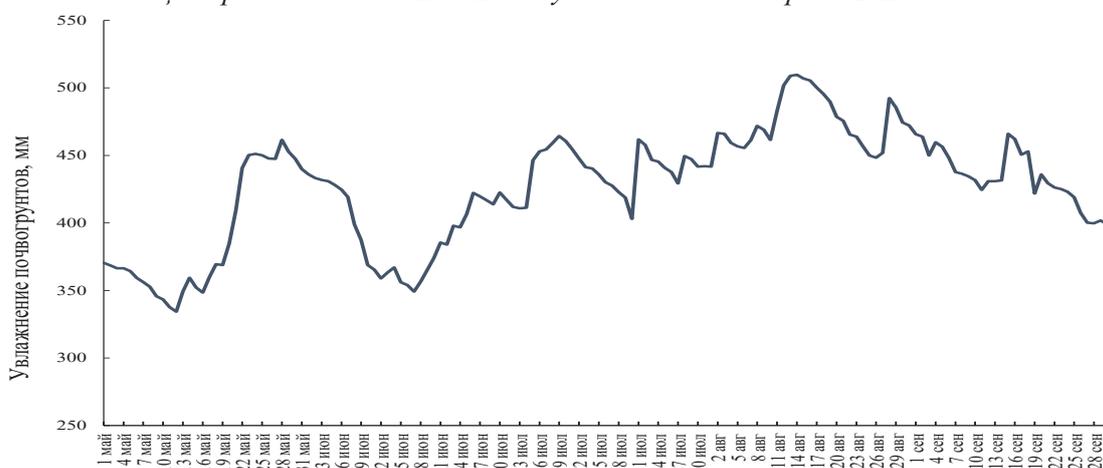


Рис. 9. Изменение увлажнения почвогрунтов в высокогорной зоне центральной части Иле Алатау в селеопасный период 2023 года

Важным фактором селеформирования является температура воздуха. Температура воздуха определяет слой, интенсивность и фазовое состояние осадков. Выпадение осадков в жидком виде в высокогорной зоне – необходимое условие формирования катастрофических селей дождевого генезиса. Известно, что в скально-ледниковом высокогорье при температуре 13...15 °С и выше значительно увеличивается вероятность выпадения осадков в жидком виде в высотном интервале 3400...4000 м. На высоте 3000 м жидкие осадки наблюдаются в случае, когда температура воздуха в день, предшествующий выпадению селеобразующих осадков не ниже 10 °С. Многочисленные в высокогорной зоне осыпи, обрывы, крутые скалистые склоны, лишённые растительности, служат очагами зарождения селей дождевого генезиса. При выпадении дождей со слоем более 40 мм возможно формирование катастрофических селей (Яфязова, Р.К., 2007; Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2017).

На рисунке 10 приведено изменение среднесуточной температуры воздуха на МС «Мынжилки» (высота 3017 м). Из рисунка видно, что температура воздуха превысила 10 °С 8 июня. С 8 июня по 11 сентября среднесуточная температура воздуха изменялась от 14,1 °С (13 июля) до 1 °С (5 сентября), про-

должительность среднесуточной температуры воздуха выше 10 °С составила 39 суток.

В среднегорной зоне температура воздуха, превышавшая 10 °С на МС «Шымбулак» и МС «БАО», т.е. благоприятная для селеформирования, наблюдалась после первой декады мая до второй декады сентября на протяжении практически всего селеопасного периода (рисунки 11, 12).

Нетрудно видеть, что среднесуточный ход температуры воздуха на высоте МС «Мынжилки» (3017 м) и МС «Шымбулак» (2193 м) (бассейн р. Киши Алматы) при максимальном отклонении синхронны. Разница в температурах обусловлена разностью высоты метеостанций над уровнем моря.

Сравнение среднесуточной температуры воздуха в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы показало, что среднесуточный ход температуры воздуха на высоте МС «Шымбулак» (2193 м) (бассейн р. Киши Алматы) и МС «БАО» (2516 м) синхронный. Разница в температурах обусловлена разностью высоты метеостанций.

В низкогорной зоне среднесуточная температура воздуха, превышавшая 10 °С на МС «Алматы, Каменское плато», наблюдалась практически на протяжении всего селеопасного периода (рисунок 13).

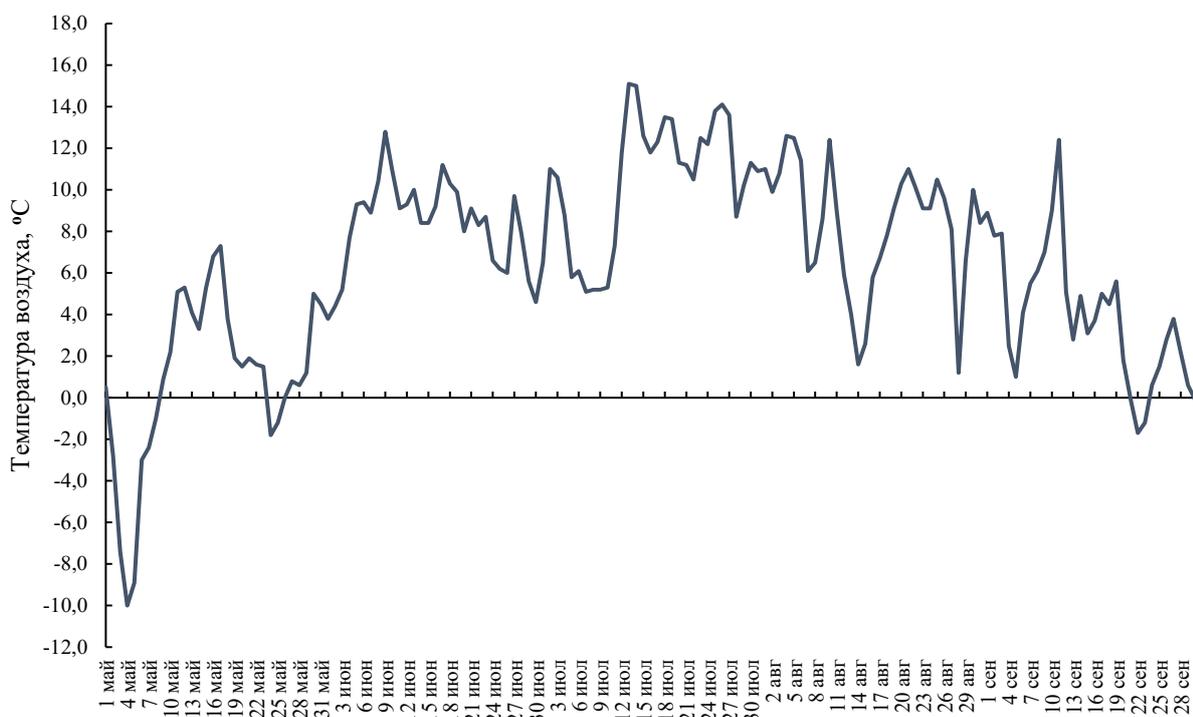


Рис. 10. Среднесуточная температура воздуха по МС «Мынжилки» за селеопасный период 2023 года

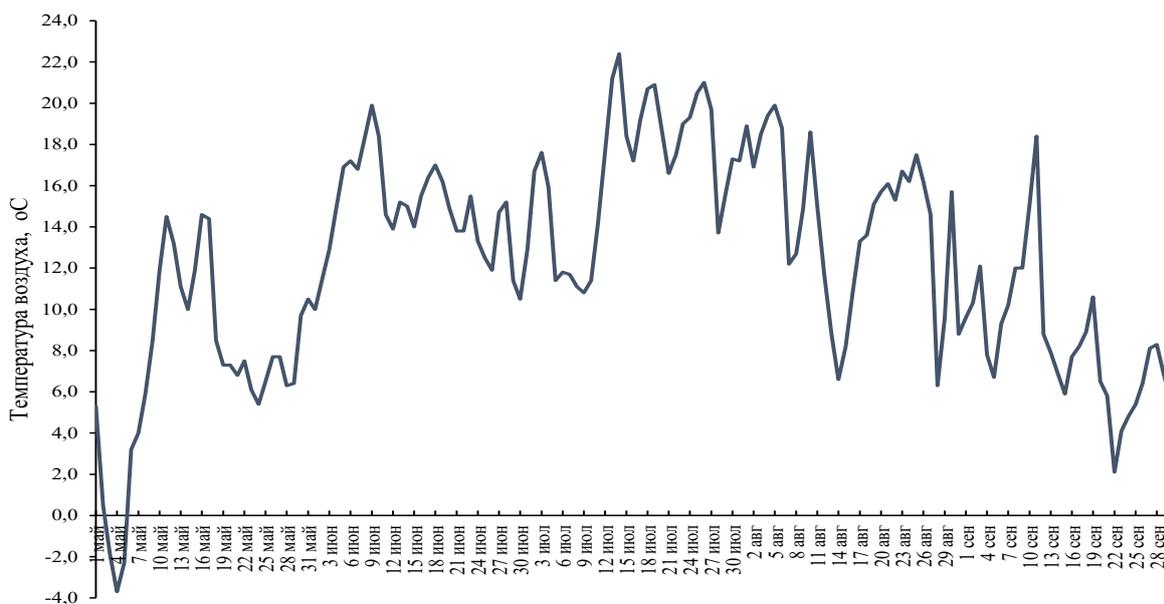


Рис. 11. Среднесуточная температура воздуха по МС «Шымбулак» за селеопасный период 2023 года

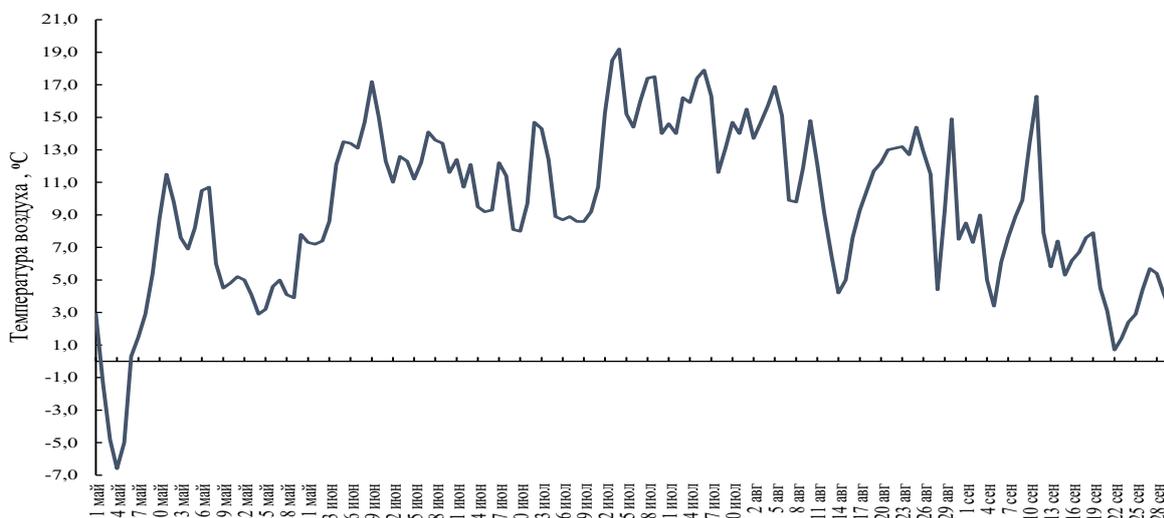


Рис. 12. Среднесуточная температура воздуха по МС «БАО» за селеопасный период 2023 года

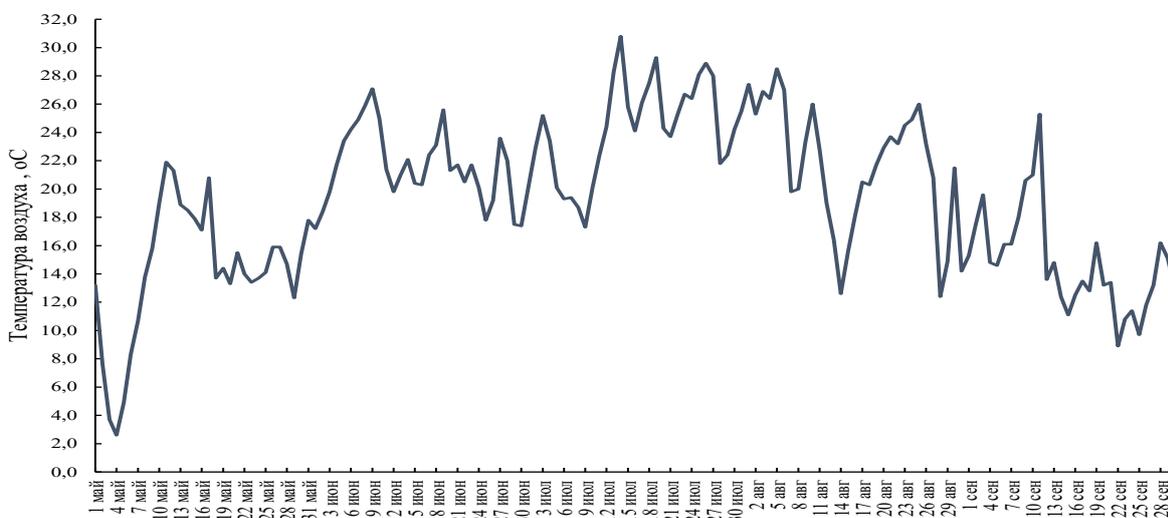


Рис. 13. Среднесуточная температура воздуха по МС «Алматы, Каменское плато» за селеопасный период 2023 года

При прогнозе селей дождевого генезиса не последнюю роль играет информация о высоте нулевой изотермы. На рисунке 14 приведен график нулевой изотермы по данным АС «Алматы» для северного склона Иле Алатау в селеопасный период 2023 года.

По данным АС «Алматы», в селеопасный период 2023 года условия, благоприятствующие выпадению жидких осадков в среднегорной зоне (нулевая изотерма выше 3000 м), наблюдались 138 суток. Условия, благоприят-

ствующие выпадению жидких осадков в высокогорной зоне (нулевая изотерма выше 4000 м), наблюдались 74 суток. В июле нулевая изотерма была выше 5000 м, зафиксировано 5 случаев.

Аэрологические наблюдения проводятся на предгорной равнине на высоте 663 м один раз в сутки (в 6 часов утра). Учитывая то, что на высоте аэрологической станции может иметь место инверсия, при прогнозе селей дождевого генезиса высоту нулевой изотермы целесообразно определять расчетным способом.

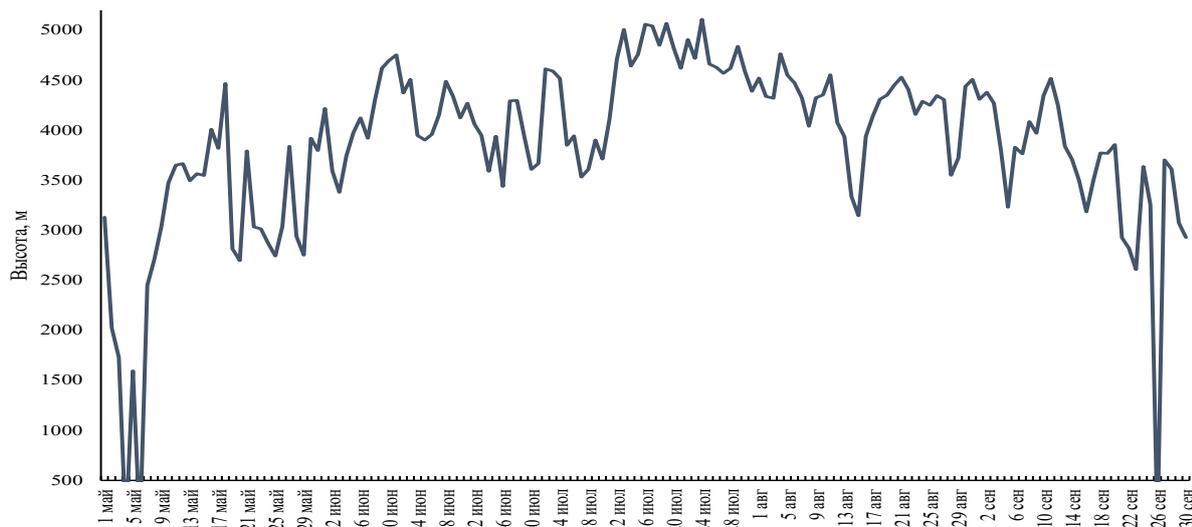


Рис. 14. Высота нулевой изотермы по данным АС «Алматы» в селеопасный период 2023 года

Главную роль в формировании селей дождевого генезиса играют жидкие осадки. Изучение условий формирования селей дождевого генезиса для центральной части Иле Алатау показало, что катастрофические сели дождевого генезиса формируются при выпадении осадков слоем более 40 мм (Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2016; Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2017).

При составлении прогнозов селей дождевого генезиса для бассейнов рек Киши и Улкен Алматы использовались прогнозы осадков синоптическим и численным методами. Синоптический прогноз давался для северного склона Иле Алатау и использовался как основной, а численный – для оценки их возможностей. Численный прогноз давался для высот 1000, 2000 и 3000 м. В бассейнах рек Киши и Улкен Алматы в низкогорной, среднегорной и высокогорной зонах имеются метеостанции, что позволяет оценить оправдываемость численного прогноза. Для бассейна р. Киши Алматы было выбрано 13 пунктов наблюдения за осадками и температурой воздуха, для бас-

сейнар. Улкен Алматы – 8 пунктов наблюдения.

Изучение условий формирования селей дождевого генезиса для центральной части Иле Алатау показало, что катастрофические сели дождевого генезиса формируются при выпадении осадков слоем более 40 мм. За селеопасный период осадки слоем более 40 мм наблюдались в среднегорной и высокогорной зонах бассейнов рек Киши и Улкен Алматы 2 раза: 21 июля (МС «Мынжилки» – 56 мм) и 12 августа (МС «Шымбулак» – 47,1 мм).

В соответствии с методом сверхкраткосрочного прогноза селей дождевого генезиса 21 июля 2023 года было дано штормовое предупреждение об угрозе формирования селей в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, прогноз оправдался.

В высокогорной и среднегорной зонах Иле Алатау днем, на фоне высокой температуры воздуха, выпали сильные осадки продолжительностью 2...3 часа. По данным станции АСМ «Озеро №6»,

расположенной в бассейне р. Киши Алматы на высоте 3600 м (ГУ «Казселезащита»), выпало 72 мм жидких осадков; гляциологической станции на леднике Туйыксу (АО «Институт географии и водной безопасности») – 61,2 мм; государственной наблюдательной сети РГП «Казгидромет»: МС «Мынжилки» – 56 мм; АМС «Туюксу» – 20 мм; МС «Шымбулак» – 16 мм; МС «БАО» – 36 мм; ГП «Кумбель-устье» – 32,2 мм. По данным АМС «БАО», максимальная интенсивность дождя составляла 1,3 мм/мин, средняя интенсивность дождя в течение 30 минут составила 0,7 мм/мин.

Сели дождевого генезиса 21 июля 2023 года в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы показали работоспособность метода сверхкраткосрочного прогноза селей дождевого генезиса.

В соответствии с методом сверхкраткосрочного прогноза селей дождевого генезиса на 12...13 августа 2023 года было дано штормовое предупреждение об угрозе формирования селей в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы. Согласно методу сверхкраткосрочного прогноза катастрофических селей дождевого генезиса для бассейнов рек Киши и Улкен Алматы, за критериальное значение осадков принято 40 мм с целью увеличения заблаговременности прогноза, которая складывается из времени между выпадением осадков от 40 до 60 мм и времени добега селя до объекта поражения. Выбор этого решения обусловлен и тем, что в реальных условиях селя образуется при выпадении дождя слоем близким к 60 мм. Подобные осадки в обсуждаемом районе в селеопасный период выпадают 1 раз в 2...3 года. Это в несколько раз превышает время добега селя и, при использовании современных технических средств оповещения о селевой опасности, обеспечивает безопасность населения (Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2016; Яфязова Р.К., 2014).

По данным МС «Шымбулак» (бассейн р. Киши Алматы), 12 августа 2023 года выпало 47,1 мм жидких осадков. За 3 часа 20 минут (с 18:18 по 21:38 часов) выпало 45,9 мм жидких осадков, при этом интенсивность осадков была высокой: с 18:18 до 18:40 часов интенсивность была в среднем 0,5 мм/мин, с 19:32 до 19:58 часов – 0,4 мм/мин. По данным

АМС «Кумбель» (бассейн р. Улкен Алматы), 12 августа 2023 г. выпало 22,8 мм жидких осадков за 3 часа 10 минут (с 18:18 по 21:28 часов), при этом интенсивность осадков в начале дождя была высокой: составляла в среднем 1,08 мм/мин.

Учитывая, что бассейн р. Улкен Алматы находится в непосредственной близости к бассейну р. Киши Алматы, где выпали интенсивные жидкие осадки слоем 45,9 мм и другие значения предикторов сверхкраткосрочного прогноза для среднегорной зоны идентичны, а осадки носили локальный характер, было принято решение дать штормовое предупреждение и для бассейна р. Улкен Алматы несмотря на то, что слой осадков в бассейне р. Улкен Алматы не достиг критериального значения.

Штормовое предупреждение не оправдалось потому, что после выпадения 47 мм на МС «Шымбулак» дождь прекратился, сели в Иле Алатау формируются, когда количество выпавших осадков близко к 60 мм.

В бассейнах рек Киши и Улкен Алматы селепроявления не зафиксированы, небольшое селепроявление наблюдалось в бассейне р. Каскелен (Иле Алатау), расположенном в 20...25 км от бассейна р. Улкен Алматы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сели дождевого генезиса, сформировавшиеся 21 июля 2023 г. в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы показали работоспособность метода сверхкраткосрочного прогноза селей дождевого генезиса (Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2016; Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2023). Анализ формирования селей в рытвинах, расположенных на правом склоне долины р. Киши Алматы, подтвердил правильность представления о механизме формирования дождевых селей в рытвинах, а также необходимость внедрения в практику защиты от селей дождевого генезиса, формирующихся в рытвинах, способа предотвращения селей путем создания «окон разгрузки», описанных в (Степанов Б.С. и др., 2001; Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2014) (Степанов Б.С., Яфязова Р.К., 2023).

Дальнейшее усовершенствование численных методов прогноза погоды для горной территории, установка автоматических метеорологических станций в селеопасных бассейнах

во всех высотных зонах позволят повысить качество прогнозов селей дождевого генезиса и обеспечить надежными прогнозами селей дождевого генезиса все населенные пункты, расположенные у подножия хребтов. Наложение фактических и прогнозируемых осадков в горной местности на интерактивную карту селеопасных районов в реальном времени делает прогноз селей дождевого генезиса более точным и конкретным (Степанов Б.С., 2023).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Meteorological Organization (WMO) (2017). Guidelines on the Calculation of Climate Normals (WMO No. 1203)/ Geneva
2. Гидрологическая база данных РГП «Казгидромет». – Электронный ресурс: https://meteo.kazhydromet.kz/database_hydro/
3. Государственный климатический кадастр. – Электронный ресурс: https://meteo.kazhydromet.kz/climate_kadastr/
4. Ежедневный бюллетень селевой опасности дождевого генезиса по горной территории Республики Казахстан. – Электронный ресурс: https://www.kazhydromet.kz/uploads/files_calendar/2190/file/665da25e9bfb2byulleten-36.pdf
5. Кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года №400-VI «Экологический кодекс Республики Казахстан» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.05.2023 г.). Статья 166. Государственная монополия в области метеорологического, гидрологического мониторинга и мониторинга состояния окружающей среды.
6. Метеорологическая база данных РГП «Казгидромет». – Электронный ресурс: https://meteo.kazhydromet.kz/database_meteo/
7. Наставление по службе прогнозов погоды. – Алматы, 2005 – 27 с.
8. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработать метод прогноза катастрофических селей дождевого генезиса на северном склоне Заилийского Алатау» / РГП «Казгидромет» ДГП «КазНИИМОСК». – Алматы, 2000. – 104 с. (утвержден директором ДГП «КазНИИМОСК» М.Ж. Бурлибаевым).
9. Совместный Приказ Министра МЧС РК от 19.01.2021 года №17 и Министра МЭГПР РК от 27.01.2021 года №16-П «По взаимному обмену информацией гидрометеорологического обеспечения».
10. Степанов Б.С. Вклад Национальной гидрометеорологической службы Республики Казахстан в селевую безопасность страны // Гидрометеорология и экология. – 2023. – №4. – С. 113–123.
11. Степанов Б.С., Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К. Механизмы, приводящие к формированию селей дождевого генезиса в высокогорной зоне Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. – 2001. – №1–2. – С. 74–81.
12. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Состояние проблемы краткосрочного прогноза селей дождевого генезиса // Гидрометеорология и экология. – 2017. – №2. – С. 114–125.
13. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Метод сверхкраткосрочного прогноза селей дождевого генезиса // Гидрометеорология и экология. – 2016. – №4. – С. 71–83.

14. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Сверхкраткосрочный прогноз дождевых селей и формирование селей в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы 21 июля 2023 года // Гидрометеорология и экология. – 2023. – №4. – С. 16–24.
15. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Селевые процессы и селетехнические сооружения. – Алматы, 2014. – Т. 3. – 434 с.
16. Яфязова Р.К. К концепции сверхкраткосрочного прогноза // Гидрометеорология и экология. – 2014. – №4. – С. 52–57.
17. Яфязова Р.К. Природа селей Заилийского Алатау. Проблемы адаптации. – Алматы, 2007. – 158 с.

REFERENCES

1. World Meteorological Organization (WMO) (2017). Guidelines on the Calculation of Climate Normals (WMO No. 1203)/ Geneva
2. Hidrologicheskaya baza dannyh RGP «Kazgidromet». – Elektronnyi resurs: https://meteo.kazhydromet.kz/database_hydro/
3. Gosudarstvennyj klimaticheskij kadastr. – Elektronnyi resurs: https://meteo.kazhydromet.kz/climate_kadastr/
4. Ezhdnevnye byulleteni selevoj opasnosti dozhdevoogo genezisa po gornoj territorii Respubliki Kazahstan. – Elektronnyi resurs: https://www.kazhydromet.kz/uploads/files_calendar/2190/file/665da25e9bfb2byulleten-36.pdf
5. Kodeks Respubliki Kazahstan ot 2 yanvary 2021 goda №400-VI «Ekologicheskij kodeks Respubliki Kazahstan» (s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 01.05.2023 g.). Stat'ya 166. Gosudarstvennaya monopoliya v oblasti meteorologicheskogo, gidrologicheskogo monitoringa i monitoringa sostoyaniya okruzhayushchej sredy.
6. Meteorologicheskaya baza dannyh RGP «Kazgidromet». – Elektronnyi resurs: https://meteo.kazhydromet.kz/database_meteo/
7. Nastavlenie po sluzhbe prognozov pogody. – Almaty, 2005 – 27 p.
8. Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote «Razrabotat' metod prognoza katastroficheskikh selej dozhdevoogo genezisa na severnom sklone Zailijskogo Alatau» / RGP «Kazgidromet» DGP «KazNIIMOSK». – Almaty, 2000. – 104 p. (utverzhen direktorom DGP «KazNIIMOSK» M.ZH. Burlibaevym).
9. Sovmestnyj Prikaz Ministra MCHS RK ot 19.01.2021 goda №17 i Ministra MEGPR RK ot 27.01.2021 goda №16-P «Po vzaimnomu obmenu informaciej gidrometeorologicheskogo obespecheniya».
10. Stepanov B.S. Vklad Nacional'noj gidrometeorologicheskoy sluzhby Respubliki Kazahstan v selevuyu bezopasnost' strany // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2023. – №4. – p. 113–123.
11. Stepanov B.S., Hajdarov A.H., YAfiazova R.K. Mekhanizmy, privodyashchie k formirovaniyu selej dozhdevoogo genezisa v vysokogornoj zone Zailijskogo Alatau // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2001. – №1–2. p.74–81.
12. Stepanov B.S., YAfiazova R.K. Costoyanie problemy kratkosrochnogo prognoza selej dozhdevoogo genezisa // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2017. – №2. – p. 114–125.

13. Stepanov B.S., YAfyzova R.K. Metod sverhkratkosrochnogo prognoza selej dozhdevogo genezisa // *Gidrometeorologiya i ekologiya*. – 2016. – №4. – p. 71–83.
14. Stepanov B.S., YAfyzova R.K. Sverhkratkosrochnyj prognoz dozhdevyh selej i formirovanie selej v bassejnah rek Kishi i Ulken Almaty 21 iyulya 2023 goda // *Gidrometeorologiya i ekologiya*. – 2023. – №4. – p. 16–24.
15. Stepanov B.S., YAfyzova R.K. Selevye yavleniya YUgo-Vostochnogo Kazahstana: Selevye processy i seletekhnicheskiesooruzheniya.–Almaty,2014.–Т.3.–434p.
16. YAfyzova R.K. K koncepcii sverhkratkosrochnogo prognoza // *Gidrometeorologiya i ekologiya*. – 2014. – №4. – p. 52–57.
17. YAfyzova R.K. Priroda selej Zailijskogo Alatau. Problemy adaptacii. – Almaty, 2007. – 158 p.

2023 ЖЫЛЫ ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ТАУЛЫ АУМАҒЫ БОЙЫНША ЖАҢБЫР ГЕНЕЗИСТІ СЕЛ ҚАУІПТІЛІГІНЕ ШОЛУ

Р.К. Яфязова* *т.ғ.д., доцент*, **Б.С. Степанов** *ғ.ғ.д., профессор*, **С.А. Буралхиев**

«Қазгидромет» РМК, Алматы, Қазақстан
E-mail: yafyzova@gmail.com

Қазақстан Республикасының 2023 жылғы таулы аумағы бойынша жаңбыр генезисінің сел қаупі мониторингінің нәтижелері бойынша шолу жасалынды. Мониторинг Алматы, Жетісу, Жамбыл, Түркістан, Маңғыстау, Абай және Шығыс Қазақстан облыстарының сел қаупі бар аудандары үшін жүзеге асырылды. Сел қауіпті аймақтарға Іле, Күнгей, Теріскей, Жетісу, Қырғыз және Талас Алатауы, Өгем жотасы, Маңғыстау, Саур, Тарбағатай және Қазақстан Алтай таулары жатады. Бақылауда Қазақстан Республикасы аумағының сел қаупі картасы, гидрометеорологиялық жағдай және 2023 жылғы сел қаупі кезеңінде селдің пайда болуы туралы ақпарат келтірілген. Мониторинг процесінде жедел режимде «Қазгидромет» РМК мемлекеттік бақылау желісінің ақпараты, «Қазгидромет» РМК ауа райының синоптикалық және сандық болжамдары және т. б. пайдаланылды.

Түйін сөздер: сел, сел қауіптілігі, селдерді өте қысқа мерзімде болжау әдісі, жаңбыр, ауа температурасы, нөлдік изотерма, қар сызығы, топырақтың ылғалдануы.

REVIEW OF DEBRIS-FLOW HAZARD CAUSED BY RAINFALL IN THE MOUNTAIN TERRITORY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN FOR 2023

R. Yafyzova* *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor*; **B. Stepanov** *Doctor of Geographical Sciences, Professor*; **S. Buralhiev**

RSE «Kazhydromet», Almaty, Kazakhstan
E-mail: yafyzova@gmail.com

The review was prepared based on the results of monitoring the debris-flow hazard caused by rainfall in the mountainous territory of the Republic of Kazakhstan for 2023. Monitoring was carried out for debris-flow hazard areas of Almaty, Zhetysu, Zhambyl, Turkestan, Mangistau, Abay and East Kazakhstan regions. The Ile, Kungey, Teriskey, Zhetysu, Kyrgyz and Talas Alatau, Ugam, Mangystau, Saur, Tarbagatai and Kazakhstan Altai mountains ridges are debris-flow hazard areas. The Review contains a map of debris-flow hazard on the territory of the Republic of Kazakhstan, information on the hydrometeorological situation and debris flow occurrences during the 2023 debris-flow-hazardous period. In the monitoring process information from the state observation network of the RSE «Kazhydromet» in operational mode, synoptic and numerical weather forecasts of the RSE «Kazhydromet» was used, etc.

Keywords: debris flow, debris-flow hazard, ultra-short-term debris flow forecast method, rainfall, air temperature, zero isotherm, snow line, soil moisture.

Сведения об авторах/Авторлар туралы мәліметтер/Information about authors:

Яфязова Роза Кайюмовна - доцент, доктор технических наук, начальник управления исследования селевых процессов и прогнозирования селей РГП «Казгидромет», Алматы, Абая, 32, *yafyazova@gmail.com*

Степанов Борис Сергеевич - профессор, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник управления исследования селевых процессов и прогнозирования селей РГП «Казгидромет», Алматы, Абая, 32, *bs.stepanov@gmail.com*

Буралхиев Саги Абдималикович – ведущий научный сотрудник управления исследования селевых процессов и прогнозирования селей РГП «Казгидромет», Алматы, Абая, 32, *buralkhiyev_s@meteo.kz*

Яфязова Роза Кайюмовна - доцент, техникалық ғылымдарының докторы, «Казгидромет» РМК Сел үдерістерін зерттеу және селді болжау басқармасы бастығы, Алматы, Абай көш., 32, *yafyazova@gmail.com*

Степанов Борис Сергеевич - профессор, география ғылымдарының докторы, «Казгидромет» РМК Сел үдерістерін зерттеу және селді болжау басқармасы жетекші ғылыми қызметкері, Алматы, Абай көш., 32, *bs.stepanov@gmail.com*

Буралхиев Саги Абдималикович – «Казгидромет» РМК Сел үдерістерін зерттеу және селді бол-жау басқарма-сының жетекші ғылыми қызметкері, Алматы, Абай көш., 32, *buralkhiyev_s@meteo.kz*

Yafyazova Roza - Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Head at the Department of Debris-flow Processes Research and Debris flows Forecasting of RSE «Kazhydromet», Almaty, Abay St., 32, *yafyazova@gmail.com*

Stepanov Boris - Professor, Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher at the Department of Debris-flow Processes Research and Debris flows Forecasting of RSE «Kazhydromet», Almaty, Abay St.,32, *bs.stepanov@gmail.com*

Buralkhiyev Sagi –Leading Researcher at the Department of Debris-flow Processes Research and Debris flows Forecasting of RSE «Kazhydromet», Almaty, Abay St., 32, *buralkhiyev_s@meteo.kz*

Вклад авторов/ Авторлардың қосқан үлесі/ Authors contribution

Яфязова Роза Кайюмовна – разработка концепции, разработка методологии, проведение статистического анализа, подготовка и редактирование текста, визуализация

Степанов Борис Сергеевич – разработка концепции, разработка методологии, проведение статистического анализа, подготовка и редактирование текста, визуализация

Буралхиев Саги Абдималикович – ресурс, визуализация

Яфязова Роза Кайюмовна - тұжырымдаманы әзірлеу, әдістемені әзірлеу, статистикалық талдау жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

Степанов Борис Сергеевич - тұжырымдаманы әзірлеу, әдістемені әзірлеу, статистикалық талдау жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

Буралхиев Саги Абдималикович – ресурстар, көрнекілік

Yafyazova Roza – concept development, methodology development, conducting statistical analysis, preparing and editing the text, visualization

Stepanov Boris – concept development, methodology development, conducting statistical analysis, preparing and editing the text, visualization

Buralkhiyev Sagi – resources, visualization