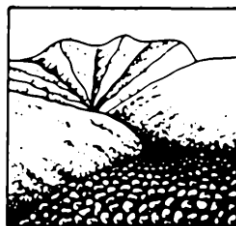


DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 5th International Conference

Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018



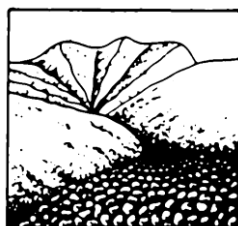
Editors
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Publishing House “Universal”
Tbilisi 2018

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
5-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г.



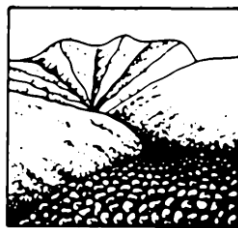
Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили

Издательство Универсал
Тбилиси 2018

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის
მასალები

თბილისი, საქართველო, 1-5 ოქტომბერი, 2018



რედაქტორები
ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი

გამომცემლობა "უნივერსალი"
თბილისი 2018

УДК 551.311.8
ББК 26.823

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г. – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили. – Тбилиси: Универсал, 2018, 671 с.

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 5th International Conference. Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018. – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili. – Tbilisi: Publishing House “Universal”, 2018, 671 p.

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა. მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო, 1–5 ოქტომბერი, 2018. გამომცემლობა "უნივერსალი", თბილისი 2018, 671 გვ. პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი.

Ответственные редакторы С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили
Edited by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Верстка: С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева, Е.А. Савернюк
Page-proofs: S.S. Chernomorets, K.S. Viskhadzhieva, E.A. Savernyuk

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).
Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman’s book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-9941-26-283-8

© Селевая ассоциация
© Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава
Грузинского технического университета

© Debris Flow Association
© Ts. Mirtskhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University

© ღვარცოფების ასოციაცია
© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა
მეურნეობის ინსტიტუტი



Пространственно-временной анализ распределения селевых явлений и пути предупреждения и снижения их разрушительных воздействий в горных и предгорных районах Казахстана

Т.А. Баймолдаев¹, М.К. Касенов¹, А.К. Мусина², Ж.Т. Раймбекова^{1,2}

¹ГУ «Казселезащита» КЧС МВД РК, Алматы, Республика Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

В статье анализируется пространственно-временное распределение селевых явлений с учетом зарегистрированных и восстановленных данных. Оценены методы и способы защиты от ливневых и гляциальных селей, как наиболее распространенных типов в горных и предгорных районах Казахстана. Также приведены дальнейшие направления предотвращения и снижения характеристик селевых потоков в скором будущем.

селевые потоки, гляциальные сели, ливневые сели, пространственно-временной анализ, превентивные мероприятия, противоселевые сооружения.

Spatial-temporal analysis of the mudflow phenomena distribution and ways of preventing and reducing their destructive effects in mountainous and foothill areas of Kazakhstan

T.A. Baimoldayev¹, M.K. Kassenov¹, A.K. Mussina², Zh.T. Raimbekova^{1,2}

¹State Institution "KazMudflowProtection", Committee of Emergency Situations, Republic of Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University

The article analyzes the spatial and temporal distribution of mudflow phenomena taking into account recorded and reconstructed data. Methods of protection against storm and glacial mudflows, as the most widespread types in mountain and foothill areas of Kazakhstan are estimated. Further directions for preventing and reducing the characteristics of mud flows in the near future are also given.

mudflows, glacial mudflows, torrential mudflows, spatial-temporal analyses, preventive measures, constructions against mudflow

По данным ГУ «Казселезащита» КЧС МВД РК всего на территории республики выявлено 300 селевых бассейнов, в которых насчитывается 5650 селевых очагов. На территории Казахстана селевые очаги приурочены, к селеопасным районам, охватывающие в основном горные и предгорные части юга и юго-востока республики (рис. 1): Казахстанский Алтай, Сауыр-Тарбагатай, Жетысу Алатау и ряд хребтов, представляющих крайние северные дуги Тянь-Шаня. К последним относятся Иле Алатау, Кетпен, Терискей и Кунгей Алатау, Киргизский хребет (в пределах казахстанской части территории), Каратау. Максимальные гипсометрические уровни



отмеченных горных систем варьируют в интервалах высот 1500-5000 м абс. Случаи прохождения сравнительно маломощных селей и отдельных паводков зафиксированы также в Шу-Илейских горах и небольших по площади бассейнах Киндиктаса. В последнее время к числу селеопасных отнесены также некоторые районы аридных областей, бедных атмосферными осадками, такие, как Горный Мангистау и отдельные участки чинков Мангистауского плато на восточном побережье Каспийского моря. В общей сложности около 70 % горных районов республики принадлежит к категориям средней и высокой селеопасности [Медеуов и др., 1993; Медеу, Нурланов, 1996].

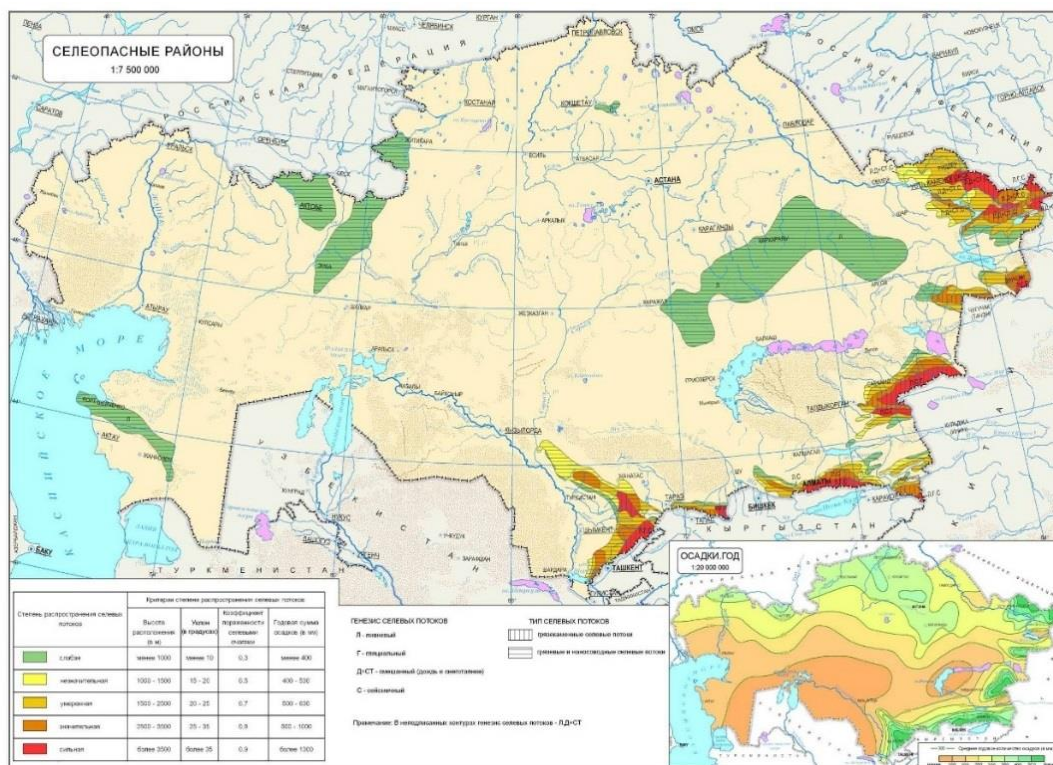


Рис. 1. Селеопасные районы Казахстана. Источник: [Атлас..., 2009]. природных и техногенных опасностей и риск чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан. Под редакцией А.Р. Медеу. – Алматы, 2009. – 241 с.

По данным многих авторов [Деговец, 2000; Баймолдаев и др., 2007] до недавнего времени общее количество селевых явлений, зарегистрированных по республике за последние 150 лет, составляло около 800 случаев. В течение многих лет эта цифра не менялась. В результате анализа табличных данных, приведенных в [Медеу и др., 2015] и мониторинговых данных ГУ «Казселезащита» КЧС МВД РК за последние годы на указанной территории выявлено около 1250 селевых потоков. Наглядное представление о селевой опасности горных районов Казахстана дает рисунок 2. Фактические данные показывают, что наибольшее число случаев прохождения селей отмечено в Иле Алатау – до 30% от общего количества восстановленных и зарегистрированных селей, в Жетысу Алатау – 25 %, в горных районах Южно-Казахстанской и Восточно-Казахстанской областей – соответственно 20% и 16 %, на долю остальных регионов (горные районы Жамбылской области, Терискей Алатау и Кетпен, Атырауская и Мангыстауская области) приходится лишь до 1-5 %.

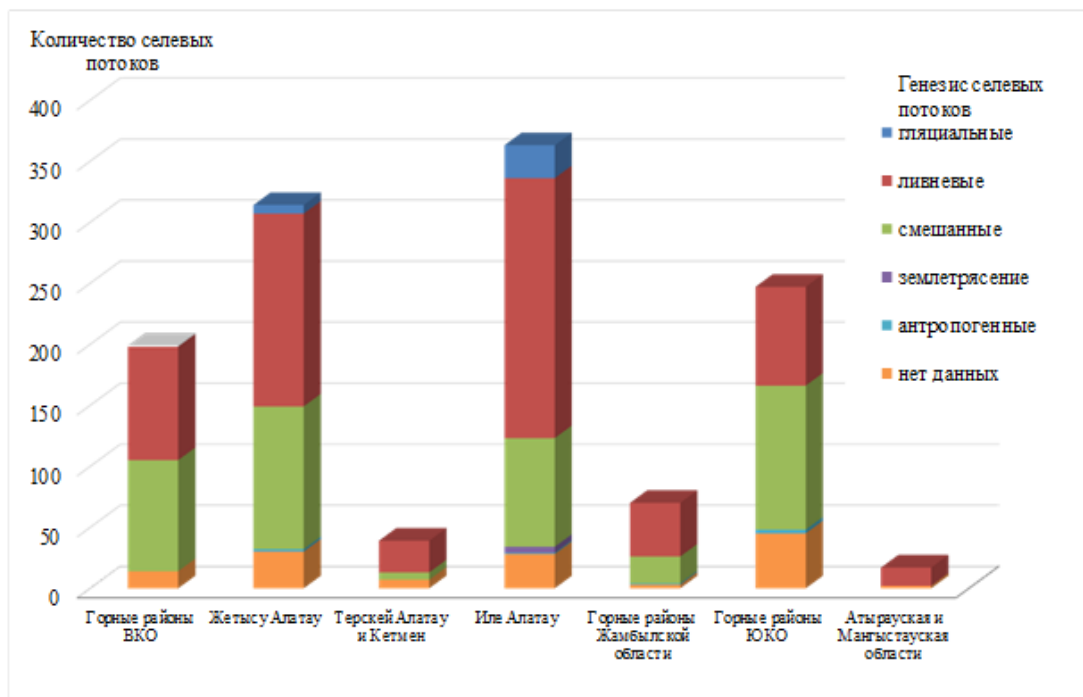


Рис. 2. Распределение случаев прохождения селей по горным системам Казахстана до 2015 г.

На основе анализа закономерностей временных распределении восстановленных и зарегистрированных данных о селях выявлено, что до 50-х годов прошлого столетия наблюдалось лишь 10% их общего количества. А остальные 90% приходятся на период 1951-2015 гг. Это обусловлено общим повышением селевой активности на фоне климатических изменений, освоением горных и предгорных районов, а также развитием системы наблюдений. Результаты анализов свидетельствуют о том, что бассейны рек Иле Алатау и Жетысу Алатау являются в достаточной степени селеопасными.

Подтверждением повышения селевой активности служат частое проявление селевых потоков с 50-х годов прошлого столетия (рис. 3). Если с начала XX века в одно десятилетие наблюдались по 1-3 селей, то со второй половины этого столетия это число доходило до 80 случаев за декаду.

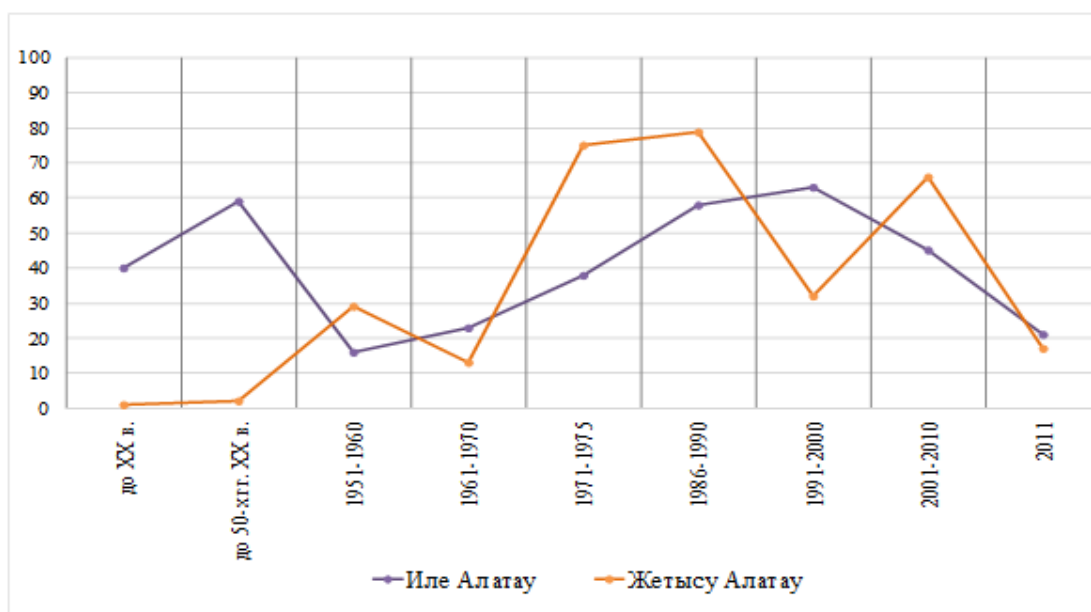


Рис. 3. Повторяемость селевых потоков Иле и Жетысу Алатау по десятилетиям.



Начиная с 50-х годов прошлого столетия в Казахстане, в особенности в горных районах Иле и Жетысу Алатау возводились противоселевые сооружения различной конструкций, которые предназначались для задержания селевой массы и погашения скоростей селевых потоков (рис. 4).

Проблема защиты от селевых явлений появилась практически одновременно с началом освоения горных и предгорных территорий Казахстана и остается не полностью решенной до настоящего времени.

История решения проблемы защиты является отражением процессов развития познаний природы селевых явлений, научно-технического прогресса в области противоселевого и гидротехнического проектирования, расширения зон гражданского и промышленного строительства, сельскохозяйственного использования территории Казахстана.

В ретроспективном плане решение проблемы защиты от селей в Казахстане – это история проектов противоселевых мероприятий по защите конкретных объектов исходя из бытующих на момент их создания представлений об условиях и процессах селеформирования. Защита от селевых явлений отдельных крупных территорий на основе накопленного опыта и расширенных знаний о природе селей осуществлялась проектированием и строительством сооружений на незащищенных территориях.

Первые проекты основывались на представлениях о селевых потоках как паводках, насыщенных смытым с эродированных водосборных площадей грунтом, затем как паводков, с расходами сотни кубометров в секунду, размывающих русловые отложения, которые не увенчались успехом. Соответственно этим представлениям изменялись и предлагаемые способы защиты: лесомелиорация, террасирование склонов, укладка в руслах огромного количества каменных завалов высотой до 5 м, устройство котлованов-селеуловителей, осветленная вода из которых должна была сбрасываться по канализированному руслу. Дальнейшие проекты не получили положительные заключения, ввиду высокой стоимости работ [Попов, 1990; Медеу и др., 2007].

В 50-х годах прошлого столетия Казахстанские проектировщики предложили соорудить завальную плотину взрывным способом в урочище Медеу в бассейне р. Киши Алматы, вододелитель на р. Есентай, облицовку ее русла. В соответствии с проектом в 1960-1963 гг. построен Есентайский вододелитель, облицовано бетонными плитами русло р. Есентай (в пределах города Алматы). В 1964 г. проект плотины был доработан. В период 1964-1966 гг. в бассейне р. Киши Алматы построены 4 сквозных металлических селеуловителя и габрионная плотина в урочище Мынжилки, а также сифонный водосброс, позволяющий понижать уровень воды моренного озера. Направленными взрывами в 1966-1967 гг. в урочище Медеу была создана основа уникальной каменно-набросной плотины [Есенов и др., 1978]. Селехранилище в Медеу должно было обеспечить задержание селевого паводка обеспеченностью 0,01 %.



Рис 4. Селезадерживающие плотины в Иле Алатау: а) плотина в басс. р. Талгар; б) плотина Медеу в басс. р. Киши Алматы; в) плотина в бас. р. Улкен Алматы.

Научные исследования процессов селеформирования, в том числе эксперименты по искусственному воспроизведению селей в естественных условиях на Шамалганском полигоне, анализ характеристик селевых потоков 1921 года на р. Киши Алматы и 1963 года в бассейне р. Есик привели к выводу о том, что в Иле Алатау преобладают не наносоводные, а грязекаменные сели высокой плотности. Это подтвердилось в 1973 г., когда катастрофический сель гляциального генезиса с объемом 3,8 млн. м³ [Виноградов, 1976] был задержан вовремя сооруженной плотиной в урочище Медеу. Изменение представлений о природе селей послужило основанием для пересмотра подходов к проектированию противоселевых защитных сооружений [Хегай, 1986].

В период 1975-1978 гг. разрабатываются схемы селезащитных мероприятий для горных и предгорных территорий Иле и Жетысу Алатау. Одним из главных направлений стратегии селезащиты становится задержание селей с помощью массивных плотин в горных долинах и создание системы задерживающих плотин и запруд малых форм, а также стабилизирующих сооружений. В процессе их реализации каменно-набросная плотина в бассейне р. Киши Алматы достигает высоты 150 м, а емкость селехранилища увеличивается до 12,6 млн. м³, возводится железобетонная плотина с общим объемом селехранилища 14,5 млн. м³ в бассейне р. Улкен Алматы, насыпная плотина в бассейне р. Есик (емкость селехранилища 12 млн. м³) [Баймолдаев и др., 2007].

В настоящее время на балансе ГУ «Казселезащита» находятся 77 защитных сооружений, в том числе: противоселевых плотин – 21, среди которых 10 по своей значимости близки к первой защитной плотине в урочище Медеу. В арсенале защитных средств от паводков и селевых потоков также 56 линейных сооружений, среди которых стабилизированные русла, водобойные стенки, берегоукрепления, каналы, лотки, дамбы, низконапорные плотины, сопряжения русел рек и другие объекты.

Помимо перечисленных построено еще целый ряд противоселевых защитных сооружений, которые переданы на эксплуатацию административным органам и различным предприятиям на местах.

Основная часть построенных сооружений сыграла положительную роль в снижении ущерба при прохождении селевых потоков и готова к выполнению своих



функций и в дальнейшем. Для стабилизации селевых очагов планировалось строительство каскада плотин. В нижней части очагов Акжар, Кокшоқы, были построены плотины, но строительство каскадов не было завершено из-за недостаточного финансирования. В настоящее время плотина Акжар разрушена на 90%, а плотина Кокшоқы полностью занесена селевыми отложениями. Экспериментальное тросово-сетчатое сооружение Сарысай при селевом потоке в 2013 году было полностью разрушено (рис. 5).



Рис. 5. Селезащитное тросово-сетчатое сооружение до и после селевого потока в 2013 году

Помимо предусмотренных схемами защиты от селевых явлений в Казахстане активно осуществляются превентивные работы по предотвращению возникновения селей путем контролируемого опорожнения прорывоопасных моренно-ледниковых озер, обустройство эвакуационных каналов стока для обеспечения безопасного транзита больших расходов талых вод (углубление канала стока, укрепление бортов канала, усиление естественной самоотмотки канала). В результате проводимых превентивных работ была ликвидирована, а в других существенно снижена опасность прорыва моренно-ледниковых озер с последующим формированием катастрофических селевых потоков. Примерами могут служить превентивные работы на моренных озерах: Богатырь в бас. р. Шелек, №6 у ледника М.Маметовой в бассейне р. Киши Алматы, Капкан в бассейне р. Коргас, Тасколь в бассейне р. Осек, №19 Калесника в бассейне р. Талгар и другие.

Наличие капитальных защитных инженерных сооружений не снимает опасности селей для территорий, расположенных выше селезащитных сооружений. Эти территории как были, так и остаются селеопасными. Здесь, особенно в последние годы, наблюдается интенсивное освоение земель, создание национальных парков, зон отдыха, инфраструктуры, что соответственно повышает степень риска.

Сели в горах Иле и Жетысу Алатау по генезису могут формироваться из-за ливневого происхождения и в результате прорыва моренно-ледниковых озер как поверхностным путем, так и по внутриморенным каналам стока. С 70-х годов прошлого столетия количество селей гляциального генезиса существенно возросло, по мнению некоторых авторов [Мочалов и др., 1980; Степанов и др., 1998; Яфязова, 1998] причиной тому потепление климата и деградация ледников в высокогорных районах Иле и Жетысу Алатау.

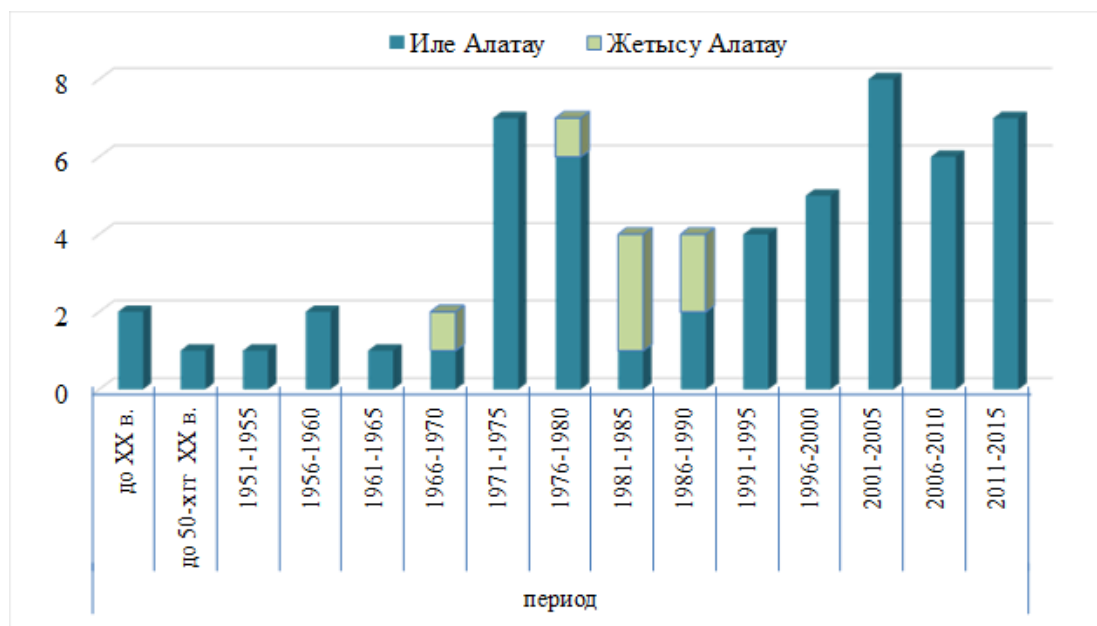


Рис. 6. Повторяемость селевых потоков гляциального генезиса в Иле и Жетысу Алатау

Наличие угрозы прорыва озера в ряде случаев вызывало ответные меры по ликвидации опасности путем активного вмешательства человека в ход событий.

В Казахстане первые попытки по ликвидации угрозы прорывов приледниковых озер относятся к началу 1960 г. До настоящего времени выполнено профилактическое опорожнение около 30 прорывоопасных озер. Работы позволили достичь главного: ликвидировать реальную угрозу катастрофических селевых потоков, защитить население, объекты хозяйствования и территории от этого чрезвычайно опасного природного явления [Виноходов, 2001].

Существуют несколько способов опорожнения высокогорных озер [Касенов, 2015]. Остановимся на некоторых из них:

1. Поддержание уровня воды в озере на безопасных отметках (основной метод, применяемый в последние годы в ГУ «Казселезащита»);
2. Полное опорожнение озерной котловины, путем принудительной откачки воды из озерной котловины с помощью насосов и последующего разрушения перемычки озера с помощью взрыва;
3. Принудительное заполнение озерной котловины грунтом, путем засыпки части последней твердым материалом.

Сама идея строительства перегораживающих сооружений в долинах горных рек также несет в себе долю риска. Действительно, есть отдельные примеры, иллюстрирующие этот момент в мировой практике.

И для города Алматы построенные инженерные сооружения селезащитного комплекса не являются абсолютной гарантией, так как они рассчитывались на воздействие только ливневых и гляциальных селей. Однако в 1887 г. после мощного землетрясения ($M=7,3$) на северном склоне Заилийского Алатау возник массовый сход сейсмогенных «оплывин», весьма близких по характеру движения к высокоплотным грязекаменным потокам. Объем отдельных оползней-потоков превышал десятки млн. м³. В бассейне р. Улкен Алматы из ее левого притока р. Проходной вырвался грандиозный селеподобный поток объемом до 60 млн. м³. Тем не менее, строить плотины, способные перехватывать сотни миллионов кубометров рыхлых отложений для защиты города от сейсмогенных селей не только не эффективно (оползни и сели могут возникнуть не только на основных реках), но прежде всего, невыгодно экономически, поскольку возможный ущерб от воздействия самого землетрясения многократно превышает ущерб от вызванных им вторичных явлений.



Поэтому при проектировании противоселевых мероприятий учитываются не только масштабы возможных катастроф, их повторяемость, но также экономическая целесообразность.

В настоящее время ведутся работы по проектированию селезадерживающих плотин на реках Аксай, Улкен Алматы в районе устья р. Аюсай, начаты работы по реконструкции селезадерживающей плотины Мынжылки расположенной на отметке 3000 м с целью задержания селевого потока в высокогорной зоне.

В целях предотвращения и снижения ущерба от селевых явлений ГУ «Казселезащита» осуществляется целый комплекс мероприятий в межселевые периоды, в периоды угрозы и развития селевых явлений, а также в пост-селевые. Мониторинг селеформирующих факторов и селевых явлений в случае их возникновения осуществляется с помощью периодических аэровизуальных и наземных специализированных обследований, а также режимных наблюдений на постоянных и временно открываемых постах. В селеопасные периоды еженедельно проводятся аэровизуальные обследования высокогорных территорий, моренно-ледниковых комплексов, контрольных моренных озер и пустующих котловин, селевых очагов и рытвин, селевых врезов и русла селеопасных рек.

Функционирует более 100 специализированных пунктов наблюдений, часть из которых являются сезонными и расположены в высокогорной зоне на отметках 3200-3700 м. Перспективы расширения селевого мониторинга связаны с созданием автоматизированной системы наблюдений и применением ГИС-технологии. Оценка селеопасности и прогнозирование селей в реальном времени осуществляется на основе разработанных методик, однако последние нуждаются в совершенствовании. Превентивные мероприятия, осуществляемые в целях предотвращения и снижения характеристик селевого потока нуждаются в интенсификации, что в последнее время является одним из основных работ ГУ «Казселезащита». В качестве примера можно привести работы, ведущиеся в плотине Мынжылки и у ледника Маншук Маметовой. Одновременно необходима разработка методологии превентивных мероприятий, особенно касающихся гляциальных селей.

Список литературы

- Атлас природных и техногенных опасностей и риск чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан (2009). Под редакцией А.Р. Медеу. Алматы, 241 с.
- Баймолдаев Т.А., Виноходов В.Н. (2007). «Казселезащита» – оперативные меры до и после стихии. Алматы: Изд-во «Бастау», 284 с.
- Виноградов Ю.Б., Земс А.Э., Хонин Р.В. (1976). Селевой поток 15 июля 1973 г. на Малой Алматинке. Селевые потоки, (1): 60-73.
- Виноходов В.Н. (2001). Мониторинг гляциальных селей в Заилийском Алатау. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. Алматы, 24 с.
- Деговец А. (2000). Человек и стихия гор. Континент, 20/33.
- Есенов У.Е., Деговец А.С. (1978). Опыт проектирования, строительства и эксплуатации противоселевых сооружений в Казахстане. XV Всесоюзная научно-техническая конференция по противоселевым мероприятиям. (Ташкент. 27-29 сентября 1978 г.). Тезисы докладов. М., ЦБНТИ Минводхоза СССР, 89-93.
- Касенов М.К. (2015). Типовой проект опорожнения моренного озера. ГУ «Казселезащита».
- Медеу А.Р. (2007). Перспектива развития Генеральных схем защиты территорий Республики Казахстан от оползневых явлений, селевых потоков и снежных лавин: Отчет о НИР. АО «Центр наук о земле, металлургии и обогащения», Институт географии по договору с ГУ «Казселезащита» № 175 от 23 мая 2007 г. Алматы, 300 с.
- Медеу А.Р., Баймолдаев Т.А., Киренская Т.Л. (2015). Селевые явления Юго-Восточного Казахстана. Т.4, Ч.1. Антология селевых явлений и их исследования. Алматы, 576 с.
- Медеуов А.Р., Колотилин Н.Ф., Керемкулов В.А. (1993). Сели Казахстана. – Алматы: Ғылым, 160 с.
- Медеуов А.Р., Нурланов М.Т. (1996). Селевые явления сейсмоактивных территорий Казахстана (Проблемы управления). Алматы, Қаржы-қаражат, 204 с.
- Мочалов В.П., Степанов Б.С. (1980). О режиме моренных озер и путях их мелиорации. Селевые потоки, 4: 113-119.



- Попов Н.В. (1990). Опыт разработки и реализации комплексных и специальных схем инженерной защиты территорий от опасных геологических процессов в Казахстане. Проблемы противоселевых мероприятий, 18-24.
- Степанов Б.С., Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К. (1998). Особенности формирования катастрофических селей дождевого генезиса на северном склоне Заилийского Алатау. В кн.: Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. Алматы, Ғылым, 516-520.
- Хегай А.Ю., Земс А.Э., Зиневич Ю.Н., Квасов А.И. (1986). Развитие представлений о природе селевых явлений и характере необходимых противоселевых мероприятий в районе г. Алматы. Проблемы противоселевых мероприятий, 62-71.
- Яфязова Р.К. (1998). Селевая активность в Заилийском Алатау в прошлом, настоящем и будущем. В кн.: Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. Алматы, Ғылым, 511-515.