Оценка риска и уязвимости территории города Хорог от селевых явлений

Г.В. Шафиев

Филиал Агентства Ага Хана по Хабитат в Республике Таджикистан, Душанбе, Таджикистан, ganjali.shafiev@akdn.org

Аннотация. В статье кратко рассматривается опыт организации АКАН в Таджикистане по оценке уязвимости и риска города Хорог от селевых угроз за период 2015-2016 гг.
Территория города Хорог и прилегающие к нему населенные пункты выбраны из тех соображений, что в будущем такие оценки будут проводиться в пределах малых городов и крупных населённых пунктов Таджикистана, которые сталкиваются с множеством рисков, в том числе и от дальних угроз, влияющих на общее экономическое и социальное развитие, включая вопросы продовольственной безопасности, слабое управление водными ресурсами, повышенной степени угроз от стихийных бедствий, ограниченный доступ к рынкам, изоляция от районных центров и остальной территории Таджикистана. При подготовке доклада автором использованы фондовые материалы Главного управления геологии при Правительстве республики Таджикистан и отчета «Оценка рисков природных опасностей и уязвимости города Хорог». Основной целью проведенных исследований является обращение внимания государственных структур и населения, проживающих в городе Хорог на существующие проблемы, с точки зрения снижения риска и уязвимости от водно-эрозионных процессов и других опасных природных явлений. В рамках работы «Оценка рисков природных опасностей и уязвимости г. Хорог» была проведена оценка обрамляющих склонов и прилагающих к ним водосборных бассейнов. За период работ по оценке г. Хорог были выявлены 42 селевых очага по правому и левому бортам долины реки Гунт.

Ключевые слова: *русловые сели, склоновые сели, техногенные сели, селеносные саи, объем селевого материала, путь транзита*

Ссылка для цитирования: Шафиев Г.В. Оценка риска и уязвимости территории города Хорог от селевых явлений. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 6-й Международной конференции (Душанбе–Хорог, Таджикистан). Том 1. – Отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. – Душанбе: ООО «Промоушн», 2020, с. 323–334.

Debris flow risk and vulnerability assessment for the territory of the Khorog town

G.V. Shafiev

Branch of the Aga Khan Agency for Habitat in the Republic Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan, ganjali.shafiev@akdn.org

Abstract. The article briefly reviews the experience of AKAH in Tajikistan, assessing the vulnerability and risk of Khorog town from mudflow threats for the period of 2015-2016. The territory of Khorog town as well as adjacent to the town settlements are selected for the consideration that in future similar assessments will be carried out within small towns as well as large settlements of Tajikistan, which face many risks, including long-range threats that affect the overall Economic and social development, including food security, poor water source management, increased threats from natural disasters, limited access to the markets, isolation of regional centers from the other parts of the Tajikistan. Drafting the report the author used library sources of the Main Department of Geology at the Government of Republic of Tajikistan, and the report “Khorog town natural hazards Risk

Assessment and vulnerability". The main purpose of the research is to draw the attention of Governmental Authorities and the residents of Khorog town to existing problems, from point of view of reducing the risk and vulnerability to water erosion processes other dangerous natural phenomena. In the framework of Khorog town natural hazards and vulnerability Assessment, the framing slopes and drainage basins attached to them has been done. While doing Khorog Town Assessment 42 mudflow channels at the right and left sides of Gunt river valley were identified.

Key words: *channel debris flows, slope debris flows, technogenic debris flows, debris fllow channel, volume of debris flow material, transit path*

Cite this article: Shafiev G.V. Debris flow risk and vulnerability assessment for the territory of the Khorog town. In: Chernomorets S.S., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe–Khorog, Tajikistan). Volume 1. Dushanbe: "Promotion" LLC, 2020, p. 323–334.

Введение

Территория ГБАО занимает почти половину территории Таджикистана и относится к самой высокогорной её части. В связи с этим на этой территории довольно широко развиты экзогенные геологические процессы (оползни, обвалы, сели, наводнения), которые в той или иной степени проявляясь, наносят огромный ущерб народному хозяйству и зачастую представляют большую угрозу селениям, которые расположены в зонах их распространения. Оценка риска экзогенных геологических явлений и уязвимости селений, особенно важна в горных районах, так как большинство населенных пунктов расположены по бортам долин горных рек, у подножий горных склонов и конуса выносов, в пределах которых в основном и происходят эти природные явления [*Шафиев, 2013*].

При всём многообразии и активности проявления современных геологических процессов на Памире, одним из самых распространённых являются селевые потоки. Только на территории города Хорог зафиксированы 42 очага селевых проявлений, которые по характеру угрозы могут считаться опасными и непредсказуемыми процессами [Винниченко и др., 2016]. Для проведения оценки рисков природных опасностей и уязвимости город Хорог был выбран в связи с географическим расположением, высокими темпами развития, освоения новых территорий и подверженности рискам стихийных бедствий.

Материалы и методы

В 2015 году со стороны Филиала агентство Ага Хан по Хабитат была произведена оценка природных опасностей и уязвимости г. Хорог и прилегающих территорий с применением современных ГИС технологий по ране отработанной методике на территориях городов – Душанбе, Худжанд (Таджикистан) и Нарын (Киргизия).

При проведении исследований были использованы имеющиеся фондовые и литературные данные по ранее проведенным работам на данной территории. Основной базовый материал для оценки риска селевых процессов на территории г. Хорог был собран при проведении полевых работ на данной территории. На территории г. Хорог и прилегающих к нему территорий были выявлены и обследованы 42 очага проявления селей на 19-ти участках, которые потенциально могут создавать угрозу для жилых зон, объектов инфраструктуры, освоенных площадей и т.д. При этом был выполнен цикл полевых маршрутов для выявления и детального описания процессов.

В приделах г. Хорог и прилегающих к нему территорий в связи с массовым площадным распространением покровных делювиально-осыпных и мореных отложений, формируются преимущественно грязевые и грязекаменные селевые потоки [*Методическое…, 1971*]. Зарождение селевых потоков происходит, в зависимости от

геологического строения склонов и эрозионных врезов в водосборах: в средних частях эрозионных саев обрамляющих склонов, в средней, верхней и даже нижней части склонов, в нишах отрыва древних сейсмогенных оползней. Повторяемость селей находится в прямой зависимости от величины бассейна, строения и крутизны склонов, объёмов и состояния очагов твёрдого стока. Кроме того, в увеличении объема селевого потока участвуют боковые второстепенные эрозионные ложбины, промоины и врезы.

По характеру эрозионных долин, врезов и очагов зарождения селевых потоков на исследуемой территории выделены:

Типичные эрозионные селеносные саи с постоянными и временными водотоками. К данной группе относятся селевые саи протяжённостью от 2,5 до 4,0 км с боковыми эрозионными ложбинами и средней площадью водосборного бассейна. Площади водосборных бассейнов, в основном составляют первые квадратные километры, в верховьях склоны скалистые, крутые, средняя и нижняя часть сглаженная, с выходами обнаженных коренных пород по бортам эрозионных саев. Это преимущественно грязе- и водокаменные потоки эрозионного зарождения ливневого или снежного питания. Типичный сезон проявления для особо мощных потоков июль-август, реже проходят весенние селевые потоки, связанные с дождями и таянием снега. Объёмы селевых выносов разнообразны от слабо насыщенных потоков в 5-7 тыс. м^3 до мощных в 50–70 тыс. м^3. Основными источниками твёрдой составляющей в этих бассейнах являются моренные, осыпные, обвально-оползневые и русловые отложения. Данный тип селей наблюдается по эрозионным саям Тем, Хуфак Рушанского хребта, Гузакдара и Ниводак Ишкашимского хребта.

Согласно оценке, в зону потенциального поражения попадают 59 хозяйств.

Рис. 1. Селеносные эрозионно-водные саи Ниводак и Хуфакдара

Fig. 1. Nivodak and Khufakdara debris flow gullies

Склоновые сели снежно-дождевого зарождения – основной по распространению тип селей в пределах территории г. Хорог. Происходят обычно на осыпных склонах, лавинно-осыпных конусах и моренно-осыпных шлейфах в весеннее время, в периоды интенсивного таяния снежного покрова, при схождении и таянии лавин, выпадении дождей. Очаги проявления селей наблюдаются над жилыми зонами Хлебозавод, Андарситез, Аэропорт, Паринен, Шошхорог, Бизмич, Гулобод, Барджем, Сельхозтехника. Активизация проявления селей наблюдается в апрель - май месяцы в период интенсивного таяния снежников и останцев сохранивших лавин расположенных в средней и верхней части слонов южной и северной экспозиции. Сели проходят ежегодно, до полного смещения и выноса подвижных осыпей. Масштаб проявления не велик, до 1000 м^3 с небольшими зонами поражения. Обычно в зоне поражения оказываются автодороги, линии электропередач и приусадебные участки, которые близко расположены к основанию склонов. Чаще эти сели проявляются в высокогорье (в верхней части склонов) за пределами жилых зон.

Согласно оценке, в зону потенциального поражения попадают 72 хозяйства.

Рис. 2. Склоновые сели снежно-дождевого зарождения. Участки Абдуллоева и Паринен

Fig. 2. Origination sites of debris flowscaused bysnow melting and heavy rains. Abdulloev and Parinen sites

Склоновые сели техногенного генезиса. Это один из самых распространённых типов селей в пределах освоенных склонов. Связаны со сбросом вод, разрушением водоподводящих каналов и фильтрации воды из оросительной сети. Образуются из-за нарушения правил строительства и эксплуатации водных систем. По характеру проявления – это типичные склоновые грязекаменные сели малых объемов с локальными зонами поражения. Локализации данных типов селей наблюдаются вдоль оросителей Тимур, Додхудоева, деривационного канала Старый ГЭС и канала Ниводак. Частота проявления селей ежегодная. Несут прямую угрозу не только освоенным землям и приусадебным участкам, но и отдельным хозяйствам. Сели этого типа легко регулировать, если проводить гидроизоляцию и закрепление гидросети. Самый лёгкий, эффективный и распространенный способ – это лесопосадки по внешней стороне каналов и арыков.

Согласно оценке, в зону потенциального поражения попадают 16 хозяйств.

Рис. 3. Склоново-техногенные сели. Участки Паринен и Новая

Fig. 3. Initiation zone of man-made debris flow on slopes. Parinen and Novaya sites

При полевых обследованиях селевых участков особое внимание уделялось типу данного явления, области зарождения, транзита и аккумуляции отложений, предполагаемому объёму выносимого материала, параметрам склона, периоду повторяемости, возможной площади поражения, расположению селений и объектов народного хозяйства в зоне риска и т.д. В таблице 1 приведена общая информация об обследованных участках, в пределах которых наблюдаются селевые процессы.

При детальном обследовании участков развития селевых процессов были получены данные об их основных характеристиках – высотные отметки зоны зарождения, тип селевого потока, протяженность зоны транзита, скорости прохождения, расход, объём выносимого материала, коэффициент селеопасности [*Флейшман, 1978; Круподеров, Постоев, 1984*], частота проявления, возможная площадь поражения, какие объекты могут попасть в зону риска для каждого участка и точки проявления процесса.

Определены основные зоны развития селевых процессов, основные условия и факторы, влияющие на их проявление.

Кроме перечисленных выше характеристик, были обследованы также и селезащитные сооружения, созданные ранее на этих участках, их состояние и эффективность. Были разработаны превентивные мероприятия по инженерной защите территории и подготовлены рекомендации по их осуществлению.

Все эти данные проанализированы и обобщены в таблице.

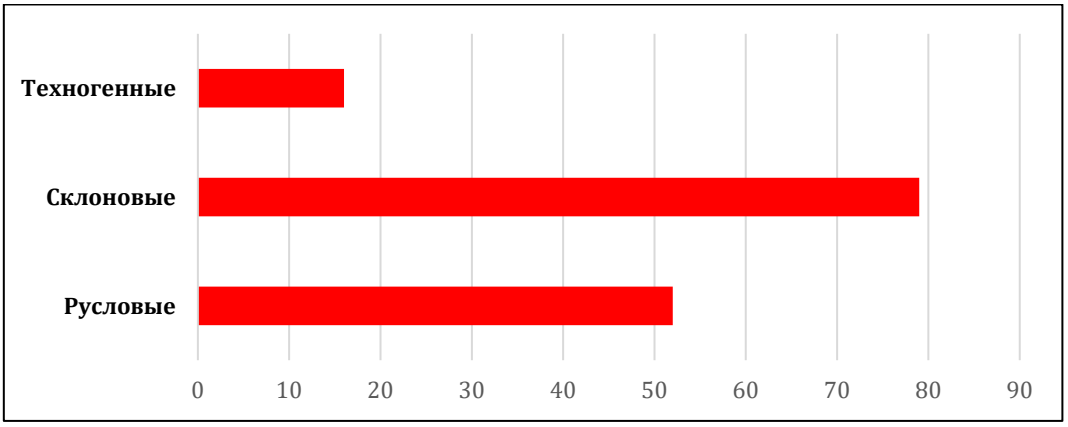

Рис. 4. Количество хозяйств в зоне потенциальной угрозы

Fig. 4. Number of farms in the area of potential hazard

Таблица. Основные характеристики селей на территории г. Хорог

Table. Main characteristics of debris flows on the territory of the Khorog town

№	Район (количест-во селей на участке) Тип селевого потока	Сель и тип селевой долины Абс. высота Площадь селесбора	Путь транзита Расход Объем выноса Площадь поражения	Частота проявления	Элементы, находящиеся в зоне риска от селей
1	Темдара (2) Грязекамен ный	DF_01_S1- S2 русловой 2700-3000 м S = 4 км^2	L = 2000 м Q = 5-10 м^3/с V = 6000 м^3 S = 0,3-1,5 га	от ежегодных до 1 раз / 5 лет	8 хозяйств, ороситель 180 м, ЛЭП 350 м, грунтовая дорога 150 м,
2	Аэропорт (3) Грязекамен ные	DF_02_S1, S2, S3 склоновые 2800-3000 м S = 0.30 км^2	L = 950 м Q = 5-10 м^3/с V = 3800-15000 м^3 S = 1 км^2	от ежегодных до 1 раз / 10 лет	31 хозяйство, отрезок оросителя 275 м, приусадебный участок 0.6 га, ЛЭП 0.13 км
3	Паринен (2) Грязекамен ный	DF_03_S1, S2 склоновые 2700-2850 м S = 0.21 км^2	L = 700 м Q = 5-10 м^3/с V = 2000 м^3 S = 13400 м^2	от ежегодных до 1 раз / 10 лет	3 хозяйства, ЛЭП 0.95 км, столовая, кафе, магазин стройматериалов, отрезок канала 80 м,
4	Саиден (2) Грязекамен ный	DF_04_S1, S2 склоновые 2300-2400 м S = 0.23 км^2	L = 400 м Q = 3-5 м^3/с V = 200 м^3 S = 5000 м^2	от ежегодных до 1 раз / 10 лет	3 хозяйства, отрезок канала 280 м, ЛЭП 0.07 км,
5	Гулобод (2) Грязекамен ный	DF_05_S1, S2 склоновые 2350-2400 м S = 7,4 км^2	L = 3450 м Q = 5-10 м^3/с V = 5200 м^3 S = 11000 м^2	от ежегодных до 1 раз / 10 лет	2 хозяйства, отрезок канала 0.03 км, ЛЭП 0.04 км, дорога 0.1 км,
6	Хуфак (4) Грязевые и грязекамен ные	DF_06_S1, S2, S 3, S4 склоновые 3500-3300 м S = 8.2 км^2	L - более 3 км Q = 5-10 м^3/с V = 21000 м^3 S = 15000 м^2	от ежегодных до 1 раз / 5 лет	33 хозяйства, здание ХГУ (1 корпус), отрезок канала 0.04 км, пастбища 3 га
7	Барджев (3) Грязекамен ные	DF_07_S1, S2, S 3 склоновые 2600-2700 м S= 1.3 км^2.	L = 800-1000 м Q = 5-10 м^3/с V = 21000 м^3 S = 50000 м^2	от ежегодных до 1 раз / 5 лет	отрезок грунтовой автодороги, 2.8 га., 6 хозяйств, канал 300 м, ЛЭП 0.2 км
8	Пастчид (1) Грязевые и грязекамен ные	DF_8_S1, склоновые 2300 м S= 0.3 км^2	L = 300 м Q = 4-5 м^3/с V = 6250 м^3 S = 9000 м^2	от ежегодных до 1 раз / 8 лет	отрезок автомобильной дороги 500 м, канал Темур 500 м,
9	Имомабад (1)	DF_9_S1, склоновые 2400-2600 м S = 1.21 км^2	L = 80-700 м Q = 4-5 м^3/с V= 1000 м^3 S = 2400 м^2	от ежегодных до 1 раз / 8 лет	1 хозяйство, отрезок автомобильной дороги 0.03 км, ЛЭП 0.04 км,
10	Дашти-Боло (1) Грязекамен ные	DF_10_S1, склоновые 2600-2700 м S = 0.41 км^2	L = 200 м Q = 4-5 м^3/с V = 7500 м^3 S = 3000 м^2	от ежегодных до 1 раз / 8 лет	4 хозяйства, здания школы, отрезок грунтовой дороги 140 м, ЛЭП 260 м, ороситель 60 м,

№	Район (количест-во селей на участке) Тип селевого потока	Сель и тип селевой долины Абс. высота Площадь селесбора	Путь транзита Расход Объем выноса Площадь поражения	Частота проявления	Элементы, находящиеся в зоне риска от селей
11	Чухт - Хорог (старая ГЭС) (1) Грязекамен ные	DF_11_S1, склоновые 2100-2200 м S = 0.04 км^2	L = 180 м Q = 4-5 м^3/с V = 1000 м^3 S = 1400 м^2	от ежегодных до 1 раз / 8 лет	Оросиитель Бидурд-Дашт 60 м, Автодорога Ош-Хорог 50 м
12	Ботсад (3) Грязевые	DF_12_S1, S2, S3 склоновые 2700-3000 м S = 1.9 км^2	L = 200 м Q = 3-5 м^3/с V = 300 м^3 S = 8600 м^2	до 1 раз / 8 лет	В зоне возможного риска - тропа 0.035 км, отрезок оросительного канала 0.12 км
13	Андарситез (1) Грязекамен ный	DF_13_S1, склоновые 3200 м и более S = 6.60 км^2	L = 1,5-2км Q = 8 м^3/с V = 6000 м^3 S = 103000 м^2	1 раз / 20 лет	В зоне возможного риска - оросиитель 60 м, запасная автодорога Хорог-Хабост 130 м
14	Гулобод (2) Грязевые	DF_14_S1, S2 склоновые 2400-2500 м S = 0.06 км^2	L = 500-600м Q = 3-4 м^3/с V = 1500 м^3 S = 38500 м^2	до 1 раз / 3 года	В зоне возможного риска 4 хозяйства, отрезок оросительного канала 0.08 км,
15	Тирчид (2) Грязевые	DF_15_S1, S2 склоновые 3000-3100 м S=0.3 км^2	L = 1600 м Q = 3-5 м^3/с V = 3500 м^3 S = 61500 м^2	1 раз / 5 лет	В зоне возможного риска - отрезок оросительного канала 290 м, новая спортплощадка
16	Носири Хусрав (1) Грязевые	DF_16_S1, склоновые 2700-2800 м S = 0.72 км^2	L = 1,5-2.4 км Q=5 м^3/с V = 2000 м^3 S = 48700 м^2	от ежегодных до 1 раз / 5 лет	Отрезок оросительного канала около 250-300 м, сады 1.6 га
17	Хлебзавод (5) Грязевые и грязе-каменные	DF_17_S1, склоновые 2500-2600 м S = 4.2 км^2	L = 0.3 км Q = 3-4 м^3/с V = 3120 м^3 S = 37000м^3	до 1 раз / 5 лет	7 хозяйств, отрезок оросительного канала около 205 м, сады 7.4 га, грунтовая автодоорога 60 м
18	Бизмич (6) Грязевые	DF_18_S1, S2, S3, S4, S5, S6 склоновые 2400-2600 м S = 1.93 км^2	L = 0.5 км Q = 2-5 м^3/с V = 1000 м^3 S= 33270 м^2	до 1 раз / 10 лет	12 хозяйств, отрезок оросительного канала около 245 м, сады 0.8 га
19	Ниводак (1) Водокамен ный	DF_19_S1, русловой 2900-3000 м S = 1.93 км^2	L = 2.0 км Q = 5-7м^3/с V=50000м^3 S=67000м^2	от 1 раз / 5 лет до 1 раз / 15 лет	18 хозяйств, школа, автодорога Хорог-Ишкашим 160 м, отрезок оросительного канала около 70 м

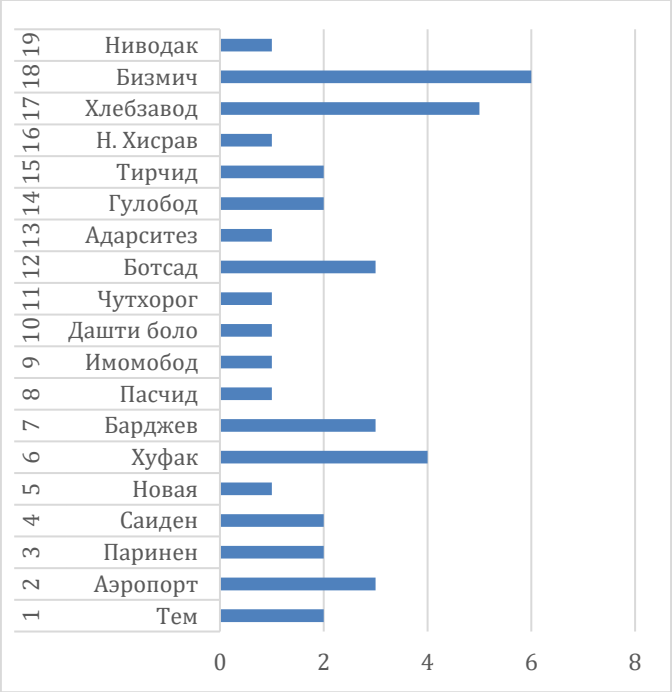

Рис. 8. Количество селевых очагов по участкам города Хорог

Fig. 8. Number of debris flow initiation zones in the parts of the town of Khorog

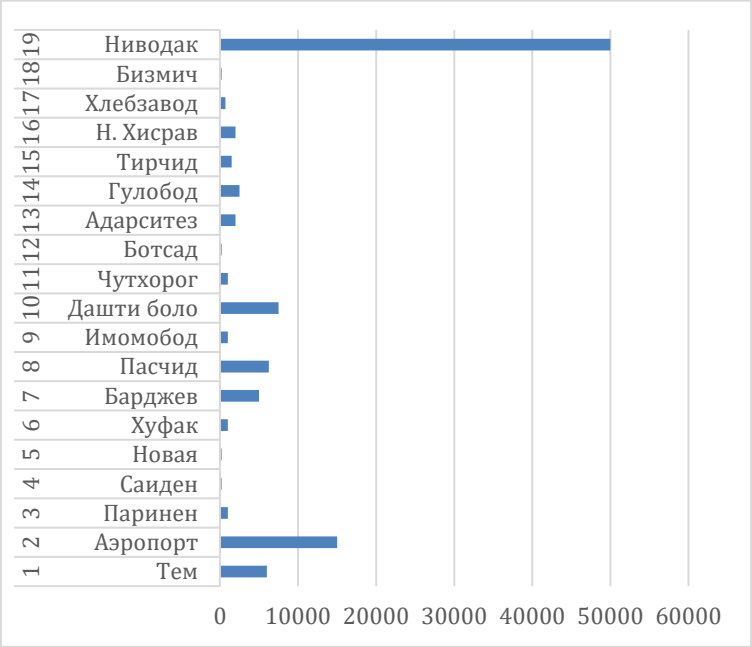

Рис. 9. Суммарный максимальный объем единовременных выносов селей по участкам города Хорог

Fig. 9. Total maximum volume of debris flows for residential parts of the town of Khorog

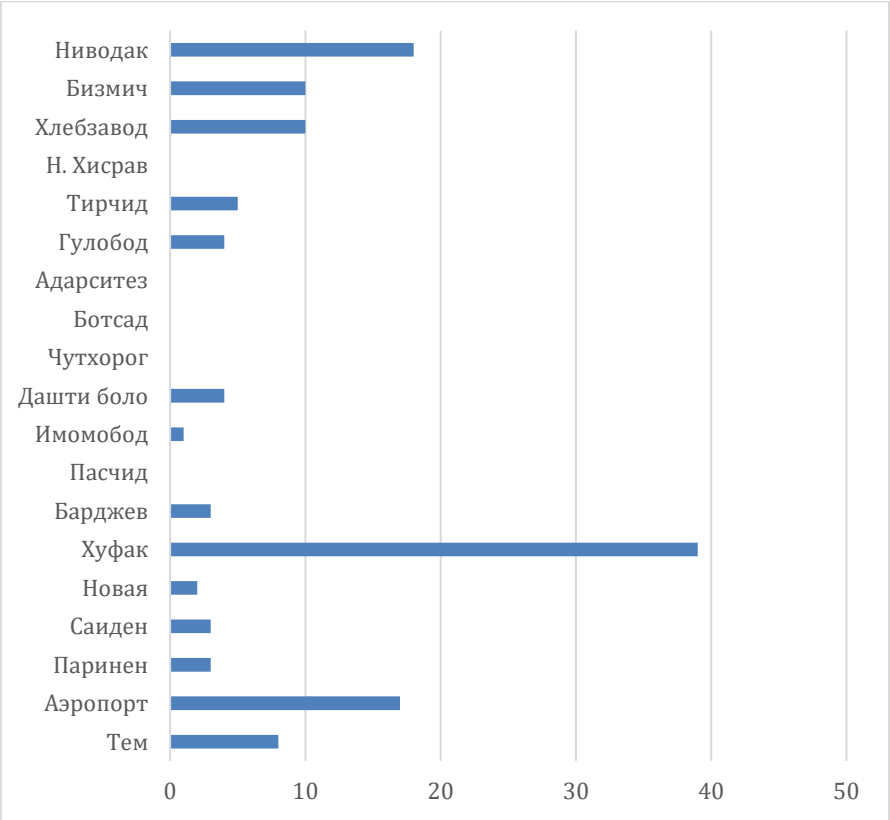

Рис. 10. Количество хозяйств по жилым участкам города Хорог в зоне потенциальной селевой угрозы

Fig. 10. Number of farms by residential plots in the town of Khorog in the zone of potential debris flow hazard

Составленная карта в электронном варианте, помещенная в базу геологических данных показывает состояние участков, в пределах которых распространены селевые процессы на момент их обследования. Преимуществом электронных карт в том, что её можно использовать при повторных аналогичных работах для определения динамики развития селей и эффективности рекомендуемых защитных мероприятий на данной территории.

Составленные таблицы в дальнейшем были использованы для составления «Карты схемы развития селей на территории г. Хорог» в формате ГИС-технологий.

Проведена оцифровка всех селевых процессов на территории г. Хорог и прилегающих территорий в ГИС-программах, собранная информация переведена в электронный формат и введена в геологические базы данных по процессам, населенным пунктам и территориям. Предварительно была подготовлена оцифрованная карта исследуемой территории, и вся полученная информация использована для создания специальной электронной «Карты-схемы развития селей на территории г. Хорог».

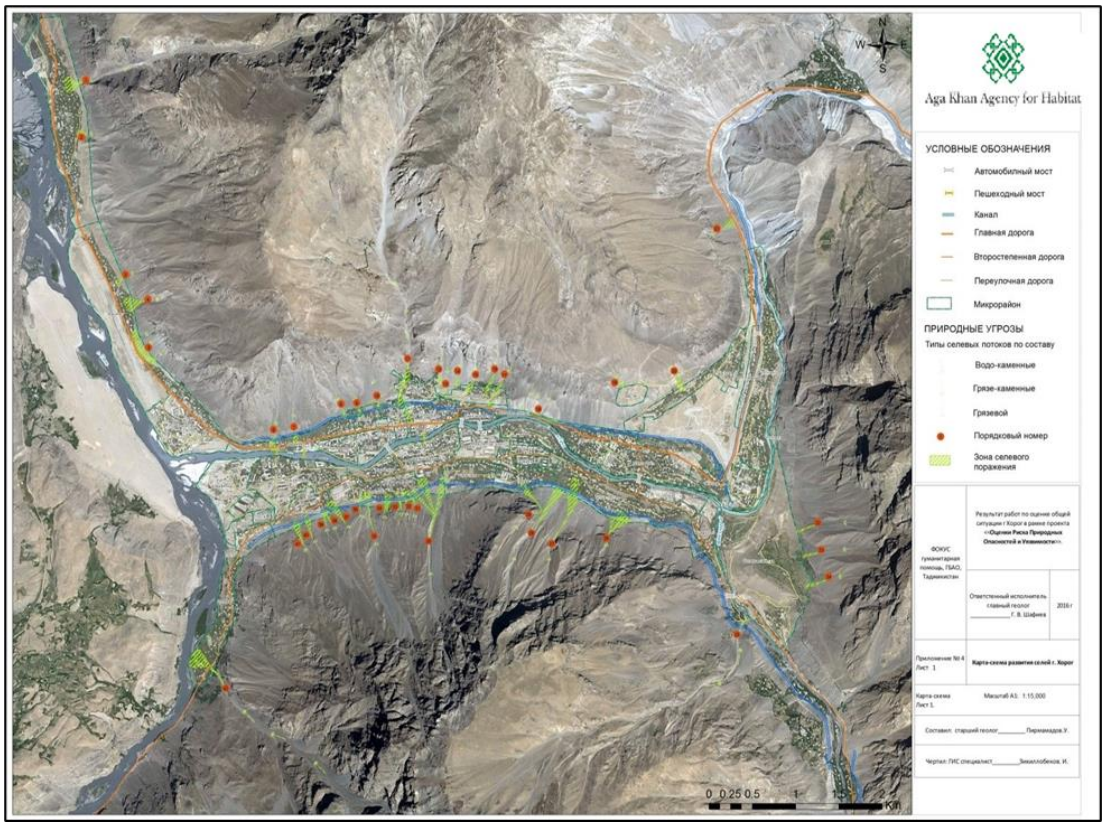

Рис. 11. Карта-схема развития селей на территории города Хорог и прилегающих склонов

Рис. 11. Sketch map of debris flow formation in the town of Khorog and adjacent slopes

Выводы и рекомендации

На территории города Хорог установлено развитие 2 типов по генезису селевых явлений, типичных для горных и высокогорных территорий, которые напрямую взаимосвязаны с оползнями, лавинами и водно-эрозионными процессами [*Шафиев, 2013*].

Селевые явления для территории города Хорог рассматривались как геологический процесс, который усиливает, иногда определяет другие процессы гравитационной и эрозионной групп.

Практически все типы селей проявляются в городе Хорог и прилегающих территориях. На многих участках они представляют угрозу для жилых кварталов, отдельных домов, народно-хозяйственных и социальных объектов, каналам, автодорогам, линиям электропередач и гидротехническим сооружениям.

Описание очагов селевых явления проводилось в привязке к конкретным участкам и площадям. После описания каждого процесса получался набор участков, где этот процесс развит самостоятельно или проявляется в парагенезисе с другими процессами (оползень и склоновая эрозия). После завершения описания процессов по территории города Хорог было выделено 19 участков, которые представлены в табличной форме, где указаны процессы и количество точек проявления по каждому процессу в пределах участков.

Ситуация изменилась в последние 20–25 лет, когда на первый план вышел вопрос взаимоотношения процессов и человека, масштабы поражения угрозы и риска, а также поиск направлений и мероприятий по реальной защите и снижению риска от угроз.

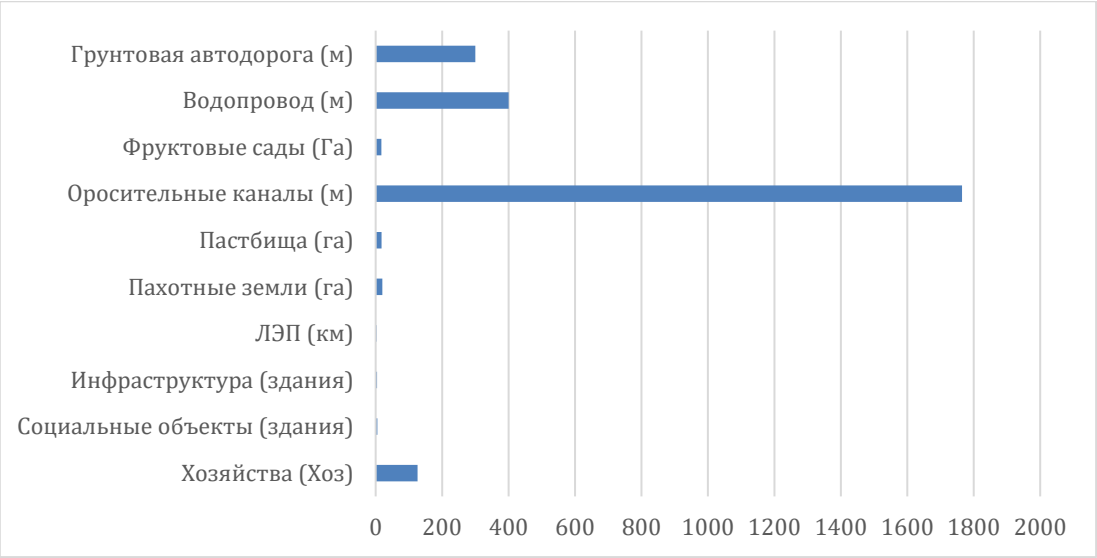

Рис. 12. Диаграмма распределения объектов г. Хорог, находящихся в зоне угрозы от селевых явлений

Fig. 12. Diagram of the distribution of objects in the town of Khorog, located in the zone of debris flow hazard

Всего на территории города Хорог выявлены 42 очага проявления селей на 19 участках, которые потенциально могут создавать угрозу для жилых зон, объектов инфраструктуры, освоенных площадей и т.д. Состояние территории города на предмет селеопасности критическое. Фактически все имеющиеся селезащитные сооружения технически изношены и подлежат реконструкции. Селеопасными участками являются: Аэропорт, Паринен, Хуфак, Барджев, Гулобод, Автостанция, Бизмич, Хлебозавод и Ниводак.

Для защиты от селевой угрозы рекомендуется выполнение следующих мероприятий.

Активные селезащитные мероприятия

1. Террасирование склона на 2 уровня (участки Хлебозавод, Гулдасташо, Гулобод, Боген)
2. Строительство селесборов по сухим саям (Тем, Хуфакдара, Ниводакдара и Андарситез)
3. Строительство селезащитных и селенаправляющих дамб (Хуфак, Аэропорт, Барджев, Автостанция)
4. Расчистка селевых русел (Тем, Хуфакдара, Адарситез, Ниводакдара)

Пассивные селезащитные мероприятия

1. Организация мониторинга за опасными зонами
2. Временная эвакуация жителей из зоны риска в период выпадения обильных дождей, резкого повышения температуры
3. Выделение охранных зон и полный запрет жилого строительства. Установка знака оповещения «Внимание: сели»
4. Запрет строительства объектов инфраструктуры и коммуникаций в зоне риска
5. Лесонасаждения в зоне аккумуляции селей и на пути транзита

Благодарности

Автор выражает благодарность группе исполнителей организации АКАН, в том числе: Зарипову Р.Г., Мародасейнову Ф.О., Пирмамадову У.Р. и консультанту проекта к.г.-м.н. Винниченко С.М. за оказанную помощь при подготовке и написании статьи.

Список литературы

Винниченко С.М. и др. Оценка рисков природных опасностей и уязвимости города Хорог. Отчет. 2016.

Методическое руководство по комплексному изучению селей. Под ред. А.И. Шеко и М.В. Чуринова. М.: Недра, 1971.

Флейшман С.М. Сели. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1978. 312 с.

Круподеров В.С., Постоев Г.П. Глава 16. Расчет основных параметров оползней и селей. // В кн.: Оползни и сели. В двух томах. М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1984. Том 1, с. 286-301.

Шафиев Г.В. Особенности проявлений селевых процессов и опыт международной организации «Фокус Гуманитарная помощь» в разработке современных методов защиты от них в условиях Горного Бадахшана (Таджикистан) // Георискъ. 2013. № 1. С. 53-59.