
**ПРИРОДНЫЕ
И ТЕХНОПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ**

УДК 624.131.544: 551.311.2: 627.141.1

**СЕЛЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ В БАССЕЙНЕ р. МЗЫМТА
(КРАСНАЯ ПОЛЯНА)
И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ТЕРРИТОРИЮ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ
ОЛИМПИЙСКОГО КОМПЛЕКСА**

© 2013 г. Н. А. Казаков*, Ю. В. Генсиоровский*, Е. Н. Казакова*, Г. Л. Морозов**

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН. Сахалинский филиал,
лаборатория лавинных и селевых процессов
ул. Горького 25, г. Южно-Сахалинск, 693023 Россия. E-mail: kazakovna@fegi.ru

**ООО “Инжзащита”,
ул. Пластунская, 202, г. Сочи, Краснодарский край, 354003 Россия.

Поступила в редакцию 21.04.2012 г.

После исправления 30.10.2012 г.

По результатам полевых исследований, проведенных в 2004–2010 гг. в бассейне р. Мзымта, построена карта селевых бассейнов, определены характеристики селевых процессов и рассмотрены проблемы противоселевой защиты территории и объектов Олимпийских игр Сочи-2014 в Горном кластере г. Сочи.

Ключевые слова: *сель, селевой процесс.*

ВВЕДЕНИЕ

В бассейне р. Мзымта, в котором размещаются объекты строящегося Олимпийского комплекса, активно развиваются селевые процессы, являющиеся на территории постоянно действующим фактором.

Общие сведения о селевом режиме и характере селевых процессов на территории Западного Кавказа содержатся в работах [4, 5, 14, 18, 19]. С середины 80-х годов прошлого века наблюдения за селевыми процессами в Красной Поляне проводили подразделения “Росгидромета”. Наиболее полные сведения о распространении селей в бассейне р. Мзымта приведены в работе [4].

Однако ко времени принятия решения о проведении Олимпийских игр 2014 г. в г. Сочи (2007 г.) не было оснований считать, что селевые процессы в долине р. Мзымта хорошо изучены, а имеющиеся сведения об их распространенности позволят обеспечить проектно-изыскательские работы на территории строительства Олимпийских объектов в Горном кластере г. Сочи необходимой и достаточной информацией. Например, отсутствовали

крупномасштабные карты селевой опасности, не были разработаны схемы планировочных ограничений (селевая опасность) к генеральному плану территории Горного кластера г. Сочи. Без крупномасштабного исследования селевых процессов на территории Олимпийского комплекса в Красной Поляне невозможно было составить банки данных об объектах и сооружениях, расположенных в селеопасных зонах, определить и рассчитать селевые риски для объектов и инфраструктуры, разработать и планомерно осуществлять комплексные мероприятия по снижению ущерба от селевых потоков. Недостаток информации о характере селевых процессов в бассейне р. Мзымта, в частности, привел к возникновению у проектировщиков и владельцев горноклиматических курортов ошибочного мнения о сравнительно небольших объемах формирующихся здесь селей и их редкой повторяемости. Между тем сочетание факторов селеобразования в бассейне р. Мзымта позволяло утверждать, что объёмы селей и их повторяемость очень велики.

В 2004–2010 гг. лабораторией лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН (СФ

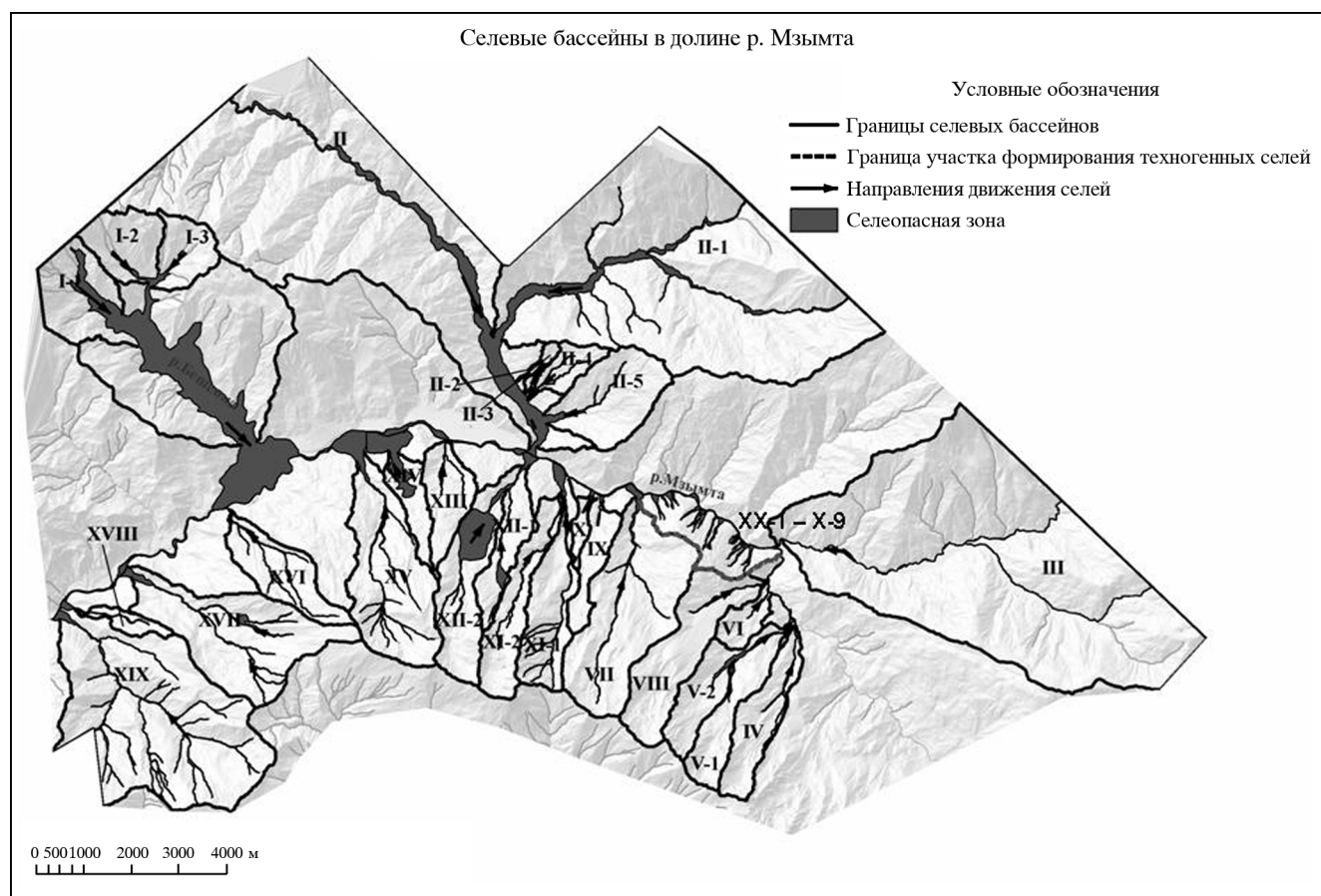


Рис. 1. Селевые бассейны в бассейне р. Мзымта.

ДВГИ ДВО РАН) в бассейне р. Мзымта проводились полевые работы по исследованию селевых процессов, на основе материалов которых были определены характеристики селевых процессов и селевого режима в бассейне р. Мзымта. С началом строительства объектов Олимпийского комплекса 2007–2010 гг. наиболее объемные и системные полевые исследования селевых процессов в бассейне р. Мзымта выполнили лаборатория лавинных и селевых процессов СФ ДВГИ ДВО РАН и АНО НИЦ “Геодинамика” в 2004–2010 гг. Была проведена оценка селевой опасности и разработаны мероприятия по противоселевой защите санно-бобслейного комплекса, Верхней Мегадеревни (ГЛК “Горная Карусель”), комплекса трамплинов и водозабора на р. Бешенке.

На основе этих работ и исследований впервые была выполнена комплексная оценка селевого режима территории, определены фактические и ожидаемые характеристики селевых процессов и построена карта селевых бассейнов в бассейне р. Мзымта (рис. 1).

ОБЩАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ И РАСЧЁТА ХАРАКТЕРИСТИК СЕЛЕЙ

В настоящее время не существует удовлетворительных физических моделей селевого процесса, позволяющих адекватно описать сель, а существующие математические модели зачастую основаны либо на идеальных математических, либо на эмпирических представлениях, сильно упрощающих реальную картину и позволяющих описать селевой процесс с определенной степенью приближенности, что необходимо учитывать при использовании расчетных значений характеристик селей и селевых процессов при проектно-изыскательских работах.

Вместе с тем в селеведении накоплен большой практический опыт полевой оценки селевых процессов, позволяющий с достаточной степенью достоверности описать характеристики селей, и в каждом конкретном случае выбрать для

расчета параметров селевых процессов такие их физические и математические модели, на основе которых можно рассчитать характеристики селей с приближением, необходимым и достаточным для практического использования. Выбор методики расчета характеристик селевых процессов – сложная задача, требующая знания как теоретических представлений о селевых процессах, так и практического опыта их исследования.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу изучения селевых процессов в долине р. Мзымта были положены результаты полевых исследований горных пород в потенциальных селевых массивах и селевых отложениях, геоморфологических и геоботанических признаков проявления селевых процессов.

Характеристики селей и селевого режима определялись по материалам полевых наблюдений, проводившихся в 2004–2010 гг., с учетом результата анализа материалов исследований прошлых лет, выполненных другими исследователями [4, 5, 19].

Определение границ предельной дальности селей проводили с учетом результатов полевого определения геоботанических признаков проявления селевых процессов и морфологических характеристик селевых бассейнов. На исследуемой территории неизбежными погрешностями в оценке максимальных дальностей выброса селевых потоков допустимо пренебречь, поскольку дальность их выброса ограничена характером рельефа долины р. Мзымты. Сходящие с северного макросклона хр. Аибга сели больших объемов достигают долин рек Мзымта и Пслух и останавливаются, упираясь в их русла. В полной мере это относится и к селям большого объема, формирующимся в бассейне р. Бешенки.

Расчет динамических характеристик селей, характеристик селевых процессов и факторов селеобразования проводился по известным методикам [1, 2, 6, 7, 9–13, 15, 16, 18, 20].

ФАКТОРЫ СЕЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В БАСЕЙНЕ р. МЗЫМТА

Основные факторы селевых процессов в исследуемом районе, обуславливающие большую частоту формирования, большую дальность выброса и значительные объемы селей, – значительное количество атмосферных осадков, крутые уклоны селевых бассейнов и геологическое строение территории [3] (молодые горные породы, слабо-

сцементированные, легко размываемые и размокаемые юрские глинистые сланцы и аргиллиты в сочетании с интрузивными, вулканогенными и метаморфическими породами, поставляющими в селю крупнообломочный материал).

Геологические факторы селевых процессов.

Активность проявления селевых процессов в бассейне р. Мзымты обусловлена геологическим строением территории. Формированию селей большого объема способствуют [10, 12] немалые объемы потенциальных селевых массивов, сформированных рыхлообломочным материалом моренного, обвально-осыпного и оползневого генезиса как в селевых очагах, так и в зоне транзита селей. Породы потенциальных селевых массивов сильно увлажнены и легко вовлекаются в селевой процесс.

Коренные породы, представленные легко разрушающимися глинистыми сланцами и аргиллитами, формируют селевую суспензию, обладающую высокой плотностью и соответственно транспортирующей способностью. В её составе отмечается значительное содержание частиц пылеватой и тонкой глинистой фракций с преобладанием гидрофильных минералов (гидрослюды). Их содержание обуславливает такое состояние селевой суспензии, которое может описываться как однофазная система.

Крупнообломочная фракция (представленная преимущественно диоритами) насыщает потенциальные селевые потоки глыбово-валунной составляющей. В составе селеобразующих пород следует также выделить селевые отложения разного возраста, выполняющие днища и борта селевых русел во всех селевых бассейнах. Эти отложения представляют собой потенциальные селевые массивы (ПСМ) практически неограниченного объема. Характеристики пород ПСМ и условия их залегания способствуют активному их вовлечению в селевые процессы при обводнении в периоды бурного снеготаяния или выпадения сильных дождей.

Геоморфологические факторы селевых процессов. Наряду с геологическим строением территории интенсивность проявления селевых процессов в значительной степени определяется геоморфологическим строением территории. Рельеф территории создает исключительно благоприятные условия для развития селевых процессов.

В орографическом плане территория строительства располагается в области со среднегорным и высокогорным рельефом с перепадом аб-

Таблица 1. Среднее годовое количество осадков по данным гидрометеорологических станций

Гидрометеорологическая станция	Абс. высота, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Красная Поляна	565	205	180	169	143	133	131	115	116	146	183	213	240	1974
Ачишхо	1800	380	323	296	226	207	218	156	173	218	278	357	423	3255
Кордон Лаура		179	236	205	134	169	130	83	115	124	224	234	211	2043
Аибга	2225	112	134	149	75	106	145	80	88	109	141	114	100	1352

солютных отметок от 550 м в днище долины р. Мзымты до 2200–2450 м на хребте Аибга. Максимальная абсолютная отметка – г. Пик II (2450.5 м). Верхняя часть хребта Аибга представлена скалистыми гребнями с карами, карлингами, часто с отвесными склонами. Глубина расчленения рельефа превышает 1900 м.

В геоморфологическом отношении рельеф территории – эрозионно- денудационный.

Крутизна склонов превышает 40°. Склоны осложнены оползневыми цирками, мульдами и оползневыми телами, приуроченными к полям развития делювиальных и делювиально-пролювиальных шлейфов. Микрорельеф оползневых тел характеризуется наличием оползневых террас, часто осложненных вторичными оползнями.

Гидрометеорологические факторы селевых процессов. Наиболее важные среди гидрометеорологических факторов селеобразования – режимы осадков и температур, определяющие как условия вовлечения в селевой процесс горных пород, так и скорость выветривания последних, чем обусловлена скорость формирования ПСМ накопления.

Для расчета селевых процессов использовались данные гидрометеорологических наблюдений [17], полученные на гидрометеорологических станциях (ГМС) “Красная Поляна”, “Ачишхо”, “Кордон Лаура” и снеголавинной станции (СЛ) “Аибга”.

Осадки. Количество и интенсивность выпадения атмосферных осадков – наиболее весомые метеорологические характеристики, оказывающие определяющее влияние на характер селевых процессов и интенсивность их проявления.

Поскольку верхние границы селевых бассейнов находятся на отметках 1800–2400 м, данные об осадках, выпадающих на эти площади, необходимо принимать по ГМС, имеющим длительные ряды наблюдений и расположенным на высотах более 1600 м. Однако количество выпадающих в

горах осадков сильно превышает их значения, регистрируемые на ГМС [9]. Единственная ГМС в районе исследований, расположенная на водоразделе – ГМС “Ачишхо” (1800 м), ныне закрыта.

Среднемноголетнее годовое количество осадков, выпадающих на ГМС “Ачишхо”, составляет 3255 мм, на ГМС “Красная Поляна” – 1974 мм, по ГМС “Кордон Лаура” – 2043 мм (табл. 1). Наименьшее количество осадков отмечается на СЛ “Аибга” – 1352 мм. Однако ряд наблюдений здесь короткий, а данные о количестве зарегистрированных осадков (особенно в холодный период) вызывают сомнение в их достоверности.

Среднемноголетнее количество осадков, выпадающих за тёплый период года (май–октябрь) в Красной Поляне, составляет 824 мм, а на ГМС “Ачишхо” – 1250 мм осадков.

Наблюденный суточный максимум жидких осадков на ГМС “Красная Поляна” в 1977 г. составил 188 мм. На ГМС “Ачишхо” наблюдаемый суточный максимум был отмечен в 1956 г. и составил 298 мм. Такое количество осадков при их высокой интенсивности обуславливает высокую степень активности селевых процессов.

По предварительной оценке, селеобразующие суммы осадков в исследуемом районе составляют 30.0–100.0 мм/сут (в зависимости от степени предшествующего увлажнения пород потенциальных селевых массивов). Следует отметить, что в периоды снеготаяния селеобразующая сумма осадков может быть менее 20.0 мм/сут.

Условием формирования водоснежных потоков в период снеготаяния будет резкое повышение температуры воздуха в высотной зоне 1900–2400 м до +10.0°C: особенно при выпадении жидких осадков.

Сейсмогенные факторы. При оценке вторичных эффектов землетрясений, расчете селевых рисков для населения, объектов и сооружений и разработке мероприятий по их защите в сейсмичных

Таблица 2. Характеристики некоторых селевых бассейнов и селевых процессов в бассейне р. Мзымта

№ селевого бассейна	Характеристики селевого бассейна								Тип селя*	максимальная плотность селя, кг/м³	Объем единовременных выносов, тыс. м³		Толщина селевых отложений, м		Максимальная ширина селеопасной зоны, м	Частота формирования селей, 1 раз/лет	Продолжительность периода селевой опасности, сут.	Селеобразующая сумма осадков, мм/сут	
	верхней границы водосбора	верхней границы зоны аккумуляции селей	абс. высота, м	относительная высота, м	площадь, км²	экспозиция	длина, м	уклон селевого русла, град.											
I-1, р. Бешенка	2210	1680	405	1805	3.74	ЮВ	7250	14	ГК, НВ, ВС	2300	50.0	>1000.0	3.0	30.0	2180	3–5	360	70	100
I-2, р. Бешенка	2000	1370	405	1595	2.23	ЮВ	7060	13	ГК, НВ, ВС	2300	10.0	>500.0	3.0	10.0	2180	3–5	360	70	100
I-3, р. Бешенка	1850	1420	405	1445	1.59	ЮЗ	6810	12	ГК, НВ, ВС	2300	10.0	>500.0	3.0	10.0	2180	3–5	360	70	100
II, р. Ачипсе	2300	–	525	1775	–	Ю	14200	7	ГК, НВ	1800	50.0	>1000.0	3.0	10.0	310	10–12	300	70	100
II-1, р. Лаура	2680	–	565	2115	24.80	ЮЗ	6500	18	ГК, НВ	1800	50.0	>1000.0	3.0	10.0	270	10–12	300	70	100
II-2	830	690	550	280	0.06	ЮЗ	720	21	ГК, НВ	1800	1.0	5.0	1.0	2.0	30	10–12	300	70	100
II-3	1010	830	550	460	0.24	ЮЗ	1300	19	ГК, НВ	1800	2.0	10.0	1.0	3.0	35	10–12	300	70	100
II-4	1230	1035	550	680	0.93	ЮЗ	2075	18	ГК, НВ	1800	2.0	10.0	1.0	3.0	35	10–12	300	70	100
II-5	1435	1120	540	895	3.43	ЮЗ	2820	18	ГК, НВ	2000	5.0	50.0	3.0	5.0	200	10–12	300	70	100
III, р. Пелух	3150	1900	645	2505	–	З	14400	10	ГК, НВ, ВС	1800	5.0	>500.0	3.0	5.0	85	10–12	360	70	100
IV, р. Ачипсе	2375	1250	725	1650	2.50	СВ	4000	22	ГК, НВ, ВС	2300	30.0	>1000.0	3.0	10.0	25	3–5	360	70	100
V-1	2375	1190	715	1660	2.20	СВ	4210	22	ГК, НВ, ВС	2300	30.0	>1000.0	3.0	10.0	85	3–5	360	70	100
V-2	2320	1245	715	1605	2.10	СВ	3880	22	ГК, НВ, ВС	2300	30.0	>1000.0	3.0	10.0	95	3–5	360	70	100
VI	1235	930	680	555	0.85	СВ	1480	21	ГК, НВ, ВС	2100	5.0	100.0	3.0	10.0	25	3–5	360	70	100
VII, руч. Сальмовский	2335	1165	675	1660	4.05	СВ	4745	19	ГК, НВ, ВС	2300	30.0	>1000.0	3.0	10.0	90	3–5	360	70	100
VIII	2280	850	565	1715	6.85	СВ	4675	20	ГК, НВ	2300	30.0	>1000.0	3.0	10.0	310	3–5	300	70	100
IX	1640	620	555	1085	1.30	С	2890	21	ГК, НВ, ВС	2100	30.0	>1000.0	3.0	10.0	80	3–5	360	70	100
X	2460	675	550	1910	0.38	С	1565	51	ГК, НВ, ВС	2100	30.0	>1000.0	3.0	10.0	110	3–5	360	70	100
XI-1, руч. Шумихинский	2375	1250	535	1840	3.05	С	4400	23	ГК, НВ, ВС	2300	30.0	>1000.0	3.0	10.0	260	3–5	360	70	100
XI-2, р. Ржаная	2460	1650	535	1925	2.70	СВ	4575	23	ГК, НВ	2300	30.0	>1000.0	3.0	10.0	260	3–5	300	70	100

Таблица 2 (окончание)

№ селового бассейна	Характеристики селового бассейна										Тип селя*	максимальная плотность селя, кг/м ³	Объем единовременных выносов, тыс. м ³		Толщина селевых отложений, м		Максимальная ширина селопасной зоны, м	Частота формирования селей, 1 раз/лет	Продолжительность периода селовой опасности, сут.	Селеобразующая сумма осадков, мм/сут	
	абс. высота, м				относительная высота, м	площадь, км ²	экспозиция	длина, м	уклон селового русла, град.	средняя			максимальный	средняя	максимальная	при сильно увлажнённых породах ПСМ				при слабо увлажнённых породах ПСМ	
	верхней границы водосбора	верхней гра-ницы зоны аккумуляции селей	нижней гра-ницы зоны аккумуляции селей	абс. высота, м																	
XII-1	2195	1450	600	505	1150	1.83	C	3600	25	ГК, НВ, ВС	2100	30.0	>1000.0	3.0	10.0	260	3-5	360	70	100	
XII-2, руч. Тобиаса	2450	1250		525	1925	3.58	СВ	5075	21	ГК, НВ	2300	30.0	>1000.0	3.0	10.0	720	3-5	300	70	100	
XIII	1655		600	505	1150	1.83	C	2950	21	ГК, НВ	2100	5.0	50	1.0	3.0	40	3-5	300	70	100	
XIV	1540	810		485	1055	1.22	C3	2690	21	ГК, НВ, ВС	2100	6.0	>50.0	1.0	4.0	980	3-5	360	70	100	
XV	2385	900		475	1910	5.64	C3	4920	21	ГК, НВ, ВС	2300	30.0	>1000.0	3.0	10.0	800	3-5	360	70	100	
XVI	2070	950		415	1655	2.52	C3	3580	25	ГК, НВ, ВС	2100	30.0	>1000.0	3.0	10.0	35	3-5	360	70	100	
XVII, руч. Галион Iй	2095	1230		320	1775	6.29	C3	5090	19	ГК, НВ	2300	30.0	>1000.0	3.0	10.0	295	3-5	300	70	100	
XVIII	1000	710		290	710	0.58	3	2080	19	ГК, НВ	2100	2.0	30.0	1.0	3.0	155	3-5	300	70	100	
XIX	1855	1100		285	1570	12.34	C3	5605	16	ГК, НВ, ВС	2300	30.0	>1000.0	3.0	10.0	260	3-5	360	70	100	
XX-9	1140	1100		600	540	0.11	C3	770	35	ГК, Г	2000	2.0	20.0	1.5	2.5	55	1-3	360	20	50	

* Тип селя: ГР – грязекаменный; Н – наносоводный; ВС – водоснежный.

Таблица 3. Динамические характеристики селевых потоков в бассейне р. Мзымта

№ селевого бассейна	Время добегания селевого потока до объекта по С.П. Кавецкому, с	Глубина потока, м	Макс. высота селевой волны (высший селевой горизонт), м	Макс. скорость связанного селя по В.В. Голубцову, м/с	Средняя скорость по В.В. Голубцову, м/с		Плотность связанного селевого потока, кг/м ³	Плотность несвязного селевого потока, кг/м ³	Полное (гидростатическое и гидродинамическое) давление селевого потока на препятствие по И.И. Херхеулидзе, МПа		Максимальный расход селевого потока по В.В. Голубцову, м ³ /с	Максимальный удельный расход селевого потока на 1 м ширины потока при выходе в зону аккумуляции, м ³ /с
					связных селей	несвязных селей			связных селей	несвязных селей		
I-1	50.22	4.0	6.0	24.69	13.72	16.46	2100	1300	0.429	0.371	4938.59	54.87
I-2	42.15	4.0	6.0	23.96	13.31	15.98	2100	1300	0.406	0.351	2683.80	53.25
I-3	38.05	4.0	6.0	23.91	13.29	15.94	2100	1300	0.405	0.350	4878.52	53.14
II	66.73	4.0	6.0	20.01	11.11	13.34	1800	1300	0.253	0.252	8242.62	44.46
II-1	85.37	4.0	6.0	20.50	11.39	13.67	1800	1300	0.264	0.264	7789.30	45.55
II-2	18.25	1.0	2.0	12.33	6.85	8.22	2100	1300	0.107	0.093	98.64	6.85
II-3	33.08	1.0	2.0	12.24	6.80	8.16	2100	1300	0.106	0.091	140.80	6.80
II-4	50.54	1.0	2.0	12.17	6.76	8.11	2100	1300	0.104	0.090	146.03	6.76
II-5	29.91	3.0	5.0	21.23	11.79	14.15	2100	1300	0.317	0.274	827.97	35.38
III	141.80	2.0	2.5	15.76	8.76	10.51	1800	1300	0.153	0.154	1387.03	17.51
IV	41.51	4.0	6.0	24.81	13.78	16.54	2100	1300	0.433	0.374	1141.39	55.14
V-1	33.86	4.0	6.0	24.36	13.53	16.24	2100	1300	0.418	0.362	925.79	54.14
V-2	6.03	4.0	6.0	25.72	14.29	17.14	2100	1300	0.462	0.400	1080.06	57.15
VI	10.01	4.0	6.0	24.47	13.60	16.32	2100	1300	0.422	0.365	930.05	54.39
VII	7.77	4.0	6.0	23.17	12.87	15.45	2100	1300	0.382	0.330	1019.58	51.49
VIII	60.83	4.0	6.0	24.49	13.61	16.33	2100	1300	0.423	0.365	1077.73	54.43
IX	10.64	4.0	6.0	23.97	13.32	15.98	2100	1300	0.406	0.351	910.98	53.27
X	6.06	4.0	6.0	23.93	13.29	15.95	2100	1300	0.405	0.350	1579.38	53.18
XI-1	52.77	4.0	6.0	25.20	14.00	16.80	2100	1300	0.445	0.385	1865.11	56.01
XI-2	57.01	4.0	6.0	24.91	13.84	16.60	2100	1300	0.435	0.377	946.45	55.35
XII-1	57.66	4.0	6.0	25.32	14.07	16.88	2100	1300	0.449	0.389	1012.88	56.27
XII-2	43.10	4.0	6.0	26.45	14.70	17.64	2100	1300	0.486	0.422	1163.92	58.78
XIII	18.03	4.0	4.0	23.58	13.10	15.72	2100	1300	0.394	0.340	754.41	52.39
XIV	17.72	2.0	4.0	17.49	9.72	11.66	2100	1300	0.215	0.186	454.74	19.43
XV	65.35	4.0	6.0	24.56	13.64	16.37	2100	1300	0.425	0.367	1178.88	54.58
XVI	55.95	4.0	6.0	25.11	13.95	16.74	2100	1300	0.442	0.383	903.96	55.80
XVII	45.59	4.0	6.0	23.25	12.92	15.50	2100	1300	0.385	0.332	883.52	51.67
XVIII	40.77	1.0	3.0	11.90	6.61	7.93	2100	1300	0.100	0.087	89.22	6.61
XIX	50.29	4.0	6.0	22.57	12.54	15.05	2100	1300	0.365	0.314	902.85	50.16
XX-9	82.12	1.5	3.0	13.82	7.68	9.21	2100	1300	0.137	0.118	552.88	11.52

районах необходимо учитывать вероятность формирования сейсмогенных селей.

Роль сейсмических процессов в селевом процессе неоднозначна [8]. Для начала селевого процесса необходимо сочетание целого ряда условий: прежде всего достаточные степень увлажненности и мощность пород ПСМ. По этой причине ве-

роятность совпадения землетрясений с периодом выпадения сильных осадков при неравновесном состоянии ПСМ (период максимальной интенсивности селевых процессов) невелика. По грубой оценке вероятность формирования селевых потоков в бассейне р. Мзымты при землетрясениях силой менее 7 баллов не превышает 10%. Сей-

смические процессы могут привести к активизации селевых процессов весной (апрель – июнь) в период сильного увлажнения пород ПСМ после многоснежной зимы или в случае предшествующих землетрясению сильных или продолжительных дождей.

Большую опасность, как причину инициирования сейсмогенных селей, представляют слабые и частые землетрясения силой 3–4 балла, приводящие к увеличению скорости формирования ПСМ накопления и способных перевести ПСМ из неравновесной фазы в динамическую [8].

СЕЛЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ В БАССЕЙНЕ р. МЗЫМТА

Интенсивность проявления селевых процессов на территории Горного кластера г. Сочи чрезвычайно высока. Селеносны все постоянные и временные водотоки в бассейне р. Мзымта: Пслух, Пслушонок, Ржаная, Салымовский, Пограничная, Сумасшедшая, Лаура, Ачипсе, Бешенка, Монашка, Чвижепсе, Медовеевка, Краснополянка, Кепша.

Характеристики селевых бассейнов и селевых процессов приведены в табл. 2, а в табл. 3 указаны динамические характеристики селевых потоков.

Для селевых бассейнов ХХ-1 – ХХ-9 (селеопасный участок ХХ), в которых активно формируются техногенные селевые потоки, характеристики селевых бассейнов и динамические характеристики селевых потоков в табл. 2, 3 приведены только для бассейна ХХ-9, поскольку отражают количественные характеристики селевых процессов для всех селевых бассейнов участка ХХ.

Характеристики селевых потоков. В пределах исследованной территории формируются несвязные (наносоводные), связные (грязекаменные и грязевые) сели, а также водоснежные потоки.

Генезис селевых потоков – дождевой или смешанный (дождевой и снеготаяния). Селевые потоки формируются как при выпадении дождей, так и в периоды резкого повышения температуры воздуха и интенсивного снеготаяния или снеготаяния с дождем в весенний (март-май) и осенне-зимний (октябрь-декабрь) периоды.

Преобладающий структурно-реологический тип селей – связные сели (грязекаменные и грязевые). Грязекаменные сели образуются в руслах водотоков, прорезающих моренные, оползневые и коллювиально-делювиальные отложения в полосе развития юрских глинистых сланцев и

аргиллитов (как правило, в верхнем течении); в руслах водотоков с большими накоплениями обвалово-осыпного материала. В верхней и средней части селевых русел (в зоне транзита селей) происходит дополнительная подпитка селей крупнообломочной фракцией за счет переработки потоком старых селевых отложений. Грязекаменные сели отличаются высокой плотностью – 2000–2300 кг/м³. Максимальные дальности выброса грязекаменных селей достигают 5–15 км, объемы – превышают 1000 тыс. м³.

В руслах крупных рек (Мзымта, Пслух, Пслушонок, Ачипсе и др.) формируются преимущественно наносоводные сели, но во время сильных ливневых осадков по этим водотокам проходят грязекаменные сели, отложения которых вскрываются по берегам рек. Отложения грязекаменных селевых потоков представлены глыбово-валунным материалом с супесчано-суглинистым заполнителем.

В периоды глубоких оттепелей в декабре – апреле образуются водоснежные потоки – снежные сели, отличающиеся высокими скоростями и большой дальностью выброса.

Селевой режим. Период активного селеобразования длится с апреля по ноябрь. Однако в случае глубоких оттепелей происходит формирование селей (как водоснежных, так и грязекаменных) в декабре – апреле.

Анализ материалов полевых исследований геоботанических и литологических признаков проявления селевых процессов и материалов геологических и геофизических исследований позволяет утверждать, что селевые потоки регулярно формируются в селевых бассейнах на северном макросклоне хр. Аибга и в бассейне р. Бешенки достигают р. Мзымты.

Геоботанические и литологические признаки проявления селевых потоков позволяют сделать вывод, что повторяемость селей объемом до 1000 м³ составляет 1 раз в 1–3 года, объемом до 50 тыс. м³ – 1 раз в 5–7 лет, объемом до 100 тыс. м³ – 1 раз в 10–12 лет, объемом более 100 тыс. м³ – 1 раз в 12–15 лет; грязекаменных селей объемом более 1000 тыс. м³ – 1 раз в 30–50 лет. Описание селевых потоков в бассейне р. Мзымта и на прилегающей территории за период 1978–2010 гг. приводится в табл. 4.

Последний случай формирования грязекаменного селевого потока небольшого объема (менее 5 тыс. м³) на руч. Тобиаса отмечен в 2008 г. Послед-

Таблица 4. Сели в бассейнах р.р. Мзымта, Сочинка, Кепша в 1978–2010 гг.

Адрес	Дата схода	Осадки (характер выпадения; сумма, мм)	Высший селевой горизонт, м	Толщина селевых отложений, м	Ущерб. Характеристика селевых отложений.	Примечание
р. Сочи	15–18.09.1978	Локальные осадки в бассейне р. Сочи			Затоплена территория г. Сочи	
р. Хобза	15.08.1984	Локальные смерчевые осадки		0.4	Смыт кемпинг в пос. Ниж. Хобза. Более 20 легковых машин унесено в море	
р. Шахэ	29.12.2001	Циклон. Ливневые осадки.			Размыта береговая линия в пос. Ахинтам; разрушены хозяйственные постройки; разрушено берегоукрепительное сооружение в районе Шахинского водозабора	
Левые притоки р. Псеуапсе (от с. Татьяновка до с. Марьино)	01.08.1991	Циклон. Ливневые осадки (160.0 мм/4 час)		3.0	Завалена автомобильная дорога	
Притоки р. Шахэ	01.08.1991	То же			Снесен гидрометрический мостик на водомерном посту Солох-Аул	
р. Пшенахо (лев. приток р. Туапсе)	01.08.1991	”	4.5	0.8	Бульдозер С-100 перенесен на расстояние 1.5 км. Затоплен пос. Георгиевский	
р. Чемит пос. Зубова Щель	01.08.1991	Циклон. Ливневые осадки.		1.2	Смыто 4 жилых здания и кладбище в пос. Зубова Щель. Смыт автодорожный мост через р. Чимит. Поврежден водовод	
р. Цусквадж, пос. Солоники.	01.08.1991	То же			Смыт автодорожный мост через р. Цусквадж	
р. Буу, пос. Вардане	01.08.1991	”	3.0	0.6	Затоплен пос. Вардане	
р. Аше, пос. Аше	01.08.1991	”		1.2.	Снесен автодорожный мост на трассе Новороссийск – Сухуми. Ферменное пролетное строение моста (пролетом 45 м) поднято потоком и перенесено на 80 м вниз по течению. Пойма реки завалена принесенным поваленным лесом	Мутность воды 45 кг/м ³

Таблица 4 (окончание)

Адрес	Дата схода	Осадки (характер выпадения; сумма, мм)	Высший селевой горизонт, м	Толщина селевых отложений, м	Ущерб. Характеристика селевых отложений.	Примечание
руч. Салымовский (лев. приток р. Мзымта)	1995				Перегородил русло р. Мзымта	
руч. Сухой (лев. приток руч. Пслушенок.)	1995				Перегородил русло руч. Пслушенок	
Лев. приток р. Ачипсе (в 400 м выше впадения в р. Мзымту)	1995					
руч. Рыбный, басс. р. Сочи (левый приток с хр. Игош)	Конец декабря 1995 - начало января 1996		12.0		Перегородил русло р. Сочи. Полностью завалил долину ручья Рыбного	
р. Медовеевка, лев. приток р. Чвижиписе	Конец декабря 1995 – начало января 1996				Разрушена пограничная застава	
р. Бешенка (прав. приток р. Мзымта)	22.08.1997					
р. Сочи	22.08.1997			0.3	Послеселевым паводком затоплена рыночная площадь и ул. Конституции г. Сочи	
р.р. Восточный и Западный Дагомыс	22.08.1997.			0.4	Затоплен пос. Дагомыс. Прервано сообщение по трассе Новороссийск - Сухуми	
р. Кепша – правый приток р. Мзымта	29.12.2001	Циклон. Ливневые осадки		1.5	На устьевом участке русло р. Кепша полностью перекрыто селевыми отложениями (суглинистые с щебенистым заполнителем)	Сель, образовался при сходе гигантского оползня в верховьях р. Кепша.
руч. Салымовский (лев. приток р. Мзымта)	03.06.2007				Перегородил русло р. Мзымта. Селевой валун перекрыл трубу диаметром 2000мм на переезде через руч. Салымовский	

ний случай формирования селевого потока большого объема (30–40 тыс. м³) в селевом бассейне VII (руч. Салымовский) отмечен 03.06.2007 г. (рис. 2). В августе – октябре 2010 г. и в 2011 г. отмечалось массовое формирование селей в не-

больших селевых бассейнах между руч. Салымовским и р. Пслух (участок XX-1 – XX-9). Сели формировались по антропогенной причине: из-за бесконтрольного складирования строительных грунтов на склоне плато Роза Хутор: в верховьях



Рис.2. Отложения грязекаменного селя на руч. Салымовском. 03.06.2007 г. Фото Г.Л. Морозова



Рис. 3. Конус выноса антропогенного селя, сошедшего с плато Роза Хутор на автодорогу. Селевой участок XX. 20.08.2010. Фото Н.А. Казакова

селеносных водотоков (рис. 3). Ситуация повторилась во второй декаде апреля 2012 г., когда техногенные сели прошли по руслам руч. Кольценко и руч. Роза. В одном из селевых потоков погиб человек.

Активизация селевых процессов при техногенном воздействии на селевые комплексы. Высокая степень активности селевых процессов в бассейне р. Мзымта в целом и на северном макросклоне хр. Аибга в частности требует соблюдения определенных правил во время выполнения строительных работ. Так, складирование отвалов строительных грунтов в селевых бассейнах, а также в руслах и долинах малых водотоков (в том числе временных) приводит к формированию (или к увеличению) объемов существующих ПСМ и соответственно к увеличению объемов селей и их повторяемости.

Отвалы строительных грунтов, перемещённых при возведении объектов на территории ГЛК “Роза Хутор” (оценочный объем – несколько десятков тысяч куб. м), были складированы в верховья малых водотоков и селевых бассейнов, разгружающихся на автомобильную дорогу, ведущую от Сулимовского ручья вверх по долине р. Пслух. В результате образовались искусственные потенциальные селевые массивы большого объема. Дожди, прошедшие на территории Горного кластера 19–20 августа 2010 г., привели к массовому формированию грязекаменных селей

на селеопасном участке XX. Твердую компоненту селей составили строительные грунты. Селевые потоки вышли на полотно автомобильной дороги. Толщина завалов дорожного полотна превышала 2 м. Объем селей достигал 5 тыс. м³, максимальная высота селевой волны (высший селевой горизонт) – 4.5 м, скорость – 8.8 м/с. Ситуация повторялась в сентябре и октябре 2010 г.

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО КЛАСТЕРА ОЛИМПИЙСКОГО КОМПЛЕКСА

Подверженность территории Горного кластера воздействию селевых процессов предопределяет необходимость опережающего проектирования и возведения сооружений инженерной защиты территории, сооружений и инфраструктуры, спортивных, посетителей и персонала от селевых потоков. Проведение противоселевых мероприятий в обязательном порядке должно сопровождаться организацией мониторинга селевых процессов, включающих наблюдения за динамикой селевых процессов и их прогноз на территории работ в период строительства и во время эксплуатации объектов.

Степень селевой опасности на территории Красной Поляны (в долинах р.р. Мзымта, Пслух, Лаура, Бешенка) чрезвычайно высока. Большое число строящихся объектов и сооружений инфраструктуры расположено в селеопасных зонах. На древнем селевом конусе выноса расположено с. Красная Поляна (селевой бассейн I). Однако концепция противоселевой защиты (как и комплексной защиты от опасных экзогенных геологических и гидрометеорологических процессов) отсутствует, что привело к принятию проектных решений, не в полной мере учитывающих необходимость и способы защиты объектов от селевых процессов.

Ряд объектов размещен в селеопасных зонах без применения мер противоселевой защиты. Например, в зоне аккумуляции отложений грязекаменных селей, формирующихся в бассейне руч. Сулимовского, построено здание подстанции 110 КВ на его левом берегу без учета высокой степени селевой опасности площадки и не имеет противоселевой защиты; через ручей возведен автомобильный мост, конструктивные особенности которого смогут обеспечить его безопасность от воздействия гидрологических процессов (паводки и т.д.), но не обеспечат его противоселевую защиту, так как высота мостового пролета меньше

отметок высшего селевого горизонта, а сам мост не способен выполнять функции селепропускного устройства. Мост для прохождения электрических кабелей от подстанции через Сулимовский ручей построен ниже отметок высшего селевого горизонта и при прохождении по ручью грязекаменных селей будет разрушен.

Бесконтрольное складирование строительных грунтов в селевых бассейнах отмечается практически на всей территории Горного кластера Олимпийского комплекса. Следствием безнадзорного устройства отвалов строительных грунтов в селевых бассейнах стало повсеместное увеличение активности селевых процессов и степени их воздействия на территорию и объекты. В результате в 2010 г. началось активное формирование селей на участке XX-1 – XX-9 (см. рис. 1).

Учитывая высокую степень активности селевых процессов в бассейне р. Мзымта в целом и на северном макросклоне хр. Аибга в частности, для предотвращения увеличения объемов потенциальных селевых массивов и соответственно объемов формирующихся селей и их повторяемости, во время строительных работ недопустимо складирование отвалов строительных грунтов в руслах и долинах малых водотоков (в том числе временных), а также в оползневых комплексах – для предотвращения активизации оползневых процессов. Уже складированные грунты следует переместить за пределы селевых бассейнов и оползневых комплексов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В бассейне р. Мзымта на участке от Обер Хутора до с. Красная Поляна выделено 32 селевых бассейна. Селеносны все постоянные и временные водотоки в бассейне р. Мзымта: Пслух, Пслушонок, Ржаная, Салымовский, Пограничная, Сумасшедшая, Лаура, Ачипсе, Бешенка, Монашка, Чвижепсе, Медовеевка, Краснополянка, Кепша. Кроме того, по самой р. Мзымте проходят несвязные селевые потоки, а на отдельных её участках формируются связные (грязекаменные) сели.

2. Площадки строительства большинства объектов Олимпийского комплекса в Горном кластере г. Сочи находятся в зоне транзита и аккумуляции отложений грязекаменных селей повторяемостью 1 раз в 3 года или размещены на конусах выноса селей.

3. Объем единовременных выносов грязекаменных селей может превышать 1000 тыс. м³.

4. Ожидаемое воздействие селей на объекты и сооружения – разрушение капитальных объектов и сооружений инфраструктуры; угроза спортсменам, персоналу и посетителям комплекса; завал территории селевыми отложениями, толщина которых может достигать 6.0–8.0 м.

5. С 2010 г. на территории Горного кластера отмечается активное формирование селевых потоков, вызванное антропогенными факторами (главным образом, бесконтрольная строительная деятельность в селевых бассейнах).

Авторы выражают благодарность своим коллегам Рыбальченко С.В., Бобровой Д.А., Окопному В.И., принимавшим участие в полевых работах в бассейне р. Мзымта и обработке материалов полевых наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов Ю.Б. Эрозионно-сдвиговой селевой процесс // Селевые потоки. Сб. 1. М.: Гидрометеиздат, 1976. С. 114–121.
2. Виноградов Ю.Б. Этюды о селевых потоках. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 144 с.
3. Геология СССР. Т. 9. Северный Кавказ. М.: Недра, 1968.
4. Заруднев В.М., Салпагаров А.Д., Хома И.И.. Лавинно-селевая опасность бассейнов рек Теберда, Большой Зеленчук, Мзымта и защита от лавин и селей горнолыжных комплексов Домбай, Архыз, Красная Поляна. Кисловодск: Северокавказское издательство МИЛ, 2007. 288 с.
5. Кадастр селей СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1982, 1986.
6. Казаков Н.А. Волновая динамика селей // Геоэкология. 2001. № 2. С. 158–164.
7. Казаков Н.А. Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин) // Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. Южно-Сахалинск, 2000. 36 с.
8. Казаков Н.А. Сейсмогенные факторы селевого процесса в низкогорье (на примере о. Сахалин) // Геоэкология. 2007. № 1. С. 75–81.
9. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Влияние вертикального градиента осадков на характеристики гидрологических, селевых и селевых процессов в низкогорье // Геоэкология. 2007. № 4. С. 342–347.
10. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Грязекаменные сели катастрофических объемов в низкогорье острова Сахалин // Тр. Междунар. конф. “Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита”, Петрозаводск: Изд. Института “Севкавгипроводхоз”, 2008. С. 45–48.
11. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Методология расчета рисков от воздействия лавинных, селевых и оползневых процессов при проектировании линейных сооружений // Сб. тр. IV Междунар. геотехнического симп. “Превентивные геотехнические меры по уменьшению природных и техногенных бедствий”. Хабаровск: ДВГУПС, 2011. С. 408–412.
12. Казаков Н.А., Жируев С.П. Таксономические категории природных селевых комплексов (на примере о. Сахалин) // Матер. Шестой Всеросс. конф. “Оценка и управление природными рисками “Риск – 2006”. М.: РУДН, 2006. С. 48–50.
13. Казакова Е.Н. Повторяемость крупных грязекаменных селей в Сусунайском хребте по данным дендрохронологического анализа // Геоэкология. 2009. № 3. С. 258–263.
14. Перов В.Ф. Селевые явления на территории СССР. М.: ВИНТИ, 1989. 148 с.
15. Руководство по изучению селевых потоков. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 143 с.
16. Спекторман М.Д. Скоростные характеристики экспериментальных селевых потоков // Селевые потоки. Сб. 1. М.: Гидрометеиздат, 1976. С. 44–48.
17. Справочник по климату СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 356 с.
18. Флейшман С.М. Сели. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 312 с.
19. Хворостов В.В. Селевые явления в бассейнах рек Кубани и Кумы // Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 1996. 26 с.
20. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. М.: Недра, 1980. 296 с.

MUDFLOW PROCESSES IN THE MZYMTA RIVER BASIN (KRASNAYA POLYANA) AND THEIR IMPACT ON THE TERRITORY OF OLYMPIC CONSTRUCTION

N. A. Kazakov*, Yu. V. Gensiorovskii*, E. N. Kazakova*, G. L. Morozov**

**Sakhalin Branch of Far East Geological Institute, Far East Division, Russian Academy of Sciences, ul. Gor'kogo 25, Yuzhno-Sakhalinsk, 6930023 Russia. E-mail: kazakovna@fegi.ru*

***“Inzhzashchita” Co. Ltd., ul. Plastunskaya 202, Sochi, Krasnodar krai, 354003 Russia*

The map of mudflow basins is built by the results of field studies conducted by the authors in the Mzymta River basin during the period of 2004–2010. The mudflow characteristics are determined, and the problems in protecting territory and Olympic objects against mudflows are considered.

Key words: *mudflow, mudflow process.*