

Ущерб от селевых потоков для малых водохранилищ о. Сахалин и расчет селевого риска

Debris flow damage to water reservoirs of Sakhalin Island and debris flow risk calculation

МУЗЫЧЕНКО А.А.

ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Сахалинский филиал, лаборатория лавинных и селевых процессов, инженер, аспирант, nestra1@yandex.ru

КАЗАКОВА Е.Н.

ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Сахалинский филиал, лаборатория лавинных и селевых процессов, м.н.с., kazakova-e-n@yandex.ru

MUZYSCHENKO A.A.

Far East Geological Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Science, laboratory of avalanche and debris processes, engineer, E-mail: nestra1@yandex.ru

KAZAKOVA E.N.

Far East Geological Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Science, laboratory of avalanche and debris processes, E-mail: kazakova-e-n@yandex.ru

Ключевые слова: селевой поток, водохранилище, селевой риск, ущерб от селей, Сахалин.

Аннотация: в работе приводятся данные об ущербах от селевых потоков, зафиксированных на о. Сахалин за период с 1956 по 2014 г. Основной ущерб выражается в повреждении и разрушении автомобильных и железных дорог, мостов, линий связи и электропередачи. Приводятся сведения о таком виде ущерба от селевых потоков, как повреждение или вывод из эксплуатации водохранилищ, расположенных на селеносных реках о. Сахалин. Этот вид ущерба фиксировался на 6 водохранилищах острова. В зависимости от вида возможного ущерба от селевых потоков для водохранилищ выделены три категории селевого риска. Произведен расчет селевого риска для 6 малых водохранилищ о. Сахалин, для которых фиксировался ущерб от селевых потоков по каждой из трех категорий.

Key words: debris flow, water reservoir, debris flow risk, debris flow damage, Sakhalin.

Abstract: the paper presents data on debris flow damage on Sakhalin Island since 1956 to 2014. The main harm from debris flows is the destruction of roads and railways, communication and power lines, bridges, and damage to houses and destruction of outbuildings. Also the paper describes debris flow damage to water reservoirs of Sakhalin Island. There are 6 water reservoirs where cases of debris flow economic damage have been documented on Sakhalin Island. There are three case scenarios of debris flow damage to water reservoirs of Sakhalin Island and respectively three categories of debris flow risk. The calculation of the debris flow risk was completed for water reservoirs of Sakhalin Island where cases of debris flow economic damage have been documented.

Введение

Селевые процессы имеют достаточно широкое распространение на о. Сахалин. Воздействию селей подвержены территории 30 населенных пунктов острова, в том числе 7 городов, самыми селеопасными из которых являются г. Невельск, г. Холмск, г. Макаров. На о. Сахалин наиболее подвержены воздействию селевых потоков населенные пункты, расположенные у подножия морских террас (Холмский, Макаровский, Невельский районы), что связано с высокой частотой селеобразования в природных селевых комплексах, приуроченных к уступам морских аккумулятивных и абразионно-денудационных террас [7].

Несмотря на небольшие средние объемы селей на о. Сахалин (в большинстве случаев 500–1000 м³), почти ежегодно сели причиняют населению и хозяйству острова ущерб, который в

большинстве случаев выражается в завалах автомобильных и железных дорог. Кроме того, в ряде случаев селевыми потоками повреждались жилые дома в г. Макаров, г. Невельск и других населенных пунктах.

Еще один вид ущерба, причиняемого селевыми потоками на о. Сахалин, заключается в заносе или повреждении малых водохранилищ, расположенных на селеносных реках и ручьях. Даже если гидротехнические сооружения остаются неповрежденными, при сходе селя в водохранилище нарушается водоснабжение населенного пункта, снабжаемого водой из данного водохранилища, в связи с чем необходимо обеспечивать жилые дома и социально значимые объекты дополнительным подвозом воды. Кроме того, требуется расчистка водохранилища.

Эта проблема возникала на о. Сахалин неоднократно в таких населенных

пунктах, как с. Бошняково, г. Шахтерск, г. Холмск, с. Синегорск.

Расчеты селевого риска для малых водохранилищ острова в настоящее время отсутствуют, что связано с недостаточным вниманием, уделяемым данной проблеме властями Сахалинской области.

Ущерб от селевых потоков на о. Сахалин

Основной ущерб, причиняемый селевыми потоками населению и хозяйству о. Сахалин, выражается в повреждении и разрушении автомобильных и железных дорог, мостов, линий связи и электропередачи. Кроме того, селевые потоки причиняют значительный косвенный экономический ущерб, который во много раз превышает стоимость прямого ущерба от повреждения и разрушения объектов селевыми потоками [3]. Помимо этого, селевыми потоками в городах Холмск, Невельск, Макаров неоднократно повреждались муниципальные объекты, а также жилые дома, хозяйственные пристройки и приусадебные участки.

Сведения об ущербах от селевых потоков на о. Сахалин за период с 1956 по 2014 г. приведены в табл. 1.

Основные ущербы от селевых потоков на о. Сахалин связаны с периодами массового селеобразования, наблюдавшимися в 1978, 1981, 1992 и 1993 гг. (рис.1).

В 1978 г. антропогенным селевым потоком повреждено здание медицинского учреждения в г. Холмск. В Невельском и Холмском районах отмечались случаи повреждения жилых домов, дачных построек и гаражей, расположенных на конусах выноса селевых потоков.

В результате массового селеобразования в августе 1981 г. в южных и центральных районах о. Сахалин селевыми потоками было разрушено несколько тысяч метров автомобильной и железной дорог, разрушены линии связи и электропередачи на протяжении нескольких тысяч метров, повреждено несколько десятков жилых домов. Наиболее пострадали от селевых потоков Невельский, Холмский и Макаровский районы. Кроме того, было частично разрушено с. Буюклы.

В сентябре 1992 г. массовое селеобразование в Макаровском районе привело к многочисленным разрушениям полотна автомобильной и железной дорог, мостов и повреждениям и разрушениям линий связи. Автомобильное и железнодорожное сообщение



Рис. 1. Периоды массового селеобразования и периоды формирования селей, причинивших ущерб на о. Сахалин

между центральной и южной частью острова было прервано на две недели.

В сентябре 1993 г. массовое селеобразование привело к многочисленным

разрушениям полотна автомобильной и железной дорог, мостов и повреждениям и разрушениям линий связи в Макаровском районе.

Таблица 1

Ущерб от селевых потоков на о. Сахалин		
Местоположение	Дата схода селея	Ущерб
Невельский, Холмский, Макаровский районы	11–13.09.1956 г.	Разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередачи, мостов
Невельский, Холмский, Макаровский районы	18–19.09.1957 г.	-"-
Дорога с. Бошняково – с. Смирных	20.08.1960 г.	Повреждена автомобильная дорога
Невельский, Холмский, Макаровский районы	7–10.08.1965 г.	Разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередачи, мостов
Район г. Макаров	7.08.1965 г.	Повреждены полотно железной дороги и телефонная линия
Невельский, Холмский, Макаровский районы	12.10.1972 г.	Разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередачи, мостов
Невельский, Холмский, Макаровский районы	октябрь 1973 г.	Разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередачи, мостов
г. Макаров	1973 г.	Повреждены производственные цеха хлебокомбината
г. Невельск, ул. Приморская	1973 г.	Разрушен жилой дом
г. Холмск, ул. Угловая	20–22.08.1978 г.	Повреждено здание медвытрезвителя
Невельский, Холмский, Макаровский районы	10.09.1978 г.	Разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередачи, мостов
п. Буюклы	5–6.08.1981 г.	Частично разрушен поселок
г. Невельск, ул. Железнодорожная, Школьная, Надречная, Сельская, Советская	5–6.08.1981 г.	Разрушены жилые дома № 64, 64А по ул. Школьной, повреждены дома № 4, 8, 9, 11, 23, 30, 68, 98, 100, здание школы
с. Калинино	5–6.08.1981 г.	Завалено здание клуба
Дорога г. Южно-Сахалинск – с. Лесное	3–6.08.1981 г.	Снесен автомобильный мост на дороге г. Южно-Сахалинск - с. Лесное
Железная дорога г. Корсаков – с. Новиково	3–6.08.1981 г.	Повреждение железнодорожного пути
г. Невельск, ул. Приморская	3.09.1992 г.	Повреждены гаражи
Макаровский район	2–5.09.1992 г.	Разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередачи, мостов, повреждение жилых домов
Макаровский район	1–7.08.1993 г.	-"-
Макаровский район	19–22.09.1993 г.	-"-
с. Чехов	март 2000 г.	Выбиты стекла в здании судоремонтного завода
г. Невельск, пер. Нагорный, д. 25, 26, ул. Северная, д. 1	11–15.07.2002 г.	Повреждение хозяйственных построек, гаражей, водопропускных устройств
Автодорога Невельск – Холмск, 7 км	11–15.07.2002 г.	Повреждение хозяйственных построек
г. Макаров, ул.Набережная, дома № 70 и 74	11–15.07.2002 г.	Занесены подвалы домов, замьгты приусадебные участки и хозпостройки
Между г. Макаров и п. Туманово	11–15.07.2002 г.	Водопропускная труба забита древесиной и грунтом, в результате насыпь автодорожного моста была размьгта, разрушен переезд
г. Невельск, ул. Приморская	24.08.2002 г.	Разрушен жилой дом
Невельский, Холмский, Макаровский районы	октябрь 2003 г.	Разрушение автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередачи, мостов, повреждение жилых домов
Между с. Ловецкое и с. Ясноморское	29–30.07.2010 г.	Разрушение хозяйственных построек

Следует заметить, что на территории о. Сахалин водопропускные пункты под транспортными магистралями часто строятся без учета селенности водотока и, следовательно, не могут выполнять роль селепропуска; в результате забивания водопропускных пунктов селевым материалом происходит повреждение и разрушение транспортных магистралей.

Например, в июле 2002 г. после прохождения ряда циклонов и тайфуна «Чатаан», на участке автодороги г. Невельск — п. Шебунино и железной дороги г. Невельск — г. Горнозаводск большинство водопропускных пунктов было забито селевым материалом; в результате были повреждены прилегающие участки автомобильной и железной дорог. Водопропускное устройство р. Кормовая (между г. Макаров и с. Туманово) было полностью забито древесиной и грунтом; в результате была размыта насыпь автодорожного моста и разрушен переезд через реку (остановка автотранспортного сообщения на 3 суток).

Следует заметить, что селевыми потоками наносится огромный косвенный ущерб за счет остановки движе-

ния транспорта: завалы и повреждение селями автодороги г. Южно-Сахалинск — г. Оха фактически прекращают связь между севером и югом о. Сахалин на несколько суток.

Наиболее часто селевые потоки причиняют ущерб в Макаровском, Невельском и Холмском районах, где территории жилой застройки и транспортные магистрали находятся в зонах аккумуляции террасовых селевых комплексов, для которых характерна высокая повторяемость селевых потоков и достигает 1 раза в 1–3 года [2, 3, 7].

Частота селепроявления на большей части территории острова невелика (межселевой интервал составляет около 10 лет), поэтому, за исключением террасовых селевых комплексов, селевые потоки причиняют ущербы достаточно редко. Кроме того, сели больших объемов, способные причинить значительный ущерб, формируются преимущественно в незаселенной части острова.

Таким образом, основной ущерб от селевых потоков на о. Сахалин заключается в разрушении автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередачи, мостов, а также повреждении жилых домов и разрушении хозяйственных построек. Наиболее часто селевые потоки причиняют ущерб в Макаровском, Невельском и Холмском районах, где территории жилой застройки и транспортные магистрали

находятся в зонах аккумуляции террасовых селевых комплексов, для которых характерна высокая повторяемость селевых потоков.

На о. Сахалин неоднократно были зафиксированы случаи причинения ущерба селевыми потоками малым водохранилищам, расположенным на селеносных реках.

Этот ущерб выражался в заносе или повреждении водохранилищ и нарушении водоснабжения населенного пункта, снабжаемого водой из данного водохранилища.

Условия для схода селей в водохранилища существуют на следующих реках: Рогатка (г. Южно-Сахалинск), Маока-Зова, Малка, Тый (г. Холмск), Токариной (г. Шахтерск), Сиротский (с. Бошняково), Белая (с. Сокол), Школьная, Безымянный (г. Невельск), Больничный (с. Синегорск), Худозава (г. Макаров), Ключевая (г. Углегорск) (рис. 2). Все водохранилища, за исключением вдхр. «Тайное» на р. Тый (г. Холмск), имеют хозяйственно-питьевое назначение. На 6 водохранилищах были зафиксированы случаи схода селей с причинением ущерба (табл. 2). Эти водохранилища о. Сахалин имеют сравнительно небольшие объемы и относятся к малым водохранилищам (объем менее 10 млн м³).

Как видно из табл. 1, на о. Сахалин сели неоднократно причиняли как прямые, так и косвенные ущербы населению и хозяйству за счет пополнения селевой массой водохранилищ.

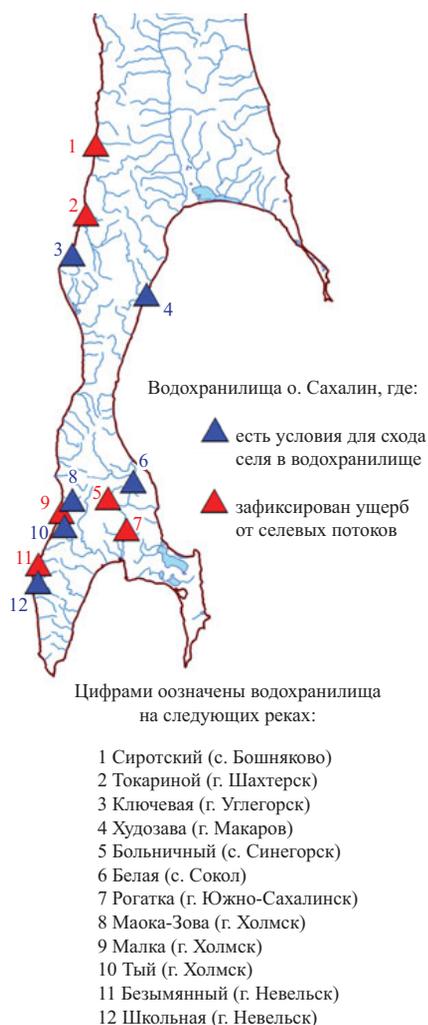


Рис. 2. Схема расположения водохранилищ о. Сахалин, расположенных на селеносных реках

Таблица 2

Ущерб от селевых потоков на водохранилищах о. Сахалин					
№	Местоположение водохранилища	Дата схода селя	Тип селевого потока*	Объем селя, тыс.м ³	Ущерб
1	р. Рогатка, г. Южно-Сахалинск	6.08.1981 г.	ГК	>100 000	сель разгрузился в чашу водохранилища
3	р. Безымянный, г. Невельск	6.08.1981 г.	ГК	-	сель разгрузился в чашу водохранилища
2	р. Сиротский, п. Бошняково	1993 г.	НВ	-	заилена чаша водохранилища
3	р. Безымянный, г. Невельск	15.07.2002 г.	ГК	-	сель разгрузился в чашу водохранилища
4	р. Безымянный, г. Невельск	3.09.2002 г.	ГК	-	заилена чаша водохранилища
5	р. Больничный, п. Синегорск	3.09.2002 г.	ГК	2 500-3 000	водохранилище заполнено селевыми отложениями
6	р. Токариная, Шахтерск	4.10.2009 г.	НВ	-	заиление и замутнение водохранилища
7	р. Еланька, Южно-Сахалинск	2009 г.	ГК	-	поврежден водозабор
8	р. Безымянный, г. Невельск	30.07.2010 г.	ГК	4 000	сель разгрузился в чашу водохранилища
9	р. Малка, Холмск	10–12.08.2010 г.	ГК, НВ	-	вода не пригодна для питья

* Примечание. Буквами обозначены следующие типы селевых потоков: ГК — грязекаменный, НВ — наносоводный.

Таблица 3

В августе 1981 г. во время прохождения тайфуна «Филлис» грязекаменный селёй объёмом более 100 тыс. м³ вошел в водохранилище реки Рогатка (г. Южно-Сахалинск) [2,4].

В 2002 г. во время прохождения тайфуна «Чатаан» (11–15 июля) один из сошедших селей разгрузился в чашу водохранилища «Южный» на р. Безымянный в г. Невельск. Однако прорыва плотины не наблюдалось.

Также в 2002 г., 2–3 сентября, произошло затопление тайфуна «Руса» вызвало повсеместный сход селей по югу о. Сахалин. В п. Синегорске на руч. Больничный после схода селевого потока водохранилище было заполнено селевой массой. В результате эрозионного размыва пойменных гравийно-галечниковых отложений и подмыва осыпных конусов весь материал объёмом до 3000 м³ был вынесен в чашу водохранилища, и лишь небольшая его часть прошла через водопропуск. В г. Невельск на руч. Безымянный опять было заилено водохранилище.

В 2009 г. после прохождения мощного циклона г. Шахтерск почти месяц оставался без питьевой воды из-за схода селя в водохранилище на р. Токариной [1].

В таблице 3 приведены характеристики селевых бассейнов, из которых фиксировался сход селей в водохранилища. Характеристики селевых бассейнов приведены по данным полевых исследований лаборатории лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН

Таким образом, при оценке селевой опасности необходимо уделять внимание возможности причинения селевым потоком экономического ущерба за счет заполнения чаши водохранилища селевой массой или его заиливания. В связи с этим для принятия решений по минимизации ущербов необходимо произвести расчет селевого риска.

Расчет селевого риска для водохранилищ о. Сахалин

Под *риском* подразумевается вероятностная мера опасности, установленная для определенного объекта в виде возможных потерь за определенное время [5, 6].

Оценка селевого риска проводилась по методике Рагозина [5, 6], адаптированной для водохранилищ. В качестве объекта опасности принято водохранилище, имеющее объём $V_{\text{водхр}}$. В пределах территории водохранилища периодически возникает опасность S , имеющая объём V_{cs} , за которую принимается объём селя. Тогда вероятность поражения водохранилища селёй P равна:

$$P = V_c * V_{\text{водхр}}^{-1} \quad (1)$$

При $V_c > V_{\text{водхр}}$ рассматриваемая $P = 1$.

Характеристики селевых бассейнов, из которых фиксировался сход селей в водохранилища

Характеристики водохранилищ	Характеристики селевых бассейнов					
	Местоположение	Объём, тыс. м ³	Длина селевого русла, м	Площадь водосбора, га	Расчетный объём селевого потока, тыс. м ³	
					средний	макс.
р. Рогатка, г. Южно-Сахалинск	550	10 000	1 350	10	500	
р. Малка, г. Холмск	550	990	103	1	5	
р. Токариная, г. Шахтерск	650	2 050	186	1	10	
руч. Сиротский, п. Бошняково	80	2 070	158	3	30	
руч. Безымянный, г. Невельск	0,6	2 460	132	1	7	
руч. Больничный, п. Синегорск	4	3 600	373	1	6	

Полученная таким образом вероятность определяет долю возможных потерь объекта в случае реализации опасности S . Принимаем эту вероятность за уязвимость и обозначим $V_m(C)$. Отсюда риск поражения (разрушения, выведения из строя) единицы объёма опасностью S вычисляется по формуле:

$$R(C) = N(C) * V_m(C), \quad (2)$$

где $N(C)$ — повторяемость опасности.

Формула характеризует вещественный риск удельных потерь с единицы объёма водохранилища за единицу времени, что условно выражается через размерность тыс. м³/год.

При прохождении селевого потока по реке, на которой расположено водохранилище, возможны три варианта

развития событий, каждый из которых соответствует категории риска:

- Разрушение плотины с последующим катастрофическим паводком (селёй).
- Вывод гидротехнического сооружения из строя (разовое заполнение чаши селевой массой).
- Изменение режима эксплуатации объекта (постепенное заиливание, замутнение воды и др.).

Последнее возможно даже в том случае, если нижняя граница зоны аккумуляции селя расположена выше водохранилища.

Расчет риска был произведен для водохранилищ о. Сахалин, на которых фиксировался ущерб от селевых потоков (табл. 4).

На реках Малка, Токариной, руч. Сиротский не формируются сели объё-

Таблица 4

Расчетные величины риска для разных категорий риска

Местоположение водохранилища	Категория селевого риска		
	I	II	III
	Разрушение плотины с последующим катастрофическим паводком, тыс. м ³ /год	Вывод гидротехнического сооружения из строя (разовое заполнение чаши селевой массой), тыс. м ³ /год	Изменение режима эксплуатации объекта (постепенное заиливание, замутнение воды), тыс. м ³ /год
р. Рогатка, г. Южно-Сахалинск	0,0363	0,0210	0,0018
р. Малка, г. Холмск	-	0,0005	0,0009
р. Токариная, г. Шахтерск	-	0,0008	0,0002
руч. Сиротский, с. Бошняково	-	0,0375	0,0053
руч. Безымянный, г. Невельск	0,1000	0,2000	0,5000
руч. Больничный, п. Синегорск	0,0375	0,0165	0,0177

мом, достаточным для разрушения и прорыва плотины.

Как видно из табл. 4, значение риска первой категории больше значения риска третьей категории. Это обусловлено тем, что для расчета каждой категории селевого риска были взяты разные объемы селей и разная повторяемость селей для каждого водохранилища в зависимости от предполагаемого ущерба. Например, для расчета риска первой категории для водохранилища на руч. Больничный (п. Синегорск) взят максимальный расчетный объем селевого потока для данного ручья (3 тыс. м³), имеющий небольшую повторяемость (1 раз в 20 лет), а для расчета риска третьей категории были взяты объем селя 0,5 тыс. м³ и повторяемость 1 раз в 7 лет. Соответственно, значение селевого риска первой категории составляет 0,0375 тыс. м³/год, третьей — 0,0177 тыс. м³/год. Чем больше объем сошедшего селя, тем, соответственно, больше объем удельных потерь с единицы объема водохранилища, поэтому осредненное за год (с учетом повторяемости селевых потоков) значение потерь для риска первой категории превышает значение для третьей.

Расчет селевого риска для этих водохранилищ нужен для обоснования необходимости проведения мероприятий по минимизации экономического ущерба, что особенно значимо в связи с тем, что данные водохранилища имеют хозяйственно-питьевое значение.

Выводы

На 6 водохранилищах о. Сахалин были зафиксированы случаи схода селевых потоков с причинением экономического ущерба.

На рр. Малка, Токариная, руч. Сиrotский не формируются сели в объеме, достаточном для разрушения и прорыва плотины.

При оценке селевой опасности необходимо уделять внимание возможности причинения селевым потоком

экономического ущерба за счет заполнения чаши водохранилища селевой массой или его заиливания.

В зависимости от предполагаемого ущерба введены три категории селевого риска для водохранилищ. Выполнен расчет селевого риска для 6 водохранилищ о. Сахалин для каждой из трех категорий.

Расчеты показали, что риск для руч. Больничный (п. Синегорск) и руч. Безымянный (г. Невельск) имеет наибольшее значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А.* Активизация экзогенных геологических процессов на Южном Сахалине 22–24 июня 2009 г. // *Геориск*. 2009. № 2. С. 56–60.
2. *Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А., Рыбальченко С.В.* Гидрометеорологические условия периодов массового селеобразования на о. Сахалин // *Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: тр. Междунар. конф., Пятигорск, 22–29 сент. 2008 г. / Севкавгипроводхоз, Межрегион. обществ. орг. «Селевая ассоциация». Пятигорск, 2008. С. 95–98.*
3. *Казаков Н.А.* Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин): автореф. дис. ... канд. Южно-Сахалинск, 2000. 36 с.
4. *Казаков Н.А., Минервин И.Г.* Селевые процессы на о. Сахалин // *Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации и земельный кадастр*. Вып. 4. М.: Полтекс, 2000. С. 35–38.
5. *Рагозин А.Л.* Общие положения оценки и управления природным риском // *Геоэкология*. 1999. № 5. С. 417–429.
6. *Рагозин А.Л.* Основные генетические типы и показатели природного риска // *Материалы Всероссийской конференции «Оценка и управление природными рисками»*. Риск — 2006. М.: РУДН, 2006. С. 148–152.
7. *Рыбальченко С.В.* Селевая опасность для населенных пунктов Сахалинской области // *Геориск*. 2013. № 3. С. 40–44.