

На правах рукописи

Белая Нина Леонидовна

**Моделирование внутригодового распределения дождевых селей в
горных регионах мира.**

Специальность 25.00.25 – 'Геоморфология и эволюционная география'

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Москва – 2005

Работа выполнена в Московском Государственном Университете им. М.В. Ломоносова, Географическом факультете, НИЛ снежных лавин и селей

Научный руководитель: доктор географических наук,
профессор В.Ф. Перов

Официальные оппоненты: доктор географических наук,
профессор А.В. Кислов,

кандидат географических наук
в.н.с. В.П. Мочалов.

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский
института гидрогеологии и инженерной
геологии (ВСЕГИНГЕО)

Защита состоится 14 апреля 2005 г. в на заседании
диссертационного совета по геоморфологии и эволюционной географии,
гляциологии и криологии Земли, картографии и геоинформатике (Д-204.001.61)
в Московском государственном университете им. Ломоносова по адресу:
119992, Москва, ГСП-2, Ленинские горы, МГУ, Географический факультет,
ауд, 2109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Географического
факультета МГУ по адресу: 119992, Москва, Ленинские горы, Главное здание
МГУ, 21 этаж.

Автореферат разослан 14 марта 2005 г.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенных печатью) просим
отправлять по адресу: 119992, Москва, Ленинские горы, Главное здание МГУ,
ученому секретарю диссертационного совета Д-501.001.61.
Факс: (095) 932-88-36. E-mail: геоесо@geogr.msu.su

Ученый секретарь
Диссертационного совета
профессор

Ю.Ф. Книжников

Общая характеристика работы.

Актуальность темы. Огромные территории в различных горных регионах мира являются слабо изученными как с точки зрения распространенности, так и с точки зрения характеристик селевой деятельности, в том числе режима селей. Последнее время общественность всего мира серьезно волнуют проблемы, связанные с последствиями изменения климата, в частности, вопрос о том, как изменение климата отразится на характере стихийно-разрушительных явлений, в том числе селей. Оценка, как современного режима селевых явлений, так и его возможных изменений в будущем тесно связана с проблемой зависимости режима селей от климата. К сожалению, в настоящий момент эта проблема в современном селеведении является недостаточно изученной, так как сели являются очень сложным многофакторным явлением природы.

Цели и задачи работы. Цель работы – разработать модель, позволяющую рассчитывать характеристики внутригодового распределения дождевых селей по заданным климатическим параметрам, с помощью этой модели получить целостную пространственную картину характеристик внутригодового распределения дождевых селей для всего Земного Шара и провести районирование селеопасных территорий мира по типам внутригодового распределения селей. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: (1) сбор и обработка данных о датах схода селей в селеопасных регионах мира; (2) проведено уточнение известных и выявлены дополнительные зависимости характеристик внутригодового распределения селей от климатических параметров и (3) создана типология районов с однородными условиями формирования режима селей, лежащая в основе модели оценки внутригодового распределения селей по климатическим параметрам.

Объект исследования. Объектом исследования данной работы являются селевые явления дождевого генезиса в соответствии с генетической классификацией селей, предложенной Перовым В.Ф. Именно сели дождевого генезиса являются наиболее массовыми и распространенными на Земле.

Методическая основа. Базой для решения поставленных задач послужили: (1) систематизированные и обобщенные данные по селям для территории СССР, содержащиеся в составленных в НИЛСЛиС Географического факультета МГУ двух картах селевых явлений СССР (1975, 2002) и сопутствующих им монографиях; (2) кадастры селеопасных рек; (3) карта селевых явлений мира; (4) выполненные в НИЛСЛиС разработки, посвященные оценке режима селевой деятельности по климатическим параметрам. В основе создания модели оценки внутригодового распределения селей по климатическим параметрам положены следующее представления. Основными естественными группами факторов селеформирования являются: климато-ландшафтные, тектоно-геоморфологические, а также литологический и антропогенный факторы. Поскольку, сезонный ход имеют лишь характеристики климато-ландшафтной группы факторов, то именно климат должен в наибольшей степени определять характер внутригодового распределения селей. Следовательно, по имеющейся климатической информации можно оценить характеристики внутригодового распределения селей для тех районов, где недостаточно фактических данных о режиме селей, и предсказать возможные изменения этих характеристик для различных сценариев изменения климата. Основными характеристиками внутригодового распределения селей, анализирующимися в работе являются календарные сроки наступления начала и конца, а так же продолжительность следующих периодов схода селей: (1)

Селеопасный период (СОП) - часть календарного года (в месяцах), в течение которого наблюдается (возможен) сход селей; (2) Основной селеопасный период (ОСП) – интервал времени, являющийся частью селеопасного периода, в пределах которого сходит 90% и более селей; (3) Период наибольшей селевой опасности (ПНСО) – интервал времени, являющийся частью основного селеопасного периода, в пределах которого сходит 50% и более селей. В работе используются расчетно-аналитический, пространственно-аналитический и картографический методы исследования.

Научная новизна. Разработана модель оценки внутригодового распределения дождевых селей по заданным климатическим параметрам, в совокупности с типологией районов с однородными условиями формирования режима селей. Модель позволила впервые провести детальную оценку внутригодового распределения дождевых селей для всех горных регионов мира. В рамках этой оценки составлена серия оригинальных мировых карт отражающих время начала, конца и продолжительность периодов схода селей различной вероятности с точностью до одного месяца. Впервые было выполнено районирование селеопасных территорий мира по типам внутригодового распределения селей.

Практическая ценность результатов работы. В связи с крайней недостаточностью данных по датам схода селей, единственным способом дать пространственно-временную оценку их режима является использование расчетных методов. Практическая ценность данной работы имеет три основных аспекта: (1) построенные карты начала, конца и продолжительности различных периодов селевой опасности дают пространственное представление о наступлении календарных сроков сезонов селевой опасности с различной вероятностью для местных и региональных властей, служб по чрезвычайным ситуациям; (2) разработанная модель позволяет дать оценки

изменений селевого режима по различным сценариям изменения климата для целей долгосрочного планирования развития регионов; (3) оценка внутригодового распределения селей для горных регионов мира вносит свой вклад в развитие географии селевых явлений мира.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на международных конференциях: the second international Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment in Taipei, Taiwan, 16-18 aug.2000; the third international Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment in Davos, Switzerland, sep. 10-12, 2003; II Междун. конф. «Лавины и смежные вопр.» Кировск, сент.2001; Международной конференции “Мониторинг криосферы” Пущино, 20-23 апреля 1999 г; и на двух семинарах на НТС НИЛ снежных лавин и селей Географического факультета МГУ им. Ломоносова.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 статей в международных и российских журналах, 2 тезисов докладов.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из трех глав, введения, заключения и 3 приложений. Всего без приложений 142 страницы. Приложение 1 ‘Распределение дат схода селей по месяцам и периоды селевой опасности для селевых районов на территории бывшего СССР’ и в Приложение 2 ‘Даты схода дождевых селей в различных регионах мира’ состоят из 15 страниц. В Приложении 3 “Карты продолжительности селеопасного периода, первого и последнего месяцев селеопасного периода, основного селеопасного периода, периода наибольшей селевой опасности для горных регионов мира” представлено 30 мелкомасштабных карт-схем. Список литературы насчитывает 98 публикаций.

Содержание работы

Во введении дается общая характеристика работы. Подробно рассматриваются методические вопросы и объект исследования.

Первая глава “Методика оценки селеопасных периодов” состоит из 3 разделов. В первом разделе проанализированы *существующие подходы к оценке режима селей*. В дальнейшем в работе термины режим селей и внутригодовое распределение селей используются как синонимы. Во втором разделе рассмотрена структура *модели оценки внутригодового распределения селей по климатическим параметрам*.

Входящие данные в модели. В данной работе использовался климатический набор данных с периодом осреднения 1961-1990, разработанный в Университете Восточной Англии. Массив данных представляет собой сетку точек с шагом 0,5x0,5 градусов по широте и долготе, и дает среднемесячные значения температуры воздуха и осадков. Он рекомендован для использования Межправительственной группой экспертов по изменению климата (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)) в 2000 году. На рисунке 1 представлена общая схема работы модели. Расчеты проводятся для точек находящихся в узлах сетки точек в пределах селеопасных территорий. Результатом работы модели является присвоение каждому месяцу года в каждой точке сетки одного из четырех номеров: 0 - неселеопасный месяц; 1 - месяц относится к СОП, вне пределов ОСП (вероятность схода селей в данный период менее 10%); 2 – месяц относится к ОСП, вне пределов ПНСО (вероятность схода селей в данный период от 10 до 50%); 3 - месяц относится к ПНСО (вероятность схода селей в этот период более 50%).

Основные ограничения модели. Точность определения границ селеопасных периодов ограничена месяцем. В модели заведомо заложены ошибки, присущие массиву данных современного климата, особенно для районов не покрытых метеосетью. В

С х е м а р а

8



Л а н н ы е Р и

Рисунок 1. Схема работы модели оценки внутри годового распределения селей по климатическим параметрам.

третьем разделе рассмотрена *методика определения границ селеопасного периода*. Как основа определения СОП принимается теплый период года. При этом в зависимости от характера внутригодового распределения осадков и наличия или отсутствия многолетней мерзлоты, могут наблюдаться отклонения в сторону увеличения или уменьшения продолжительности селеопасного периода по сравнению с теплым периодом (рис. 2).

В процессе построения модели выяснилось, что единый алгоритм расчета характеристик внутригодового распределения селей по климатическим параметрам можно сформулировать лишь для районов с однородными климатическими условиями селеформирования. Таким образом, возникла необходимость выделения таких районов.

Вторая глава "Типология районов с однородными условиями формирования режима дождевых селей" состоит из 5 разделов. Первый раздел посвящен *анализу фактических данных по режиму селей*. Основным источником данных о селях послужили кадастры, составлявшиеся Гидрометслужбой СССР. Данные в них сгруппированы по речным бассейнам, в составе которых есть селевые бассейны. Автором были использованы данные по селевым бассейнам с наибольшими рядами наблюдений. Эти данные в Кадастрах представлены в хронологическом порядке по датам схода. Автор произвел пересчет этих дат по месяцам года и представил результаты в табличной форме, во многих случаях данные по соседним селевым бассейнам объединялись (Приложение 1). Были также использованы данные по сходам селей для некоторых районов Европы и США. Таким образом, было получено 70 распределений числа случаев схода селей по месяцам года.

Во втором разделе были определены *типы зависимости селеопасных периодов от климатических параметров*. Для выяснения того, как внутригодовое распределение селей зависит от годового распределения температуры воздуха и осадков для 70 отобранных рядов данных по селям были: (1) рассчитаны коэффициенты корреляции между внутригодовым распределением селей и годовым ходом температуры воздуха (r_{st}), коэффициент корреляции между внутригодовым распределением селей и ходом осадков за селеопасный период (r_{sp}); (2) гистограммы распределения числа случаев схода селей были совмещены с графиками годового хода температуры воздуха и сумм осадков (примеры на рис 3).

Анализ полученных соотношений между коэффициентами корреляции и анализ графиков позволяет разделить их на четыре группы, которые соответствуют типам зависимости селеопасных периодов, как характеристик внутригодового распределения селей, от климатических параметров (таблица 1). Далее был проведен анализ различий климатических характеристик районов, относящихся к каждому из четырех типов зависимости селеопасных периодов от климатических параметров. В таблице 2 дана краткая климатическая характеристика этих районов. Для каждого из четырех типов зависимости представлены климатические параметры и их сочетания, оказывающие доминирующее влияние на формирование ОСП и ПНСО.

Для первого типа зависимости $r_{st} \approx r_{sp}$, такое соотношение свидетельствует о приблизительно равном влиянии годового хода температуры воздуха и осадков селеопасного периода на внутригодовое распределение селей (таблица 1). Он характеризуется увеличением числа случаев схода селей по мере роста температуры воздуха, и уменьшением - при падении температуры воздуха в ее годовом ходе при достаточно высоких относительно других месяцев суммах осадков в летний период.

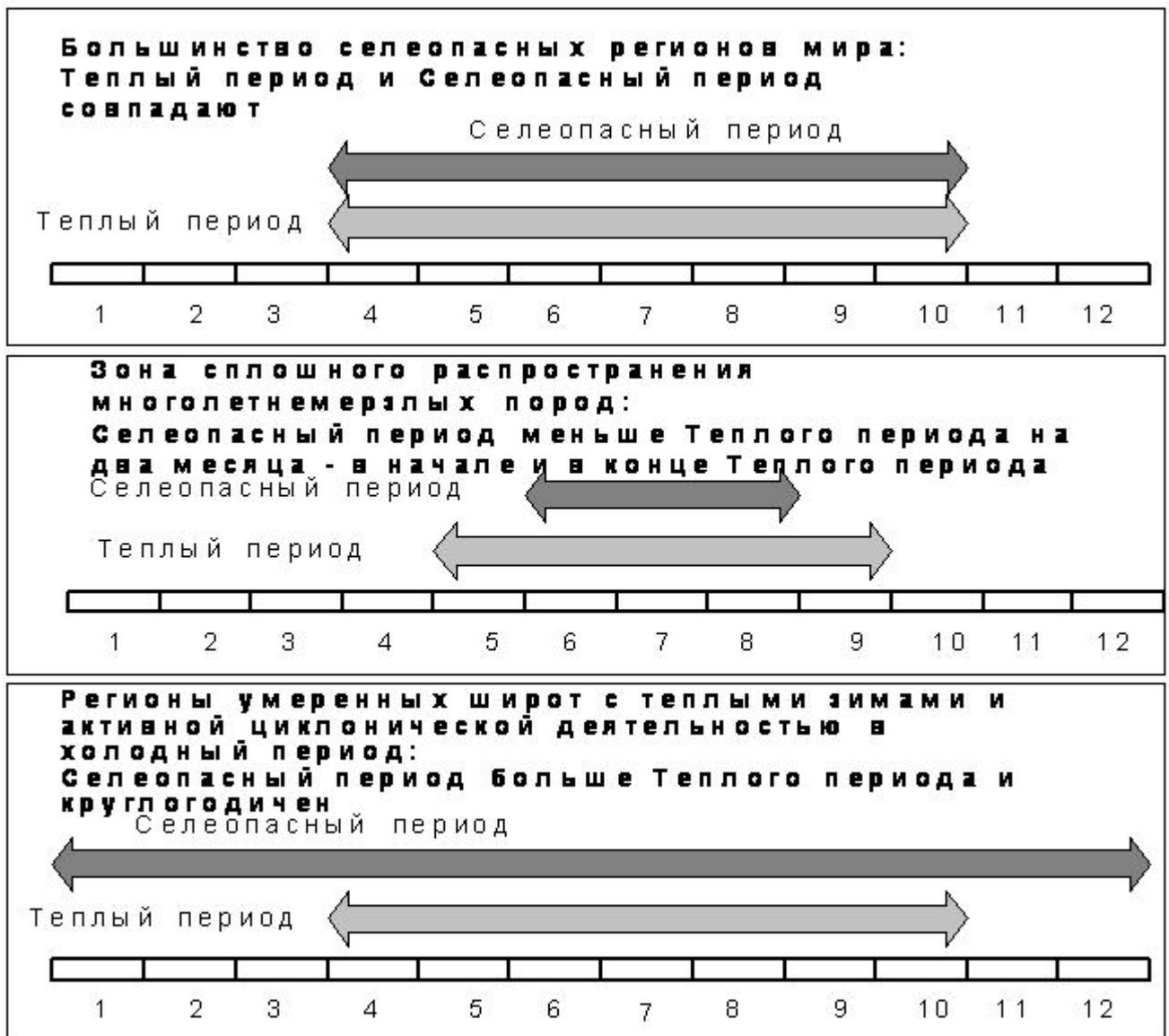


Рисунок 2. Основные типы соотношения селеопасного периода и теплого периода года.

Как ОСП, так и ПНСО формируются в результате совместного влияния температуры воздуха и осадков (рис. 3 тип района №2). Это селеопасные районы внетропических широт с холодными зимами (таблица 2). Для второго типа зависимости $r_{st} < r_{sp}$ влияние температуры воздуха достаточно существенно, но преобладает влияние распределения осадков селеопасного периода. Он характеризуется формированием ОСП под влиянием, как температуры воздуха, так и осадков, ПНСО приходится на наиболее дождливые месяцы СОП (рис. 3 тип района № 16). Это районы

внетропических широт с теплыми зимами и неравномерным годовым распределением осадков. В районах с теплыми зимами и равномерным годовым распределением осадков (3 тип зависимости) $r_{st} > r_{sp}$. Внутригодовое распределение селей лучше

Таблица 1. Основные типы соотношения коэффициентов корреляции между внутригодовым распределением селей и годовым ходом температуры воздуха (r_{st}) и осадков (r_{sp})

Типы зависимости селеопасных периодов от климатических параметров	Соотношение коэффициентов корреляции	Характерные значения r_{st}	Характерные значения r_{sp}
1	$r_{st} \approx r_{sp}$	0,5-0,7	0,4-0,7
2	$r_{st} < r_{sp}$	0,1-0,5	0,75-0,9
3	$r_{st} > r_{sp}$	0,3-0,5	-0,2-0,1
4	$r_{st} \ll r_{sp}$	<0	0,8-1,0

Таблица 2. Селеопасные районы по основным типам зависимости селеопасных периодов от климатических параметров и сочетания климатических параметров (средних многолетних значений температуры воздуха (Т), атмосферных осадков (Р)), оказывающих доминирующее влияние на формирование ОСП и ПНСО

Классы климатов (по Кеппену-Треварту)	Типы зависимости*	Климатические характеристики селеопасных районов	Климатические параметры влияющие на формирование:	
			ОСП	ПНСО
Полярные, Субарктические, Умеренные и высокогорные районы Субтропических	1	Продолжительность периода с температурой воздуха выше 9°C менее 8 месяцев, холодные зимы.	Т и $P_{соп}$	Т и $P_{соп}$
	2	Продолжительность периода с температурой воздуха выше 9°C менее 8 месяцев, сочетание теплых зим и неравномерного годового распределения осадков ($I_{рег} > 0.5$).	Т и $P_{соп}$	$P_{соп}$
	3	Продолжительность периода с температурой воздуха выше 9°C менее 8 месяцев, сочетание теплых зим и равномерного годового распределения осадков ($I_{рег} \leq 0.5$).	Т и $P_{соп}$	P_t
Субтропические и Тропические	4	Продолжительность периода с температурой воздуха выше 9°C более 8 месяцев.	$P_{соп}$	$P_{соп}$

* - типы зависимости селеопасных периодов от климатических параметров;

коррелирует с годовым ходом температуры воздуха. Наличие при этом отрицательной корреляции с осадками СОП говорит о том, что эта характеристика в

данном случае не достаточно информативна, так как СОП в этих районах круглогодичен. Внутригодовое распределение селей лучше коррелирует с осадками, приуроченными к определенным периодам в годовом ходе температуры воздуха (рис. 3, тип района №15). Для четвертого типа зависимости $t_{st} \ll t_{sp}$ влияние температуры воздуха по сравнению с осадками – незначительное. Это районы, относящиеся к субтропическим и тропическим широтам, характеризующиеся отсутствием холодного периода года (рис.3 тип района №19).

Третий раздел посвящен *климатическим факторам формирования режима селей и критериям выделения типов районов с однородными условиями формирования режима селей*. Во втором и третьем блоке модели происходит расчет характеристик соответственно ОСП и ПНСО. Для получения алгоритмов этих расчетов для всего многообразия климатов Земного Шара было проведено дальнейшее более детальное районирование селеопасных территорий по климатическим условиям формирования режима селей. В таблице 3 представлены основные климатические факторы формирования режима селей и типы районов с однородными условиями формирования режима селей. В основу районирования легли следующие климатические факторы: (1) термические условия теплого периода; (2) условия увлажнения территории, (3) термические условия холодного периода; (4) снежный покров, (5) особенности годового хода осадков, (6) нахождение в районах сплошного распространения многолетне мерзлых пород (ММП).

В качестве характеристики температурных условий теплого периода была взята продолжительность периода со среднемесячной температурой воздуха больше 9°C. В качестве характеристики степени увлажнения был взят гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), характеризующий одновременно и преобладающий

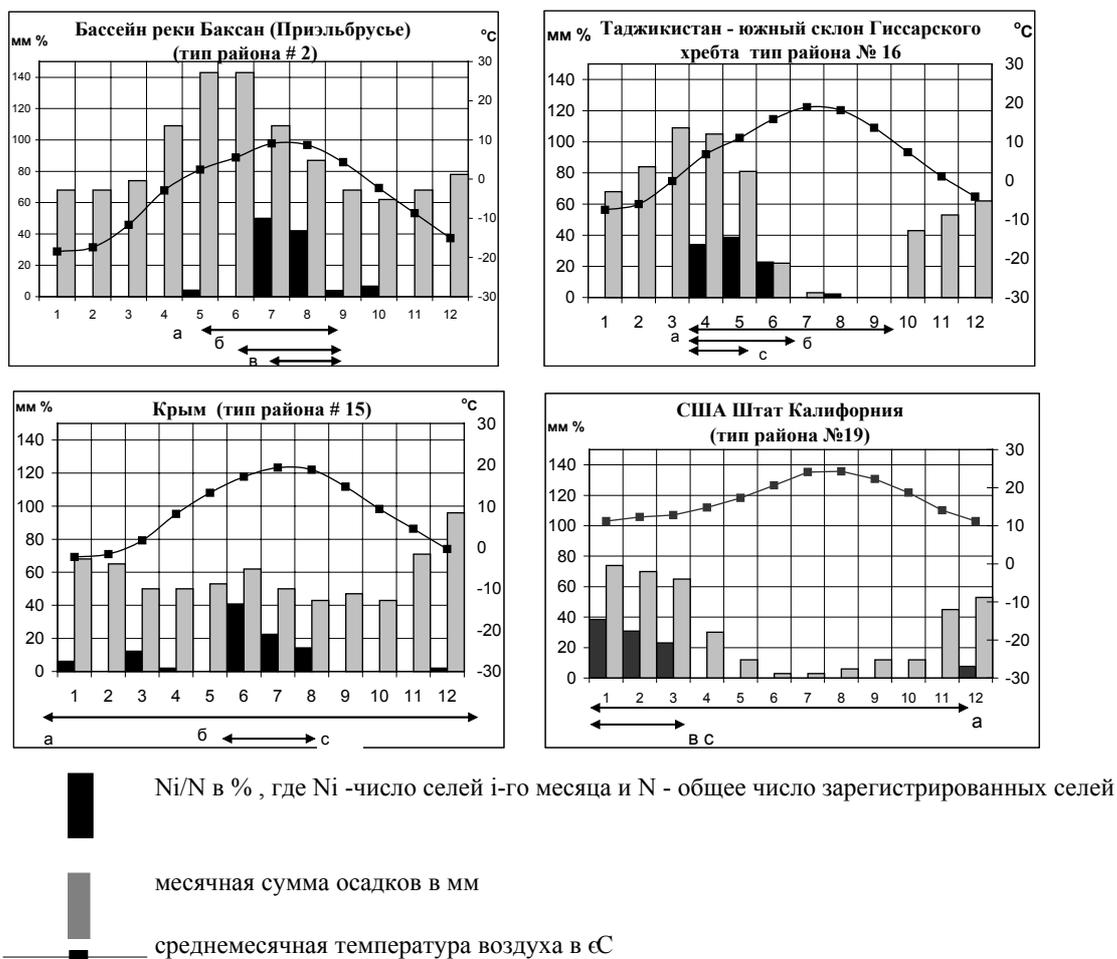


Рисунок 3. Распределение случаев схода селей по месяцам года. Селеопасные периоды: (а) СОП, (б) – ОСП (с) - ПНСО

тип растительности. ГТК Селянинова 1.3 является граничным между степной и лесостепной зонами; ГТК 0.4 –границей между сухой степью и полупустыней.

Температура воздуха самого холодного месяца была взята в качестве характеристики температурных условий холодного периода, с граничным значением - 6°С, характеризующим возможность формирования интенсивных оттепелей в холодный период. Критерием оценки снежности зим по значимости фактора снеготаяния в процессе селеформирования было принято значение максимальной декадной высоты снежного покрова 50 см. Особенно сильно на внутригодовое распределение селей влияет снеготаяние в сочетании с осадками в районах с недостаточным увлажнением в летние месяцы. Параметром, характеризующим

внутригодовое распределение осадков, был выбран показатель неравномерности осадков (I_{nr}). Граничным значение I_{nr} было выбрано 50%.

В четвертом разделе рассматривается *типология районов с однородными условиями формирования режима селей*. Один и тот же тип района может встречаться на разных континентах, в различных горных системах мира. В результате расчетов каждому узлу сетки, покрывающей селеопасные регионы мира, был присвоен номер от 1 до 20, соответствующий одному из 20 типов районов (таблица 3). Для каждого из выделенных типов районов был подобран алгоритм расчета характеристик ОСП и ПНСО исходя из анализа имеющихся фактических данных. Используемый банк данных насчитывал более 5800 дат схода селей. Для этой цели был проведен сравнительный анализ годового хода температуры воздуха, гистограмм распределения месячных сумм осадков, P_i/P_{max} и гистограмм внутригодового распределения числа случаев схода селей (примеры на рис. 3). Для типов районов, выделенных с учетом многоснежности зим, дополнительно рассматривался период снеготаяния при определении границ ПНСО (таблица 3). В целом, выводы, полученные для различных речных бассейнов, относящихся к одному типу района, совпадают. Итоговые алгоритмы определения характеристик селеопасных периодов представлены в таблице 4. Они были формализованы и использованы для расчета принадлежности каждого месяца года к селеопасным периодам для узлов сетки в пределах селеопасных контуров. Для типов районов обеспеченных фактическими данными (13 из 20), правила определения ОСП и ПНСО можно считать достаточно обоснованными. Но возникает проблема, как сформулировать эти правила для территорий с типами районов не представленными достаточно полными данными по датам схода селей. При ее решении использовались следующие соображения.

Таблица 3. Основные климатические факторы формирования режима селей и типы районов с однородными условиями формирования режима селей (T_i – температура воздуха i -го месяца, ГТК – гидротермический к-т Селянинова, T_{min} – температура воздуха самого холодного месяца года, H – максимальная декадная высота снежного покрова, I_{ir} – показатель неравномерности осадков)

Термические условия теплого периода/ММП Классы климатов по Кеппену-Треварту	Условия увлажнения	Термические условия холодного периода	Снежный покров	Особенности годового хода осадков	Типы районов с однородными условиями формирования режима селей (№)	Тип зависимости селеопасных периодов от климатических параметров (Т, Р) (№)	Климатические параметры (Т, Р, S) оказывающие доминирующее влияние на формирование						
							ОСП	ПНСО					
ММП	-	-	-	-	№ 1	1	Т и $P_{соп}$	Т и $P_{соп}$					
3 и менее месяцев с $T_i > 9^\circ\text{C}$ (субарктические и полярные климаты)	ГТК $\geq 1.3^*$	$T_{min} \leq -6^\circ\text{C}$		-	-	1	Т и $P_{соп}$	Т и $P_{соп}$					
							$T_{min} > -6^\circ\text{C}$	-	$I_{ir} \leq 0.5$	№ 3	3	Т и $P_{соп}$	P_t
		ГТК < 1.3	$T_{min} \leq -6^\circ\text{C}$	$H \geq 50\text{cm}$		-			№ 5	1	Т и $P_{соп}$	Т и $P_{соп}$ (+S)	
							$H < 50\text{cm}$	№ 6			1	Т и $P_{соп}$	Т и $P_{соп}$
	ГТК < 1.3	$T_{min} > -6^\circ\text{C}$	$H \geq 50\text{cm}$		-	№ 7	2	Т и $P_{соп}$	$P_{соп}$ (+S)				
								$H < 50\text{cm}$	№ 8	3	Т и $P_{соп}$	Р	
	4- 7 месяцев с $T_i > 9^\circ\text{C}^*$ (умеренные климаты)	ГТК ≥ 1.3	$T_{min} \leq -6^\circ\text{C}$		-	-	1	Т и $P_{соп}$	Т и $P_{соп}$				
								$T_{min} > -6^\circ\text{C}$		$I_{ir} \leq 0.5$	№ 10	3	Т и $P_{соп}$
ГТК < 1.3			$T_{min} \leq -6^\circ\text{C}$	$H \geq 50\text{cm}$		-	№ 12			1	Т и $P_{соп}$	Т и $P_{соп}$ (+S)	
		$H < 50\text{cm}$						№ 13	1		Т и $P_{соп}$	Т и $P_{соп}$	
ГТК < 1.3		$T_{min} > -6^\circ\text{C}$	$H \geq 50\text{cm}$		-	№ 14	2	Т и $P_{соп}$	$P_{соп}$ (+S)				
								$H < 50\text{cm}$	$I_{ir} \leq 0.5$	№ 15	3	Т и $P_{соп}$	P_t
												$I_{ir} > 0.5$	№ 16
8-12 месяцев с $T_i > 9^\circ\text{C}$ (субтропическое и тропические климаты)		ГТК ≥ 1.3	-	-	-	-	4	$P_{соп}$	$P_{соп}$				
	ГТК < 1.3							-	-	-	-	4	$P_{соп}$
		ГТК ≤ 0.4	-	-	-	-	-						4
	$I_{ir} \leq 0.5$							№ 17	4	$P_{соп}$	$P_{соп}$		
										$I_{per} > 0.5$	№ 18	4	
					№ 19	4	$P_{соп}$	$P_{соп}$					
					№ 20	4	$P_{соп}$	$P_{соп}$					

Согласно типологии районов с однородными условиями формирования режима селей, каждый из типов районов, относящийся к субарктическим климатам (таблица 3) имеет тип района - аналог в умеренных климатах, имеющий тот же тип зависимости селеопасных периодов от климатических параметров, и отличающийся лишь большей продолжительностью вегетационного периода. На примере районов, обеспеченных фактическими данными по селям, было выявлено, что типы районов являющиеся аналогами имеют одинаковые правила отнесения месяцев года к селеопасным периодам, но с другими численными критериями. Определения численных критериев в данном случае проводилось, используя выводы о том, что смены периодов селевой опасности приурочены к скачкам в годовом ходе осадков и к моментам перехода температуры воздуха через некоторые критические значения. В пятом разделе дается *краткая характеристика типов районов с однородными условиями формирования режима дождевых селей.*

Третья глава “Оценка режима дождевых селей в горных регионах мира” состоит из 4 разделов. Первый раздел посвящен описанию распространения *типов районов с однородными условиями формирования режима селей в горных регионах мира.* Представлена серия мелкомасштабных карт-схем типов районов с однородными условиями формирования режима селей для всех континентов. Второй раздел посвящен *построению карт характеристик селеопасных периодов для горных регионов мира с использованием компьютерного картографирования.* Дается краткое описание серии мелкомасштабных карт-схем, построенных по результатам расчета модели, и представленных в Приложении 3. Черный-белый фрагмент одной из карт представлен на рисунке 4. В третьем разделе рассмотрено *районирование селеопасных*

Таблица 4. Расчет условий принадлежности *i*-месяца к ОСП и ПНСО.

Тип района №	Условия принадлежности <i>i</i> -го месяца к ОСП	Условия принадлежности <i>i</i> -го месяца к ПНСО
1	Если <i>i</i> -й месяц является самым теплым или одним из следующих за самым теплым месяцев в пределах СОП	Два самых дождливых месяца ОСП.
2	Если одновременно выполняются условия: $T_i > 5^\circ\text{C}$ и $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.4$	Если <i>i</i> -й месяц является одним из двух самых дождливых СОП и $T_i > 5^\circ\text{C}$ (за исключением месяцев первой половины лета)
3	Если одновременно выполняются условия: $T_i > 0^\circ\text{C}$ и $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.5$	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.7$
4	Если одновременно выполняются условия: $T_i > 5^\circ\text{C}$ и $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.4$	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.85$
5	Первая половина теплого периода при условии $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.15$	Два первых месяца периода с $T_i > 5^\circ\text{C}$ (снеготаяние) при условии $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.3$
6	Если одновременно выполняются условия: $T_i > 5^\circ\text{C}$ и $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.3$	Если <i>i</i> -й месяц является одним из двух самых теплых месяцев периода с $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.3$ (за исключением месяцев первой половины лета)
7	Первая половина теплого периода при условии $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.2$	Два первых месяца периода с $T_i > 5^\circ\text{C}$ (снеготаяние) при условии $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.3$
8	Если одновременно выполняются условия: $T_i > 5^\circ\text{C}$ и $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.7$	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.7$
9	Если одновременно выполняются условия: $T_i > 5^\circ\text{C}$ и $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.6$	Если <i>i</i> -й месяц является одним из трех самых дождливых СОП и $T_i > 5^\circ\text{C}$ (за исключением месяцев первой половины лета)
10	Если одновременно выполняются условия: $T_i > 15^\circ\text{C}$ и $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.6$	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.8$
11	Если одновременно выполняются условия: $T_i > 5^\circ\text{C}$ и $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.2$	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.7$
12	Первая половина теплого периода при условии $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.15$	Два первых месяца периода с $T_i > 5^\circ\text{C}$ (снеготаяние) при условии $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.7$
13	Если одновременно выполняются условия: $T_i > 5^\circ\text{C}$ и $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.15$	Если <i>i</i> -й месяц является одним из трех самых теплых месяцев периода с $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.$
14	Первая половина теплого периода при условии $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.05$	Два первых месяца периода с $T_i > 5^\circ\text{C}$ (снеготаяние) при условии $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.6$
15	Если одновременно выполняются условия: $T_i > 15^\circ\text{C}$ и $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.3$	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.7$
16	Если одновременно выполняются условия: $T_i > 5^\circ\text{C}$ и $P_i/P_{\text{max}} \geq 0.2$	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.7$
17	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.5$	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.9$
18	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.5$	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.8$
19	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.7$	$P_i/P_{\text{max}} \geq 0.8$

Тип района №	Условия принадлежности i-го месяца к ОСП	Условия принадлежности i-го месяца к ПНСО
20	$P_i > 0 \text{ mm}$	$P_i/P_{\max} \geq 0.9$

территорий мира по типам внутригодового распределения селей дождевого генезиса. На основе расчетов селеопасных периодов, для горных регионов мира были проведены типизация внутригодового распределения дождевых селей, и анализ их пространственного распределения.. Важным результатом проведенных исследований является создание карты районирования селеопасных территорий мира по типам внутригодового распределения дождевых селей.

При выделении типов внутригодового распределения селей учитывались следующие показатели: тип района с однородными условиями формирования режима селей, сезон года ОСП и сезон года ПНСО. В случае совпадения всех трех показателей, районы относятся к одному типу внутригодового распределения селей. Для систематизации типов внутригодового распределения селей использована нумерация районов с однородными условиями формирования режима селей, с добавлением индексов, указывающих на сезоны периодов селевой опасности. Первый индекс соответствует сезону, на который приходится ПНСО, как наиболее важной характеристики селевого режима. Второй индекс соответствует сезону, на который приходится ОСП. Наиболее распространенным по площади (23,3 %) является тип селевого режима, который совпадает с типом района №1, и захватывает зону сплошного распространения ММП. Для этого типа селевого режима характерен очень короткий СОП (1-3 месяца), и ОСП и ПНСО приходящиеся на лето. Анализ карты районирования селеопасных территорий мира по типам внутригодового распределения дождевых селей показал, что на Земле существует огромное

разнообразие типов внутригодового распределения дождевых селей, при этом примерно на 70% селеопасных территорий ПНСО приходится на летние месяцы.

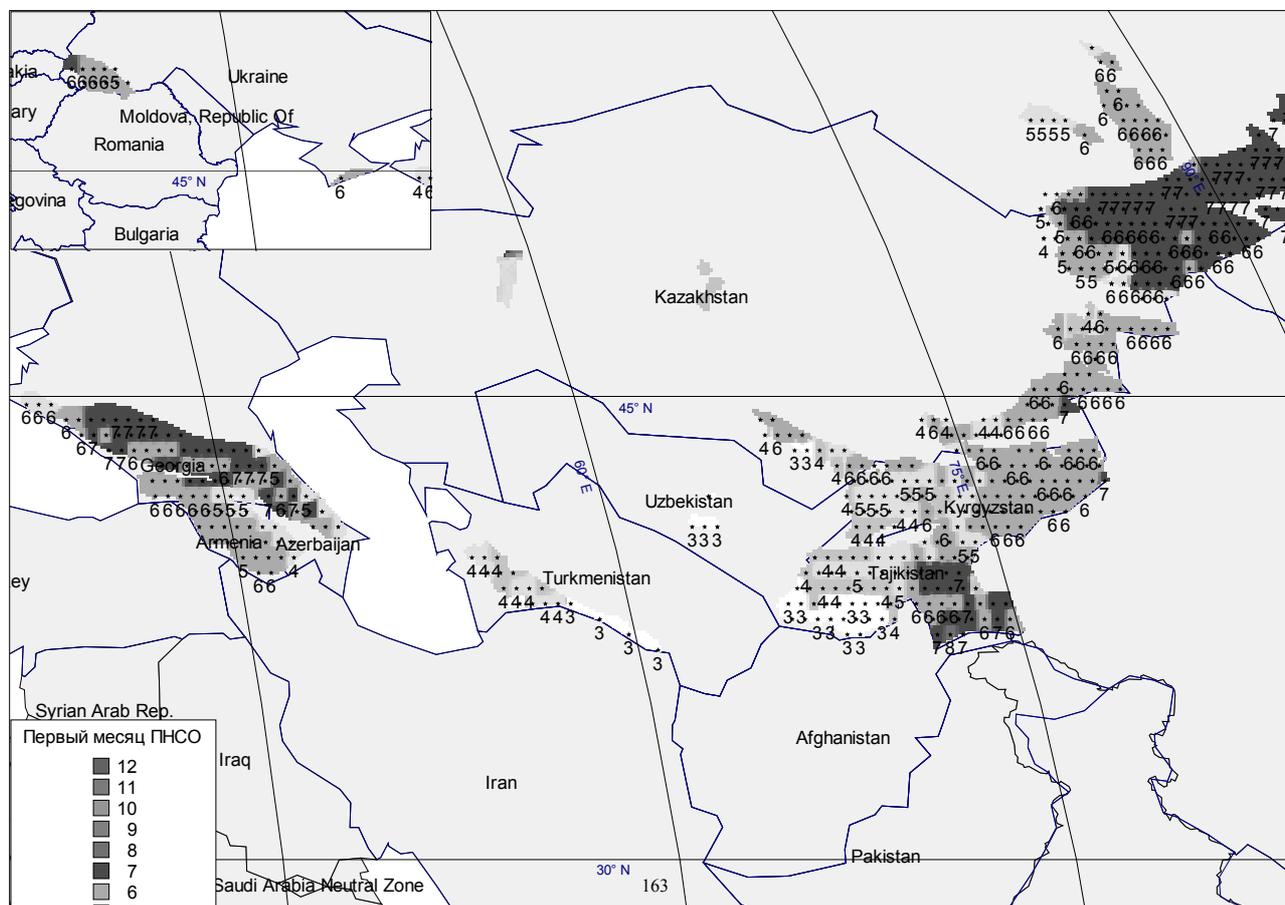


Рисунок 4. Первый месяц ПНСО в селеопасных районах Карпат, Кавказа и Средней Азии.

В четвертом разделе рассматривается *проверка результатов моделирования*. Поскольку фактической информации представленной в формате аналогичном результатам моделирования не существует (карт характеристик режима селей), то единственным источником информации, по которому могут быть проверены результаты моделирования являются литературные данные. В Приложении 2 собран фактический материал по зарубежным территориям, используемый в данной работе. Селевые бассейны на территории бывшего СССР, данные о датах схода которых

использовались при формулировке правил отнесения месяцев года к селеопасным периодам (Приложение 1), естественным образом являются реперными. Дополнительно анализировались обобщающие работы по селям на территории бывшего СССР. Автором было произведено сравнение этих данных с полученными картами. Проведенный анализ противоречий не выявил. В целом можно сделать вывод о том что, наиболее достоверными можно считать результаты расчетов, полученные для территории бывшего СССР. На втором месте стоят те регионы мира, которые имеют те же типы районов с однородными условиями формирования режима селей, что и находящиеся на территории СССР. США и Европы и имеющие длинные ряды наблюдения за селями. И наименее достоверными данные о режиме селей можно считать в районах с типами районов не представленными фактическими данными.

В Заключении представлены основные итоги работы:

1. Автором разработана оригинальная модель, позволяющая рассчитывать характеристики внутригодового распределения дождевых селей по заданным климатическим параметрам. Модель использует в качестве входящей информации климатические данные о среднемесячной температуре воздуха и месячных суммах осадков в узлах сетки. На выходе модель присваивает по узлам сетки каждому месяцу года индекс, соответствующий определенному диапазону вероятности схода селей и определяет, к каким селеопасным периодам он принадлежит. Таким образом, 12 месяцев года подразделяется на 4 периода: 1) неселеопасный период; 2) селеопасный период; 3) основной селеопасный период; 4) период наибольшей селевой опасности.
2. В процессе построения модели автором установлено, что единые зависимости внутригодового распределения селей от климатических параметров наблюдаются

лишь в районах с однородными климатическими условиями формирования режима селей. На основе анализа шести основных климатических факторов селеформирования удалось выделить 20 типов районов с однородными условиями формирования режима селей. Полученная таким образом типология районов легла в основу оценки внутригодового распределения дождевых селей и может быть использована в дальнейшем для решения смежных задач селеведения.

3. Результатом моделирования явилась серия мелкомасштабных карт для всех горных регионов мира, представляющих календарные сроки начала и конца и продолжительность различных периодов селевой опасности. Все эти карты не имеют Российских либо зарубежных аналогов.

4. Построенные в результате моделирования карты позволили впервые произвести специальное типологическое районирование селеопасных территорий мира по особенностям внутригодового распределения селей. В основе районирования лежит учет относительной однородности климатических условий и сезонов, на которые приходятся селеопасные периоды. Всего на Земном Шаре выделено 50 типов районов, различных по характеру внутригодового распределения селей.

5. Исследования влияния климатических параметров на режим селей внесли значительный вклад в решение задачи анализа климатических условий как фактора селеформирования. Полученная в работе целостная пространственная картина внутригодового распределения селей по Земному Шару существенно расширяет представления о географии селевых явлений мира.

6. Представленная модель открывает широкие возможности для оценки характеристик режима селей при различных сценариях изменения климата, что становится все более актуальным в настоящее время.

7. Методы, используемые в данной работе, имеют хорошие перспективы для дальнейшего развития. В частности, при учете геолого-геоморфологических и литологического факторов в типологии районов с однородными условиями формирования режима селей, представляется возможным дать оценки такой важной характеристики селевой деятельности как повторяемость селей, в том числе и в региональном масштабе.

Список публикаций автора по теме диссертации:

1. Белая Н.Л. Режим селевых явлений Земного Шара как объект моделирования на базе климатической информации. МГИ, вып. 96, 2004, стр.152-158.
2. Белая Н.Л., Бударина О. И., Перов В. Ф., Сидорова Т. Л. Особенности режима селевых явлений в Европе. Тезисы докладов. Международная конференция “Мониторинг криосферы” Пущино, 20-23 апреля 1999 г., с. 69.
3. Бударина О. И., Перов В. Ф., Сидорова Т. Л., Белая Н.Л. Генезис и режим селевых явлений Южной Америки. – МГИ, вып 88, 2000, с. 50-55.
4. Сидорова Т.Л., Белая Н.Л. Возможные изменения режима селевой деятельности в Западном полушарии случае глобального потепления. МГИ, вып 88, 2000, с. 56-59.
5. Belaia N.L. Distribution model for periods of debris-flow danger Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment. Proceedings of the third intern. Confer. On Debris-Flow hazards mitigation 2003, стр 495-502.
6. Belaia N.L., Perov V.F., Sidorova T.L. Distribution and regime of mudflow phenomena in Asia (not including the FSU territory), Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment. Proceedings of the second intern. Confer. On Debris-Flow hazards mitigation Taipei, Taiwan, 16-18 aug.2000. A.A.Balkema,

Rotterdam, Brookfield, 2000, p. 495-502.

7. Sidorova T., Perov V., Belaya N. Distribution of slashflows in northern Europe and their potential change due to global warming. *Annals of glaciology*, vol.32, 2001, p.237-240.