

СЕЛЕВАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ (ФАНО РОССИИ)
ФГБУН ИНСТИТУТ ЗЕМНОЙ КОРЫ СО РАН
ФГБУН ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ ИМ. В.Б. СОЧАВЫ СО РАН
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (РФФИ)



Институт земной коры
СО РАН



Селевая Ассоциация



Институт географии
им. В.Б. Сочавы СО РАН



СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: КАТАСТРОФЫ, РИСК, ПРОГНОЗ, ЗАЩИТА

Материалы IV Международной конференции
Россия, г. Иркутск – пос. Аршан (Республика Бурятия)
6-10 сентября 2016 г.

Иркутск
Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН
2016

УДК 551.311.21
ББК Д823.121.6
С29

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: Материалы IV Международной конференции (Россия, г. Иркутск – пос. Аршан (Республика Бурятия), 6-10 сентября 2016 г.). – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016. – 326 с.

Сборник содержит материалы IV Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита», проведенной в г. Иркутске и пос. Аршан Тункинского района Республики Бурятия (6-10 сентября 2016 г.). Представлены результаты исследований селевых катастроф последних лет различного генезиса, оценен риск и рассмотрены проблемы прогноза селей, проведен анализ развития селевых процессов на глобальном и региональном уровнях, рассмотрены механизмы возникновения и развития селевых потоков и вопросы их моделирования.

Издание предназначено для широкого круга специалистов, изучающих селевые потоки.

Debris flows: risks, forecast, protection: Materials of IV International Conference (Russia, Irkutsk – Arshan village (The Republic of Buryatia), September 6–10, 2016). – Irkutsk: Publishing House of Sochava Institute of Geography SB RAS, 2016. – 326 p.

The digest contains materials of the IV International Conference “Debris flows: Disasters, risk, forecast, protection” has been held in Irkutsk and in Arshan village, Tunkinsky district of Buryat Republic (September 6–10, 2016). The results of recent yearson debris flow disasters research of various origin are represented, the assessment of risks have been performed and problems of debris flows forecast have been considered, the analysis of debris flow processes at the global and regional level has been made, the occurrence and development mechanisms and simulation issues of debris flows have been examined.

Ответственный редактор: научный руководитель Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, д.г.н. *В.М. Плюсин*

Редакционная коллегия: к.г.-м.н. *С.А. Макаров*, к.г.н. *Ж.В. Атутова*, к.г.н. *А.И. Шеховцов*



**ВОСТОЧНО-СИБИРСКАЯ
ДИРЕКЦИЯ
ИНФРАСТРУКТУРЫ
ОАО «РЖД»**



**ШВЕЙЦАРСКАЯ КОМПАНИЯ
GEOBRUGG
В РОССИИ**



**TRUMER
Schutzbauten**

**АВСТРИЙСКАЯ
КОМПАНИЯ
TRUMER
В РОССИИ**

Издание подготовлено при финансовой поддержке Федерального агентства научных организаций России (Соглашение № 007-ГЗ/ЦЗ795/346/4 от сентября 2016 г. между ФАНО России и ИЗК СО РАН на предоставление субсидии на финансовое обеспечение проведения конференции) и гранта РФФИ № 16-05-20263 на проведение конференции.

Материалы публикуются с максимальным сохранением авторской редакции.

© Коллектив авторов, 2016

© ФГБУН Институт земной коры СО РАН, 2016

ISBN 978-5-94797-273-3

© Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016

пенной закупорки ниже расположенных отверстий. В результате безнапорного режима суспензия или вода, с расходом не представляющим угрозы, поступает в нижний бьеф плотины.

Сель 23 июля 2015 г. образовался в результате прорыва озера с объемом 40-50 тыс. м³ по подземному каналу стока с расходом около 5 м³/с. Столь незначительный расход водного паводка привел к тому, что расход селя в верхнем бьефе плотины не превышал 25-30 м³/с. Расширение долины и невысокая пластичность селевой массы привели к тому, что уровень жидкой составляющей селя не превышал размер крупных фракций селевой массы. Уменьшение архимедовой силы, действующей на эти фракции, привело к остановке крупных фракций еще до подхода к плотине. Жидкая составляющая селевой массы оказалась не способной перекрывать отверстия водоприемного устройства.

Поскольку пропускная способность плотины не обеспечивала (в безнапорном режиме) пропуск жидкой составляющей селя, произошло ее накопление в верхнем бьефе плотины. Максимальный уровень селевой массы в верхнем бьефе составил 12 м. Пропуск жидкой составляющей через тело плотины происходил в напорном режиме. Вместо расчетного значения 5 м³/с в нижнем бьефе расход составлял около 40 м³/с. Большой уклон долины ниже плотины привел к вторичному селеобразованию, в ходе которого вовлекались отложения предшествующих селей. Поскольку сель не помещался в русле и пойме р. Каргалинка, селевая масса вышла на территорию западной части г. Алматы. Ущерб, нанесенный селом, оценен в 7 млн долларов.

Произошедшее событие требует пересмотра конструкций, обеспечивающих безопасный пропуск селевой массы в нижний бьеф плотин на северном склоне Заилийского Алатау.

ТЕХНОЛОГИЯ КРАТКОСРОЧНОГО ВЕРОЯТНОСТНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАВОДКОВ И СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗА КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ НА 3 И 6 ЧАСОВ

ТАЛАНОВ Е.А.

*Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Республика Казахстан, Алматы
E-mail: teage@mail.ru*

TECHNOLOGY OF SHORT-TERM PROBABILISTIC FORECASTING OF FLOODS AND DEBRIS FLOWS BASED ON THE FORECAST RAINFALL DURING 3 AND 6 HOURS

TALANOV YE.

*Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty
E-mail: teage@mail.ru*

Усиление осадков в горах существует только в определенных географических областях площадью, примерно 100000 км², в виде очагов размером около 1000 км² [Русин, 2003]. Для определенной группы селевых очагов в селевом бассейне (при наличии комплекса благоприятных условий) сильный ливень является основным селеформирующим фактором. Для количественного прогноза селеопасности, необходим прогноз интенсивности и продолжительности ливня. Интенсивные осадки формируются при развитии мезомасштабных возмущений в условно устойчивой атмосфере на фоне пониженного давления. Условиями для обострения тенденций могут служить пониженная температура и влажность в верхней тропосфере, наличие орографических неоднородностей, благоприятных для обострения мезомасштабных возмущений приводящих к возникновению локальных восходящих потоков с диаметрами более 5 км.

Прогнозирование мезомасштабных циркуляций и связанных с ними явлениями погоды с достаточной степенью заблаговременности находится в «зачаточном» состоянии, так как неопределенность (неточность) является неотъемлемым атрибутом описания процессов с большой пространственно-временной изменчивостью. На начальном этапе были разработаны методы краткосрочных прогнозов факта выпадения дождя и его количества (мм/12 ч и мм/24 ч) [Голубов, 1967] с заблаговременностью 24 или 12 часов для горных районов. Оправдываемость прогноза количества осадков на 40 % выше климатической обеспеченности (по данным 1965 г.). В работе [Киренская,

1992] показано, что по крупномасштабным особенностям поля геопотенциала (H_{500} в 00 ч) возможен среднесрочный прогноз осредненных характеристик поля осадков за е.с.п. (временной масштаб осреднения) по территории, охватывающей северный склон Заилийского Алатау до высоты 2000 м. Получены прогностические зависимости между средним количеством осадков и значениями геопотенциала H_{500} в реперных пунктах при различных формах циркуляции (западной, центральной, восточной, смешанной, зональной) для весеннего и летнего сезонов. Экспериментальная проверка метода прогноза средней суммы осадков за е.с.п. в оперативных условиях оценки возможного возникновения паводков и наносоводных селей а Заилийском Алатау показала удовлетворительную его оправдываемость, средняя величина которой для весеннего сезона составила 92 %, летнего – 80 %.

Используя синоптико-гидродинамический подход к решению вопроса о прогнозе количества осадков в теплое время года для горной местности, автор [Вальнер, 1992] уточнил способы расчета орографической вертикальной скорости потока, адвекции массовой доли водяного пара у поверхности земли с учетом направления и скорости среднего ветра атмосферы, которые определяются по фактическим и прогностическим картам AT_{500} . Средняя оправдываемость прогнозов количества осадков составила 78 % и 76 % с заблаговременностью соответственно 12 и 24 ч (с мая по сентябрь 1985–1990 гг.). Средняя оценка оправдываемости прогнозов количества осадков для МС Алматы, Акжар (ОРС), Мынжилки (май-август 1992, 1994–1995 гг.) составила 84 % и 80 % для аналогичной заблаговременности [Таланов, 1998]. Для высокогорного пояса оправдываемость прогноза количества осадков оказалась ниже и составила 77 % и 76 % соответственно.

Определенные успехи достигнуты при составлении автоматизированных прогнозов суточных сумм осадков по дням с заблаговременностью до семи суток. Применение метода расчета количества осадков, основанного на параметризации микрофизических процессов (усиление осадков в ниже лежащих облачных слоях; испарение осадков в подоблачном слое; таяние кристаллических осадков ниже уровня нулевой изотермы), в глобальной спектральной модели атмосферы (T85L31) позволило повысить качество прогноза зон осадков для всего периода заблаговременности (24–72 ч) на отдельных станциях ЕТР [Акимов, 2003]. В теплый период года метод ориентирован на прогноз слабых и умеренных осадков (с оценкой интенсивности мм/ч). Так, в мае 2002 г., величина предупрежденности осадков увеличилась от 27 до 65 %.

В таблице представлены количественные показатели состояния атмосферы при конвективных процессах и выпадения дождей в районах с различным ландшафтом (в интервалах широты 43–57N; долготы 039–142E; высот расположения МС от минус 18 до 850 м). В период с 15 по 17 мая 2016 г. значения сумм дефицита точки росы на изобарических поверхностях в слое 850–500 гПа ($\sum D$) были ниже 25 °C, что определяет возможность образования кучево-дождевой облачности и высокую вероятность выпадения осадков при грозе. Величина показателя ($T_{\max} - T_{d_{\max}}$) характеризует момент максимального развития термической конвекции (изменяется в интервале 7,5–21,0 °C) и влияет прямо пропорционально на максимальную скорость восходящего потока в облаках. Уровень конденсации ($H_{\text{конд}}$) при вовлечении влажного воздуха находится на высотах 1,2–1,5 км, а при подъеме более сухого воздуха конденсация влаги может происходить на высотах 2,0–2,5 км. Эти характерные уровни ($H_{\text{конд}}$) соответствуют среднему положению нижней границы конвективной облачности. При дефиците температуры точки росы у земли или на верхней границе приземной инверсии более 20 °C уровень конденсации поднимается на высоту более 2,5 км, что будет способствовать испарению капель дождя ниже облаков, поэтому осадки не будут достигать поверхности земли. Уровень конвекции ($H_{\text{конв}}$) соответствует верхней границе конвективной облачности, которая в мае (таблица) чаще всего находилась на высотах 9–11 км (в горных районах она достигала 12–13 км, поэтому здесь должны быть более мощные «грозовые» облака).

Толщина конвективно-неустойчивого слоя ($\Delta H_{\text{кнс}}$) изменяется от нуля до 180 м: чем она больше, тем больше вероятность образования кучево-дождевой облачности и развития грозовых явлений. Температура воздуха на уровне конвекции ($T_{\text{конв}}$) находится в интервале от минус 30 до минус 60 °C: чем ниже эта температура, тем более вероятны ливни и грозы. Средняя величина отклонения температуры на кривой изменения состояния от температуры на кривой стратификации (ΔT) составляет от 2 до 14 °C: чем она больше, тем больше степень неустойчивости воздуха и интенсивнее может развиваться конвекция.

Средняя вертикальная мощность конвективных облаков (ΔH) определяется как разность высот уровней конвекции и конденсации: принято считать, что чем больше эта величина, тем более вероятно возникновение конвективных явлений и тем больше их интенсивность. В реальных ситуациях выпадения осадков все гораздо сложнее: при изменении вертикальной мощности ΔH от

9,5 до 11,2 км в районе Алматы количество осадков за полусуточный интервал времени может составить от 0 до 32 мм; на Алтае при похожих условиях ΔH интенсивность осадков составит 1-3 мм/6 ч (таблица). В Приморском крае при мощности конвективных облаков, равной 4,7–6,9 км, максимальное количество осадков может достигать 40 мм/12 ч.

**Параметры конвекции, соответствующие им конвективные явления
(по методу Н.В. Лебедевой) по метеостанциям и измеренное количество осадков**

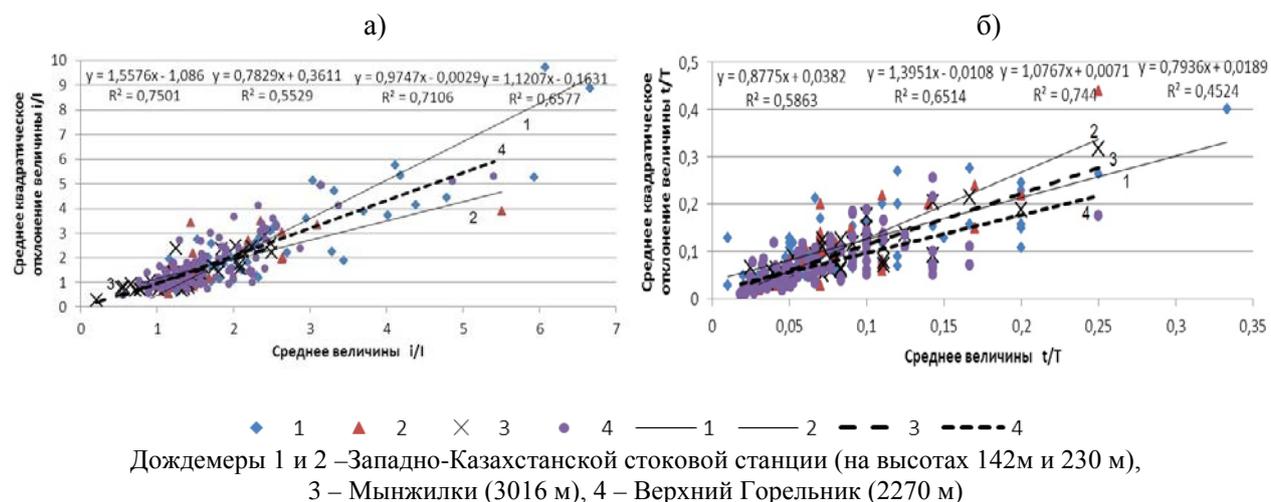
| ΣD (850-500), °C | $(T_{\max} - T_{d_{\max}})$, °C | $\Delta H_{\text{квкс}}$, гПа | $H_{\text{контд}}$, км | $H_{\text{контв}}$, км | $T_{\text{контв}}$, °C | ΔT , °C | ΔH , км | Конвективные явления* (осадки мм/ч) | Дата; срок UTC |
|---|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|--|-------------------|
| МС Ростов-на-Дону (Россия), широта: 47-16N; долгота: 039-49E; высота: 77 м | | | | | | | | | |
| 21,0 | 8,3 | 53 | 1,7 | 10,7 | -50,7 | 8,9 | 9,0 | ЛД, Г | 15.05.2016; 00 |
| 16,2 | 14,0 | 139 | 1,6 | 9,9 | -50,7 | 5,7 | 8,3 | ЛД, Г | 15.05.2016; 12 |
| 17,3 | 8,3 | 128 | 1,3 | 9,5 | -47,7 | 4,5 | 8,2 | ЛД, Г | 16.05.2016; 00 |
| 8,4 | 9,0 | 156 | 1,4 | 10,9 | -58,6 | 2,9 | 9,5 | ЛДс, Г (0 мм/12 ч) | 17.05.2016; 00 |
| МС Туапсе (Россия), широта: 44-06N; долгота: 039-02E; высота: 94 м | | | | | | | | | |
| 24,6 | 9,3 | 91 | 1,5 | 9,4 | -37,0 | 7,7 | 7,9 | ЛД, Г | 15.05.2016; 12 |
| 9,8 | 7,5 | 143 | 1,2 | 10,1 | -49,0 | 3,5 | 8,9 | СЛД, Г, Гд | 16.05.2016; 12 |
| МС Минеральные Воды (Россия), широта: 44-13N; долгота: 043-06E; высота: 312 м | | | | | | | | | |
| 2,0 | 10,6 | 172 | 1,7 | 10,2 | -56,2 | 2,3 | 8,5 | ЛДс, Г | 16.05.2016; 12 |
| МС Дивное, широта: 45-55N; долгота: 043-21E; высота: 77 м | | | | | | | | | |
| 19,5 | 9,0 | 84 | 1,6 | 10,6 | -48,3 | 6,8 | 9,0 | ЛД, Г | 15.05.2016; 00 |
| 15,7 | 8,8 | 62 | 1,6 | 11,1 | -56,6 | 6,0 | 9,5 | СЛД, Г | 15.05.2016; 12 |
| 23,1 | 12,0 | 77 | 1,6 | 11,2 | -56,4 | 4,3 | 9,6 | ЛД, Г | 16.05.2016; 12 |
| 13,2 | 8,8 | 121 | 1,5 | 10,6 | -56,5 | 3,8 | 9,1 | СЛД, Г, Гд | 17.05.2016; 00 |
| МС Махачкала (Россия), широта: 43-01N; долгота: 047-29E; высота: минус 18 м | | | | | | | | | |
| 18,7 | 9,0 | 72 | 1,6 | 12,1 | -61,9 | 4,1 | 10,5 | ЛД, Г | 16.05.2016; 00 |
| 16,9 | 7,9 | 178 | 1,3 | 9,7 | -46,7 | 3,4 | 8,4 | ЛД, Г (0,6мм/12 ч) | 17.05.2016; 00 |
| МС Жезказган (Казахстан), широта: 47-48N; долгота: 067-43E; высота: 345 м | | | | | | | | | |
| 16,0 | 9,2 | 39 | 2,0 | 10,1 | -48,4 | 6,8 | 8,1 | ЛД, Г (0 мм/12 ч) | 15.05.2016; 00 |
| 14,9 | 16,0 | 128 | 2,0 | 11,0 | -57,6 | 3,0 | 9,0 | ЛДс, Г (0 мм/12 ч) | 15.05.2016; 12 |
| 22,7 | 8,7 | 39 | 2,2 | 10,1 | -50,9 | 5,5 | 7,9 | ЛД, Г (0 мм/12 ч) | 16.05.2016; 00 |
| МС Алматы (Казахстан), широта: 43-21N; долгота: 077-00E; высота: 850 м | | | | | | | | | |
| 16,4 | 9,7 | 24 | 2,5 | 12,6 | -57,5 | 11,1 | 10,1 | ЛД, Г (0 мм/12 ч) | 15.05.2016; 00 |
| 6,8 | 7,5 | 67 | 2,1 | 13,3 | -57,3 | 14,0 | 11,2 | СЛД, Г (9 мм/12 ч) | 16.05.2016; 00 |
| 1,8 | 7,6 | 126 | 2,3 | 11,8 | -64,9 | 3,2 | 9,5 | СЛД, Г, Гд (32 мм/12 ч) | 16.05.2016; 12 |
| 14,7 | 13,0 | 57 | 2,7 | 12,2 | -61,6 | 5,7 | 9,5 | ЛД, Г (0,5 мм/12 ч) | 17.05.2016; 12 |
| Yining (China), широта: 43-57N; долгота: 081-20E; высота: 663 м | | | | | | | | | |
| 4,5 | 8,0 | 102 | 2,3 | 12,3 | -60,7 | 7,9 | 10,0 | СЛД, Г, Гд (2 мм/12ч) | 15.05.2016; 23 |
| 16,5 | 10,0 | 68 | 2,4 | 11,6 | -59,4 | 6,2 | 9,2 | ЛД, Г (1 мм/6ч) | 16.05.2016; 23 |
| Altay (China), широта: 47-44N; долгота: 088-05E; высота: 737 м | | | | | | | | | |
| 9,8 | 8,9 | 22 | 2,5 | 12,2 | -62,1 | 7,8 | 9,7 | ЛД, Г (1-3 мм/6 ч) | 16.05.2016; 23 |
| МС Ангарск (Россия), широта: 52-29N; долгота: 103-51E; высота: 450 м | | | | | | | | | |
| 24,6 | 21,0 | 0 | -- | - | - | - | - | ЛД, Г (0,3-0,6 мм/12ч) | 16.05.2016; 12 |
| МС Чара (Россия), широта: 56-54N; долгота: 118-16E; высота: 711 м | | | | | | | | | |
| 14,1 | 18,0 | 0 | - | - | - | - | - | ЛДс, Г | 16.05.2016; 12 |
| МС Дал'Нереченск (Россия), широта: 45-52N; долгота: 133-44E; высота: 107 м | | | | | | | | | |
| 15,9 | 9,7 | 120 | 1,5 | 6,2 | -30,0 | 2,1 | 4,7 | ЛДс, Г (28-40 мм/12 ч) | 16.05.2016; 12 |
| Wakkanai (Japan), широта: 45-25N; долгота: 141-41E; высота: 3 м | | | | | | | | | |
| 16,2 | 9,1 | 68 | 1,5 | 9,4 | -40,2 | 2,0 | 6,9 | ЛДс, Г (2 мм/6 ч и 2 мм/12 ч) | 17.05.2016; 12 |

*Примечание: ЛД – ливневой дождь, СЛД – сильный ливневой дождь, ЛДс – слабый ливневой дождь, Г – гроза, Гд – град. Исходные данные на сайте: <http://flymeteo.org/menu/zond.php> и <http://www.weatheronline.co.uk/>

При высокой тесноте связи между параметрами характеризующими устойчивое и неустойчивое состояние атмосферы ΔX_0 на интервале времени t_{cp} существуют реальные возмущения $\Delta X(t)$ всегда много меньше осредненной исходной величины, которые разрушают начальные условия состояния, но их учесть в детерминированной модели с достаточно высокой степени точности принципиально невозможно. Хаотическое движение в атмосфере порождается ее локальной неустойчивостью и общим сжатием фазового пространства. При этом проблема предсказуемости указанных состояний и протекающих при их реализации процессов решается вероятностными подходами.

Разработка методики прогноза селеформирующих ливней существенно отличается от аналогичных, направленных на создание прогнозов осадков общего пользования, из-за конкретных требований, предъявляемых к редикутанту. По мнению специалистов службы предупреждения населения о паводках и селях, разрабатываемые методы прогноза количества осадков для горных районов требуют усовершенствования моделей (способов расчета) и включения дополнительных характеристик режима явления с указанием оценок неопределенности [Рекомендации, 2008]. Например, прогнозировать время начала и продолжительность дождя, распределение интенсивности осадков за короткие интервалы времени (менее 1 часа) и с высоким пространственным разрешением (как по высотным зонам, так и по условиям орографии). Специфика определяется малыми пространственно-временными масштабами опасных явлений и, следовательно, значительной изменчивостью характеристик процессов как в атмосфере, так на подстилающей поверхности [Галанов, 2014; Виноградов, 2010]. Типовой процесс подготовки краткосрочного прогноза количества осадков включает анализ текущих атмосферных процессов (от мезомасштабных систем к их детализации), экстраполяцию погодообразующих процессов во времени и пространстве (применение численных прогнозов полей метеорологических параметров и сопоставление разных методов), оценка возможности возникновения и интенсивности опасных метеорологических явлений с разной заблаговременностью (оценка успешности прогнозов). Сложность предсказания развития мезомасштабных движений в однородном по горизонтали воздушном потоке (отдельные кучево-дождевые облака) заключается не столько в определении высотного уровня конвекции (мощности), а в том, что «точно предсказать местоположение каждого конвективного элемента с достаточной заблаговременностью вряд ли окажется возможным» [Мезометеорология, 1988].

Пульсации интенсивности дождя по пливниограмме косвенно отражают структуру конвективных движений в кучево-дождевых облаках. Установлена статистическая закономерность случайного процесса интенсивности выпадения осадков, характеризующая эргодическое свойство дождя (по данным 230 явлений): диапазон по H 7–55 мм; средней интенсивности 0,01–0,20 мм/мин; продолжительности от 50 мин до 16 ч (рис.).



Зависимость эмпирических среднеквадратичных отклонений случайного процесса интенсивности выпадения осадков (i/I) (а) и продолжительности выпадения осадков (t/T) (б) от соответствующих тематических ожиданий

В равнинных условиях для отдельных дождей максимальная интенсивность осадков (i) достигала 3,2 мм/мин за 2 мин (13.06.1965 г. – $H = 20,5$ мм, $T = 223$ мин, средняя $I = 0,09$ мм/мин); 2,4 мм/мин (5.08.1956 г.); 1,5 мм/мин (1.06.1954 г. – $H = 10,7$ мм, $T = 360$ мин); 1,2 мм/мин

(29.07.1953 г. – $H = 23,9$ мм, $T = 190$ мин, $I = 0,13$ мм/мин). В горах на высоте 3000 м максимальная интенсивность осадков (i) составила 0,45 мм/мин за 2 мин (9-10.07.1963 г. – $H = 24,3$ мм, $T = 183$ мин, $I = 0,13$ мм/мин); 0,42 мм/мин за 10 мин (18.07.1964 г. – $H = 18,8$ мм, $T = 94$ мин, $I = 0,20$ мм/мин); 0,31 мм/мин в течение 17 мин (1.08.1963 г. – $H = 19,4$ мм, $T = 220$ мин, $I = 0,09$ мм/мин).

Типичный сигнал пульсаций зафиксирован при измерении крайне низкочастотного электромагнитного излучения конвективных облаков. Авторы [Морачевский, 1984] обосновывают условия появления такого сигнала механизмом вовлечения отрицательных ионов при конденсации капель в конвективные облачные движения, при которых происходит пространственное разделение разноименных зарядов. Метод калибровки конвекции в кучево-дождевом облаке с помощью плювиограмм не разработан, хотя существовало предложение прогнозировать продолжительность и интенсивность ливня по уже начавшемуся и выпадающему дождю. В этом случае многие неопределенности начальных условий выпадения осадков (по месту и времени), существенно влияющих на заблаговременность прогноза, будут устранены и потребуются способы моделирования слоя, продолжительности и интенсивности дождя в конкретном районе для составления «сверхкраткосрочного» прогноза.

Представленные на рисунке зависимости могут быть использованы для определения координат кривой обеспеченности интенсивности осадков для отдельных дождей [Виноградов, 2010]:

$$\frac{t_i}{T} = \exp\left(\frac{i_c}{I}\right),$$

где I – средняя интенсивность дождя и t_i – суммарная длительность отрезков времени, для которых выполняется условие $i \geq i_c$.

Такой подход реализован при составлении краткосрочного вероятностного прогноза селей (для конкретных селевых очагов и регионального прогноза в Заилийском Алатау) при наличии прогноза количества жидких осадков на 12 (ночь и день) и 24 часа [Мочалов, 1992; Таланов, 1998].

Акимов И.В. Результаты использования метода расчета количества осадков, основанного на параметризации микрофизических процессов, в глобальной спектральной модели атмосферы T85L31 // Труды Гидрометцентра России «Фундаментальные и прикладные гидрометеорологические исследования». – 2003. – С 116–130.

Вальнер Р.Ю. Способ краткосрочного прогноза осадков в селеопасный период для Заилийского Алатау. КазНИГМИ. Сборник 12 «Селевые потоки». – М.: Гидрометеиздат, 1992. – С. 62–70.

Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Математическое моделирование в гидрологии: учебное пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 304 с.

Голубов Р.С. Метод прогноза количества ливневых осадков в горных и предгорных районах Юго-Восточного Казахстана на 24-36 часов // Труды КазНИГМИ. – 1967. – Вып. 29. – С. 3–18.

Киренская Т.Л., Бахарева Л.Т. О среднесрочном прогнозе осадков при оценке селеопасности в Заилийском Алатау. КазНИГМИ. Сборник 12 «Селевые потоки». – М.: Гидрометеиздат, 1992. – С. 79–89.

Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование. Сборник лекций / Подготовлен Н.Ф. Вельтищевым. ВМО-№701. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 136 с.

Морачевский В.Г., Дубрович Н.А., Потанин А.Н. Электроповерхностные свойства ядер как важный параметр, определяющий развитие облачных процессов // Межвузовский сборник научных трудов «Параметризация некоторых видов непреднамеренного и направленного воздействий на атмосферу». – Л.: ЛПИ, 1984. – Вып. 84. – С. 156–164.

Мочалов В.П., Таланов Е.А. Метод краткосрочного вероятностного прогноза селей дождевого генезиса. КазНИГМИ. Сборник 12 «Селевые потоки». – М.: Гидрометеиздат, 1992. – С. 25–40.

Рекомендации по предоставлению данных неопределенности прогнозов. PWS-18 WMO/TD №. 1422. – ВМО, 2008. (<http://meteoinfo.ru/wmo-td-1422>)

Русин И.Н. Синоптическая интерпретация данных при расчете ливневых осадков в горах. – СПб.: РГМУ, 2003. – 219 с.

Таланов Е.А. Математическое моделирование и краткосрочное вероятностное прогнозирование селей дождевого генезиса. – Алматы: Казак университеті, 1998. – 131 с.

Таланов Е.А. Методологические аспекты пространственно-временного прогнозирования селей // Материалы научно-практической конференции «Опыт и перспективные планы развития защиты от стихийных бедствий», посвященной к 40-летию ГУ «Казселезащита» МЧС РК. – Алматы: Изд-во «PrintHouse», 2014. – С. 80–95.

| | |
|--|-----|
| <i>РЯЩЕНКО Т.Г.</i> МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОСТАВА И СВОЙСТВ СЕЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (УЧАСТОК БАМа)..... | 220 |
| <i>СЕЙНОВА И.Б., ЧЕРНОМОРЕЦ С.С., ДОКУКИН М.Д., САВЕРНЮК Е.А.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ВОДНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КРУПНЕЙШИХ ЛАХАРОВ В ЛЕДНИКОВОМ ПОЯСЕ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА (КАМЧАТКА, РОССИЯ) НА ПРИМЕРЕ ПАРОКСИЗМАЛЬНОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ 1945 ГОДА | 224 |
| <i>СТЕПАНОВ Б.С., ЯФЯЗОВА Р.К.</i> ОСОБЕННОСТИ СЕЛЯ 2015 г. В ЗАИЛИЙСКОМ АЛАТАУ..... | 228 |
| <i>ТАЛАНОВ Е.А.</i> ТЕХНОЛОГИЯ КРАТКОСРОЧНОГО ВЕРОЯТНОСТНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАВОДКОВ И СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗА КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ НА 3 И 6 ЧАСОВ..... | 229 |
| <i>ТЕР-МИНАСЯН Р.О.</i> ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭРОЗИИ СЕЛЕНОСНЫХ ВОДОТОКОВ Р. ПАМБАК-ДЕБЕД..... | 234 |
| <i>ТРИФОНОВА Т.А., ВИНОГРАДОВ А.Ю., АРАКЕЛЯН С.М., АБРАХИМ С.И., КУЧЕРИК А.О., ТРИФОНОВ Д.В., ТЮЛЕНЕВ Н.Ю.</i> ГЛОБАЛЬНЫЙ И РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТЫ ГЕНЕЗИСА КАТАСТРОФИЧЕСКИХ СЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЗЕМНОЙ КОРЕ – ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ МАССОВОГО И ВОДНОГО БАЛАНСА | 236 |
| <i>УХОВА Н.Н., ЧЕРКАШИНА А.А., МАКАРОВ С.А.</i> ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ В РАЗРЕЗЕ СЕЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ..... | 241 |
| <i>ЧЕРНОМОРЕЦ С.С., САВЕРНЮК Е.А., ПЕТРАКОВ Д.А., ДОКУКИН М.Д., ГОЦИРИДЗЕ Г.З., ГАВАРДАШВИЛИ Г.В., ДРОБЫШЕВ В.Н., ТУТУБАЛИНА О.В., КОЛЧИН А.А., ЗАПОРОЖЧЕНКО Э.В., КАМЕНЕВ Н.А., КАМЕНЕВ В.А., КЭЭБ А., КАРГЕЛ ДЖ., ХУГГЕЛ К.</i> ЛЕДОВО-КАМЕННЫЙ ОБВАЛ И ПОСЛЕДУЮЩИЙ СЕЛЕВОЙ ПОТОК В ДЕВДОРАКСКОМ УЩЕЛЬЕ (КАВКАЗ, ГРУЗИЯ) В 2014 ГОДУ | 244 |
| <i>ЧЕТЫРЬБОЦКИЙ А.Н.</i> ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СХОДА ЛАВИНЫ ГИБРИДНЫМИ МЕТОДАМИ SPH..... | 248 |
| <i>ШАФИЕВ Г.В.</i> АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОРЫВООПАСНЫХ ОЗЁР ПО ДОЛИНЕ РЕКИ ГУНД В ЮГО-ЗАПАДНОМ ПАМИРЕ | 250 |
| <i>BRAUN M., KAITNA R.</i> ANALYSIS OF METEOROLOGICAL TRIGGER CONDITIONS FOR DEBRIS FLOWS ON A DAILY TIME SCALE..... | 255 |
| <i>CHANG, YU, CHAN, CHUN-HSIANG, TSAI, YUAN-FAN</i> PRIMARY STUDY OF TEMPORAL SPATIAL ANALYSIS IN ISOLATED COMMUNITY | 257 |
| <i>FUCHS, S.; ZISCHG, A.; KEILER, M.</i> EXPOSURE TO TORRENTIAL FLOODS IN THE EUROPEAN ALPS | 258 |
| <i>ISAAC MONISHA AND ISAAC RAJENDRA KUMAR</i> ROLE OF BIODIVERSITY CONSERVATION IN HIMALAYAN REGION | 262 |
| <i>RAJENDRA KUMAR ISAAC AND MONISHA ISAAC</i> CLIMATIC CHANGES AND THEIR EFFECTS IN HIMALAYAN REGION | 271 |
| <i>KAIHENG HU, PU LI, YONG YOU, AND FENGHUAN SU</i> A DEM BASED APPROACH FOR DELINEATING HAZARD ZONES IN THE VALLEYS OF DEBRIS FLOW BASINS..... | 279 |
| <i>LIU JIANKANG, YANG SHUN, YANG DONGXU AND SHI SHENGWEI</i> LAB TEST FOR MECHANICS ON DEVELOPMENT AND CHARACTERISTIC OF GLOFS..... | 280 |
| <i>QINGQING YANG, ZHIMAN SU, ZHIHAO LI, FEI CAI</i> INFLUENCE OF ICE CONTENT ON THE RUN-OUT OF ROCK-ICE AVALANCHES | 286 |
| <i>SHAOJIE ZHANG</i> | 287 |
| <i>SU PENGCHENG, LI YONG</i> PRECIPITATION WATER VAPOR CHARACTERISTICS IN SMALL WATERSHEDS OF MOUNTAIN AREA INVERSED BY GROUND-BASED GPS | 287 |
| <i>SU ZHIMAN, YANG QINGQING, CAI FEI, LI ZHIHAO</i> AN INNOVATIVE METHOD FOR MEASURING THE DYNAMIC BASAL FRICTION OF GRANULAR ASSEMBLIES | 300 |
| <i>SU ZHIMAN, CAI FEI, YANG QINGQING, LI ZHIHAO</i> FRICTIONAL PROPERTIES OF BIDISPERSE GRANULAR ASSEMBLIES ON AN INCLINED PLANE | 306 |
| <i>TSAI, YUAN-FAN, CHAN, CHUN-HSIANG, CHANG, CHENG-HSIN</i> SEDIMENT DISASTER POTENTIAL STUDY OF ISOLATED COMMUNITY IN MOUNTAIN AREA | 306 |
| <i>XIE HONG, LI YONG, SU PENGCHENG, YU BIN</i> DEBRIS FLOW BLOCKING RIVER IN THE UPPER REACHES OF MINJIANG RIVER AFTER THE WENCHUAN EARTHQUAKE, CHINA..... | 307 |

| | |
|---|-----|
| <i>YANG H, WEI F, HU K, LV J</i> EXPERIMENTAL STUDY OF THE FLOW RESISTANCE OF COHESIONLESS PARTICLES IN A MUD SLURRY | 311 |
| <i>YANG SHUN, HUANG JIANGCHENG, LIU JIANKANG, PAN HUALI</i> THE PRELIMINARY STUDY OF PRESENT SITUATION OF HUNSHUIGOU DEBRIS FLOW PREVENTION ENGINEERING AND RISK ASSESSMENT | 312 |
| <i>YUMEI LI, ZHI WANG, JINGYUE DI</i> PROBABILITY FORECAST METHOD OF REGIONAL HIGHWAY GEOLOGICAL DISASTER BASED ON EFFECTIVE RAINFALL | 317 |

Научное издание

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: КАТАСТРОФЫ, РИСК, ПРОГНОЗ, ЗАЩИТА

Материалы IV Международной конференции
Россия, г. Иркутск – пос. Аршан (Республика Бурятия)
6-10 сентября 2016 г.

Технический редактор *А.И. Шеховцов*
Дизайнер *И.М. Батова*

Подписано в печать 31.08.2016 г.
Формат 60x90/8. Гарнитура Times New Roman. Бумага Ballet.
Уч.-изд. л. 40,6. Усл. печ. л. 37,7. Тираж 200 экз. Заказ № 737.

Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1