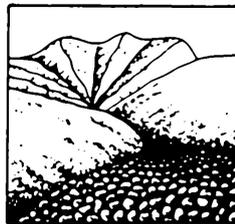


Труды Международной конференции

# **СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита**

---

Пятигорск, Россия, 22-29 сентября 2008 г.



Ответственный редактор  
С.С. Черноморец

---

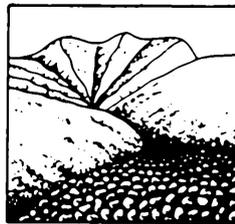
Институт «Севкавгипроводхоз»  
Пятигорск 2008

Proceedings of the International Conference

# **DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection**

---

Pyatigorsk, Russia, 22-29 September 2008



Edited by  
S.S. Chernomorets

---

Sevkavgirovodkhoz Institute  
Pyatigorsk 2008

УДК 551.311.8  
ББК 26.823

**Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита.** Труды Международной конференции. Пятигорск, Россия, 22-29 сентября 2008 г. – Отв. ред. С.С. Черноморец. – Пятигорск: Институт «Севкавгипроводхоз», 2008, 396 с.

**Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection.** Proceedings of the International Conference. Pyatigorsk, Russia, 22-29 September 2008. – Ed. by S.S. Chernomorets. – Pyatigorsk: Sevkavgirovodkhoz Institute, 2008, 396 p.

Ответственный редактор: С.С. Черноморец  
Edited by S.S. Chernomorets

Редакция английских аннотаций: К. Маттар и О. Тутубалина  
English versions of abstracts edited by K. Mattar and O. Tutubalina

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).  
Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman's book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-5-91266-010-8

© Селевая ассоциация  
© Институт «Севкавгипроводхоз»

© Debris Flow Association  
© Sevkavgirovodkhoz Institute



## **Ливневый сток на водосборах селевых очагов: детерминированное и детерминированно-стохастическое моделирование**

**Т.А. Виноградова<sup>1</sup>, Ю.Б. Виноградов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

<sup>2</sup>*Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург, Россия*

## **Storm runoff in the catchment areas of debris flow origination sites: deterministic and deterministic-stochastic modelling**

**T.A. Vinogradova<sup>1</sup>, Yu.B. Vinogradov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia*

<sup>2</sup>*State Hydrological Institute, Saint-Petersburg, Russia*

Представлена информация об использовании двух моделирующих систем – детерминированной «Сток-Эрозия-Загрязнение» и стохастической «Погода» для решения задач проблемы селевых потоков ливневого происхождения. В числе таких задач выделены две главные – локальные прогнозы селей и расчеты характеристик селей для нужд строительного и экологического проектирования.

We present information on the use of two modelling systems (deterministic system “Runoff – Erosion – Pollution” and stochastic system “Weather”) for modelling debris flows of rainstorm origin. They solve the following two main tasks: local debris flow forecasts and calculation of debris flow characteristics for the needs of construction and ecological design.

### *1 Вводная информация*

В Государственном гидрологическом институте нами уже многие годы разрабатываются и постоянно модернизируются две Моделирующие гидрологические системы – детерминированная (ДМГС «Сток-Эрозия-Загрязнение») и стохастическая (СМГС «Погода»). Первая МГС подробно описывает формирование стока и сопутствующие ему процессы, вторая генерирует суточные метеорологические величины в соответствии со всеми целесообразными вероятностными характеристиками и учетом взаимных, авто- и пространственных корреляций.

### *2 Постановка проблемы*

ДМГС дает нам возможность вычислять гидрографы стока воды и взвешенных наносов (за счет эрозии на поверхности водосборов) с суточным или любым другим шагом. Мы уверены в хорошей работоспособности ДМГС для речных бассейнов любого размера (от единиц до миллионов км<sup>2</sup>) и для любой природной зоны мира. Такое детерминированное моделирование позволяет получить результаты по наблюдаемым метеорологическим данным.

В рамках проблемы селей ДМГС позволяет получить для селевых бассейнов гидрографы стока и сопутствующие им гидрографы взвешенных (блок «Эрозия») и влекомых наносов (модель транспортного селевого процесса), а для водосборов селевых очагов – только гидрографы стока и уже далее с помощью модели транспортно-сдвигового селевого процесса гидрографы селевых потоков.

Мы говорим о возможности моделирования гидрографов стока и селевых потоков в плане пока что идеализированной схемы предположительного существования Службы наблюдений, прогнозирования и предупреждения. При этом аналитические центры таких Служб, ориентированные на отдельные избранные особо опасные объекты, должны получать непрерывную метеорологическую информацию (в первую очередь о начавших выпадать ливнях), немедленно поступающую в компьютеры такого центра, вычисляющие и воспроизводящие гидрографы притока вод в селевые очаги, и гидрографы селевых потоков на выходе из этих очагов. Под селевыми гидрографами понимаются как «гладкие» гидрографы, так и учитывающие солитонные эффекты.

Такие «сверхкраткосрочные» прогнозы селевых потоков ливневого происхождения вместе с более заблаговременными (например, учитывающими количественные метеорологические прогнозы) в принципе должны создать хорошую основу системы прогнозов опасных явлений в горах.

Использование (в дополнение к ДМГС формирования стока) СМГС «Погода» позволяет эффективно решать задачу расчета характеристик селевых потоков ливневого происхождения для нужд строительного и экологического проектирования. «Проигрывание» за десятки и сотни лет генерируемых последовательностей метеорологических величин и пересчет их в значения характеристик селевых потоков (объемы, максимальные расходы, плотности, скорости) позволяют получить интересующие всех проектировщиков кривые распределения названных характеристик. И вообще следует отчетливо понимать, что именно **детерминированно-стохастическое моделирование** – это будущее наших методов гидрологических и селевых расчетов «нового поколения».

### 3 Краткие сведения о ДМГС «Сток-Эрозия-Загрязнение»

При проектировании и конструировании ДМГС «Сток-Эрозия-Загрязнение» постоянно имелись в виду три основные идеи -

- необходимости достижения условного равновесия в поиске наиболее простых решений при стремлении адекватно отобразить природные процессы и закономерности;
- соблюдения принципа универсальности: весь набор возможных ситуаций в процессе формирования стока, речные бассейны любых размеров (от стоковой площадки до поверхности всей земной суши), любая географическая зона;
- ориентация на минимально возможную стандартную метеорологическую информацию.

Сущностное и алгоритмическое содержание описываемой ДМГС сильно отличается от большинства других известных нам моделей. Основные отличия касаются, в первую очередь, представлений о главнейших процессах формирования стока и способах их математического описания. К дополнительным достоинствам ДМГС «Сток-Эрозия-Загрязнение» мы относим использование концепции стокоформирующих комплексов (СФК) и стоковых элементов. Использование идеологии СФК позволяет организовывать и систематизировать основную массу параметров ДМГС. Что же касается теории стоковых элементов, то она приводит к достаточно адекватному описанию динамики воды в бассейнах, причем как на поверхности водосборов, так и в почве, и в подземных структурах. Обращаем также внимание на тот факт, что теория стоковых элементов попутно освобождает «моделирующую гидрологию» от известной проблемы масштаба.

Непосредственно моделированию предшествует большая и очень ответственная работа по надлежащему информационному обеспечению объекта моделирования – речного бассейна или группы бассейнов. Эта работа естественным образом может быть подразделена на две последовательные части – организацию внешней и внутренней (по отношению к ДМГС) информации.

Внешняя информация не связана непосредственно с самим процессом моделирования, но имеет прямое отношение к объекту моделирования. Она складывается из разного рода полезных сведений о последнем (специальная литература, разного рода карты и справочники). Внутренняя информация является необходимой и обязательной и состоит из набора величин, перечень которых жестко задан, поскольку все они присут-

ствуют в алгоритмах ДМГС или же необходимы при анализе самого моделирования и его результатов.

#### 4 Краткие сведения о СМГС «Погода»

Гидрологи очень по-разному представляют себе сущность и структуру тех стохастических моделей, которые должны обеспечить надлежащий метеорологический вход детерминированных моделей формирования стока. Будем называть их моделями погоды, понимая под последней состояние атмосферы с совокупностью тех метеорологических величин, без которых гидрологическое моделирование не может обойтись в принципе. Это осадки, температура и влажность воздуха.

В общем, виде создание такой модели представляется исключительно сложным. Даже только «разработка моделей суточных осадков для больших бассейнов, являющихся необходимой предпосылкой для детерминированных процессов расхода воды в реках, остается пока неразрешимой проблемой» (Кашьяп и Рао, 1983).

Несмотря на указанную сложность задачи, попытки, ее решения всегда оправданы. В данном случае СМГС с кодовым наименованием «Погода» призвана обеспечить вход ДМГС в рамках детерминировано-стохастического моделирования для получения кривых распределения характеристик стока (годовых, максимальных, минимальных, суточных расходов). Конструирование такой модели представляется важным этапом на пути создания системы методов гидрологических и селевых расчетов нового поколения. Очень важно понимать, что СМГС должна быть только универсальной. С ее помощью должны воспроизводиться пространственно-временные картины погоды в пределах речных бассейнов любых размеров и расположенных в любых географических условиях, в принципе ничем не отличающиеся от наблюдаемых. Другими словами, вход в ДМГС должен быть по своей форме строго одинаковым как при использовании наблюдаемых метеорологических данных, так и при получении таковых от СМГС «Погода».

Генерация метеорологических величин осуществляется в три этапа – моделирование последовательности годовых значений метеорологических величин, установление их климатического внутригодового хода и моделирование итоговой последовательности суточных значений всех метеорологических величин с учетом двух названных этапов предварительного моделирования. В целях упразднения разрывов (скачков) при переходе от года к году производится операция сглаживания последовательности годовых значений метеорологических величин. Закономерный годовой ход последних, как и любых периодических явлений, описывается одним из вариантов синусоидальной аппроксимации. Интерполяционное выражение такого рода с приемлемой точностью и допустимым для обобщений и систематизации числом параметров целесообразно ограничить двухгармоническим приближением.

Для того чтобы получить в результате стохастического моделирования достоверную пространственно-временную картину погоды для конкретной территории, сначала нужно внимательно изучить ее эмпирический прообраз – запись реальной погоды, ретроспективно развернутой перед нами день за днем за достаточно продолжительный период времени. Ведь возможно более подробное подражание природе, достигаемое с помощью имеющихся в нашем распоряжении математических и вычислительных средств, при решении поставленной задачи – наш единственный шанс приблизиться к реальности.

Необходимая информация для оценки параметров СМГС и, тем самым, для последующей генерации погоды, как совокупность некоторых метеорологических величин, – это многолетние ряды последних с суточным разрешением. Для реализации поставленной задачи для конкретной территории, например речного бассейна, такие ряды, желателен за общий для всех метеорологических станций, расположенных в пределах этой территории и близко к ее границам с внешней стороны, период, должны быть надлежащим образом организованы в информационной базе СМГС.

Таким образом, для каждой метеорологической станции территории формируются многолетние календарные последовательности следующих метеорологических величин:

- суточных сумм осадков (со слоем  $H \geq 1$  мм),

- суточной температуры воздуха,
- суточных значений относительной влажности воздуха.

Процедура подготовки данных и оценки параметров СМГС ведется по очереди для каждого элемента моделируемой погоды.

### *5 Некоторые нетривиальные выводы*

Мы рассказали о принципиальных методических возможностях развития способов расчета и прогноза селевых потоков и других опасных явлениях в горах. Но эти возможности должны сопровождаться нестандартными для гидрометеорологии и селеведения усилиями и действиями – по организации гидрометеорологической и иной сети, по немедленному развитию экспериментальных и полевых исследований, по техническому и нестандартному программному обеспечению создаваемых технологий, а главное по созданию работоспособного коллектива компетентных энтузиастов.

Если не будут приложены понимание и добрая воля лиц, принимающих решения на разных уровнях, то все наши потенциальные возможности повиснут в воздухе и кому-то когда-то придется начинать все с начала. Посудите сами, допустим, что нам нужна гидрометеорологическая сеть в горах, но если она не будет организована теми, от кого это зависит, то сети так и не будет. Если разработки новых методологий и их внедрение в жизнь по проблеме селевых потоков и других катастрофических природных явлений не будут поддержаны (а это – средства и люди, которых еще надо обучить и подготовить), а останутся на совести нескольких равнодушных человек, лишенных возможности воплотить в жизнь свои идеи, то не будет ни надежных методов, ни расчетов, ни прогнозов, ни селезащиты...

### *Список литературы*

Кашьяп Р.Л., Рао А.Р. Построение динамических стохастических моделей по экспериментальным данным. Москва: Наука, 1983, 384 с.