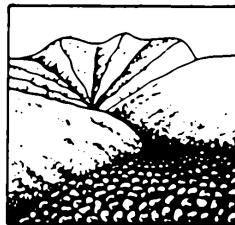


Труды Международной конференции

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Пятигорск, Россия, 22-29 сентября 2008 г.



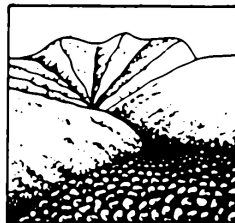
Ответственный редактор
С.С. Черноморец

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: Sevkavgiprovodkhoz 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: Geografiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-5-91266-010-8

© Селевая ассоциация
© Институт «Севкавгипроводхоз»

© Debris Flow Association
© Sevkavgiprovodkhoz Institute



Ледниково-подпрудные озера и гляциальные суперсели в горах Алтая и Саян в позднем вюрме: обзор

А.Н. Рудой

Томский государственный университет, Томск, Россия

Ice-dammed lakes and glacial debris super-flows in the Altay and the Sayan Mountains in late Wurm: a review

A.N. Rudoy

Tomsk State University, Tomsk, Russia

Почти все межгорные котловины Южной Сибири и Северной Монголии становились в ледниковые эпохи плейстоцена ледниково-подпрудными озерами. Вслед за климатическими и гидростатическими изменениями ледниковых плотин заполнения-опорожнения котловинных озер происходили систематически, а сбросы озерных вод были катастрофическими. Сразу за деформациями плотин и сбросом озер, согласно сохраняющимся климатическим условиям, ледники вновь выдвигались в магистральные долины стока и подпруживали котловины. Ледники-плотины возникали за счет сарджей ледников-притоков в главные долины. Крупнейшие котловинные озера (Чуйское, Курайское, Уймонское, Дархатское и др.) имели объемы в сотни кубических километров, а расходы прорывных паводков - миллионы кубических метров в секунду. Эти потоки трансформировали долины стока, создавая новые геологические тела, датирование которых показало наличие крупных потопов по долинам рр. Чуи и Катунь в интервале 23–7 тыс.л.н., в течение которого произошло не менее 5 крупных дилuviальных события. Суммарный объем воды, одновременно и неоднократно сбрасывавшейся на юг Западной Сибири только из котловин Алтая, составляла до 10 тыс. км³. Все котловины Южной Сибири могли периодически поставлять на север около 60 тыс. км³ паводковых вод.

Nearly all intermountain depressions in South Siberia and North Mongolia hosted ice-dammed lakes during the Pleistocene ice ages. Climatic changes and hydrostatic alterations of the ice dams were followed by repeated fillings and releases of the basin lakes. The lake outbursts had a cataclysmic character. In accordance with climatic conditions, the glaciers would protrude again into the main drainage valleys immediately after dam deformations and lake outbursts and would again dam the basins. Ice dams were built by surges. The greatest of the lakes (Lakes Chuya, Kuray, Uymon, Darkhat and others) achieved volumes up to hundreds of cubic kilometres, while the discharges of the outburst floods reached millions of cubic metres per second. These floods transformed the drainage valleys, repeatedly building new geologic bodies. The dating of the latter proves the occurrence of large-scale floods in the Chuya and the Katun River valleys in the interval between 23 and 7 thousand years ago. During that period there were at least five large-scale diluvial events. Enormous water masses were drained simultaneously and repeatedly towards the south of West Siberia. The total water volume out of the Altay basins only used to reach 10 thousand cubic kilometres. With some periodicity, all of the basins of South Siberia were able to deliver northwards about 60 thousand cubic kilometres of flood waters.

К гляциальным суперселям я отношу прорывные потоки с расходами более 100000 м³/с, которые в западной литературе получали разные названия “mega-floods”, “glacial outbursts floods”, “cataclysmic superfloods” и т.д. В отечественной литературе мы применяем термин «дилuviальные потоки», исходя из дословного перевода латинского

слова «дилювий», т.е. потоп, наводнение (Рудой, 2005). Этот термин уже применяют сейчас и на западе для обозначения катастрофических суперпаводков из прорвавшихся гигантских ледниково-подпрудных озер в основном плейстоценового возраста, причем не только в научных работах, но и в учебниках (из последних – Huggett, 2007). Дилювиальными названы и поля гигантских знаков ряби, обнаруженные недавно на плато Цербера на Марсе (работы D.M. Burr, N. Lancaster и др., 2000-е годы).

Еще в последней трети 20-го века считалось, что в мире имеется единственная территория, экзотический рельеф которой был создан многочисленными прорывными суперпаводками из позднечетвертичного ледниково-подпрудного озера Миссула (Baker, 1973). Эта территория была названа Channeled Scabland, сама история Миссулы считалась уникальной и к концу века была описана во всех западных учебниках, атласах, и даже в книгах для детей. В начале этого века компания BBC выпустила фильм о прорывах этого озера, который прошел и по российским каналам и разошелся на DVD. В США имеется «Общество друзей озера Миссула».

В 1980-е годы на Алтае и в Туве был открыт весь набор геолого-геоморфологических следов работы позднечетвертичных дилювиальных потоков из гигантских котловинных ледниково-подпрудных озер, известный в Channeled Scabland, и миссульские прорывы перестали, таким образом, быть феноменальными и единственными на Земле. Самыми интересными среди впервые описанных в Сибири были гигантские знаки ряби течения на левобережье р. Катунь в предгорьях Алтая (Рудой, 1984). За прошедшие 25 лет автором была сформулирована теория дилювиального морфолитогенеза, согласно которой главной особенностью гигантских ледниково-подпрудных озер являлась кратковременность их существования (дни–недели–годы–десятилетия), поскольку эти озера возникали и возникают за счет ледникового подпруживания каналов талого стока в горных котловинах и речного и талого стока на равнинах. При достижении критического уровня озера уничтожают частично или полностью ледниковые плотины и катастрофически прорываются. Гигантские котловинные ледниково-подпрудные озера в горах и приледниковые подпрудные озера на равнинах продуцировали при этом в плейстоцене супермощные по земным меркам потоки. Территории влияния этих потоков (скэбленды) геологически мгновенно трансформировались так, что предшествующий рельеф часто полностью изменялся. При этом образовывались новые, дилювиальные, типы и формы рельефа и отложения, седиментологический и морфометрический анализ которых дает возможность решения обратной гляциологической задачи – по геологически восстановленным гидравлическим характеристикам паводковых образований установить объем талого стока питавших соответствующие озера ледников и размеры самих ледников. В дилювиальном морфолитологическом комплексе были выделены дилювиально-эрозионные (спиллвеи, ущелья прорыва и заплеска, лишенные рыхлого чехла промытые дилювиальные каньоны), дилювиально-эвразионные (главным образом – «сухие водопады») и дилювиально-аккумулятивные образования. Среди последних наибольший интерес представляют гигантские знаки ряби течения, дилювиальные террасы (рис. 1) и бермы. Уничтоженные механически, ледники-плотины, в соответствии с климатическими условиями, через неопределенные промежутки времени вновь стремились блокировать сток, и межгорные котловины и расширения речных долин вновь заполнялись водой до тех пор, пока не были превышены пределы устойчивости плотин и (или) высота последних. После этого следовали немедленные сбросы озер. Механизмы таких сбросов могли быть различными. Механизмы подпруживания, как предполагает автор, могут реализовываться почти без исключений одним способом – ледниковыми пульсациями-сердцами.

История заполнения межгорных котловин и их прорывов повторялась до тех пор, пока климатические условия не изменялись настолько, что ледники-притоки переставали покидать свои долины и переставали перегораживать магистральные долины стока. В этом – суть теории дилювиального морфолитогенеза.

Сегодня исследованы десятки древних ледниково-подпрудных котловинных озер Южной Сибири, следы которых (включая и геологические следы прорывов) изучались многочисленными, в том числе – и международными экспедициями. Принципиально нового зарубежные экспедиции в теорию не внесли, были несколько уточнены, и то – не бесспорно, некоторые цифры в отметках террас, размерах озер и гидравлических параметров прорывных паводков. Главные характеристики крупнейших плейстоцено-

вых горных ледниково-подпрудных озер представлены в табл. 1 (Рудой, 1997; O'Connor, Costa, 2004).



Рис. 1. 240-метровая дилuviальная преимущественно дресвяно-щебнистая толща Чуйско-Курайского суперпаводка, бронировавшая долину р. Иня, правого притока р. Катунь. Возраст поверхности толщи – около 15 тыс. лет.

Таблица 1. Главные характеристики крупнейших четвертичных ледниково-подпрудных озер мира.

Наименование озера или системы озер	Площадь, 10^3 км^2	Глубина, м	Максимальный объем, км^3	Мощность ледниковой плотины, м	Максимальный расход, $10^5 \text{ м}^3/\text{с}$
Чуйско-Курайская, Алтай	до 9*	900	3500	более 900	180
Миссула, Сев. Америка	7,5	635	2514		170
Дархатское, Монголия	2,6	200(?)	250	430	4,0
Уймонское, Алтай	0,12	200	200	217	1,9
Агассица, Сев. Америка					12
Бонневиль, Северная Америка					10

*- в предыдущих работах эта цифра была преувеличена.

Примечание. При нашей оценке абсолютных высот зеркала Чуйско-Курайского озера в 2200 м по озерным террасам его объем составляет 1010 км^3 . Максимальные размеры этого водоема установлены по отметкам водораздельных спиллвеев, дилuviальных отложений на седловинах, где происходили частичные сбросы озера в соседние бассейны при переполнении озерных ванн. Береговые линии на коренных склонах впадин на этих этапах не формировались, поскольку озера контактировали с ледниками (озера в ледяной ванне, по выражению С.Л. Вендрова).

Расходы прорывных паводков (табл. 1) рассчитывались по программе НЕС-2 (Baker et al., 1993), а над полями гигантской ряби – по гранулометрии и весу крупнейших валунов, согласно зависимостям В.Р. Бейкера (Baker, 1973). J. Herget (2005) рассчитал гидравлические параметры чуйско-курайских прорывов по программе НЕС-RAS-3. для другого участка канала стока и получил расходы воды в 8 – 12 млн. $\text{м}^3/\text{с}$ (до 20,5 млн.) при максимальной скорости в 72 м/с. Все эти расчеты основывались на решения уравнения удельной энергии, выведенного из уравнения Бернулли для установившегося, плавно изменяющегося течения. Сейчас ведутся расчеты расходов дилuviальных потоков по программе НЕС-RAS-4. для неустановившегося течения. Скоро эти

результаты будут опубликованы (Рудой, Земцов, 2008). Расходы воды в потоках, отнесенных от стрежня (над полями гигантских знаков ряби течения и на участках круговоротов воды в котловинах) составляли сотни тысяч м³/с на разных участках и представляют сходимые оценки у различных исследователей (работы автора, В.В. Бутвиловского, В.Р. Бейкера, П.А. Карлинга).

Проблема количества суперпотоков с расходами свыше 1 млн. м³/с решалась на основе структурно-текстурного анализа дилювиальных и озерно-ледниковых отложений в долинах Чуи, Катун и Бии и абсолютных датировок, полученных как по этим отложениям ¹⁴C-анализом и TL-методом, так и ¹⁰Be-методом по дронстоунам, лежащим на днищах котловин и поверхности дилювиальных террас. Предварительный анализ этих данных с учетом последних публикаций (Рудой и др., 2006) позволяет наметить хронологию водноледниковых потопов на Алтае: около 7 тыс. л.н.; около 12 тыс. л.н.; около 15 тыс.л.н.; около 17 тыс. л.н.; после 22 тыс. л.н. и после 23 тыс. л.н. В действительности, паводков с расходами более 1 млн. м³/с было гораздо больше, поскольку каждый прорыв котловинного ледниково-подпрудного озера мог следовать сразу же за подпруживанием котловин и блокированием стока. Ошибки же определения абсолютного возраста паводковых событий на несколько порядков превышают длительность водноледниковых катастроф, которая на пике гидрографа составляла от нескольких минут и дней (Rudoy, 2002; Herget, 2005) до нескольких недель (работы П.Э. Карлинга).

Все котловины Южной Сибири могли катастрофически и одновременно поставлять на север около 60 тыс. км³ паводковых вод. Возможны два палеогидрологических сценария:

1) регулярное поступление огромных масс воды в поздне- и послеледниковое время в акваторию Полярного бассейна в случае отсутствия ледниковой преграды на севере Азии, которая блокировала бы сток Оби и Енисея;

2) регулярный и катастрофический сброс колоссального количества вещества и энергии на юго-запад, через Мансийское ледниково-подпрудное озеро в Западной Сибири, Тургайский, Узбойский и Манычский спиллвеи в бассейн Средиземного моря.

Оба сценария подразумевают сильные изменения температуры, солености и циркуляции в соответствующих секторах Атлантики или Северного океана.

Резюмируя, отметим, что в реконструированной, крайне агрессивной природной среде в позднем плейстоцене и раннем голоцене южного обрамления Западной Сибири огромной важности проблему представляет восстановление реакции биоты на палеогеографические изменения, причем как отдельных видов, так и сообществ.

Список литературы

- Рудой А.Н. Гигантская рябь течения – доказательство катастрофических прорывов гляциальных озер Горного Алтая. – Современные геоморфологические процессы на территории Алтайского края. Конференция. Бийск, 1984, с. 60–64.
- Рудой А.Н. Основы теории дилювиального морфолитогенеза. – Известия Русского географического общества, т. 129, вып. 1, 1997, с. 13–21.
- Рудой А.Н. Гигантская рябь течения (история исследований, диагностика и палеогеографическое значение). Томск: Изд-во ТГПУ, 2005, 224 с.
- Рудой А.Н., Браун Э.Г., Галахов В.П., Черных Д.В. Новые абсолютные датировки четвертичных гляциальных паводков Алтая. – Известия Бийского отд. Русского географического общества, вып. 26, 2006, с. 148–151.
- Baker V.R. Palaeohydrology and sedimentology of Lake Missoula flooding in eastern Washington. – Geological Society of America. Special Paper, vol. 144, 1973, 79 p.
- Baker V.R., Benito G., Rudoy A.N. Palaeohydrology of late Pleistocene Superflooding, Altay Mountains, Siberia. – Science, vol. 259, 1993, p. 348–350.
- Herget J. Reconstruction of Pleistocene Ice-Dammed Lake Outburst Floods in the Altai Mountains, Siberia. – Geological Society of America. Special Paper 386, 2005, 118 p.
- Huggett R.J. Fundamentals of Geomorphology. London & New York: Routledge, 2007, 458 p.
- Rudoy A.N. Glacier-dammed lakes and geological work of glacial superflooding in the Late Pleistocene, Southern Siberia, Altay Mountains. – Quaternary International, vol. 87/1, 2002, p. 119–140.