



## Водокаменные сели Горного Алтая в неоплейстоцене

Г.Я. Барышников

*Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия, bgj@geo.asu.ru*

**Аннотация.** Особое место среди экстремальных событий занимают селевые природные катастрофы, связанные с климатическими изменениями. Они недостаточно изучены и часто бывают непредсказуемыми. Современные гидрологические явления на Алтае, в виде наводнений, но значительно меньшего масштаба, по сути, являются аналогами катастрофических сбросов вод из древних приледниковых озер, происходивших в позднем неоплейстоцене. Реконструкция таких процессов является не менее важной задачей, чем изучение современных паводков. Расшифровка механизма катастрофического сброса огромных масс воды, в виде водокаменных селевых потоков, поможет смоделировать и предупреждать современные катастрофы. Экстремальные события в Горном Алтае в прошлом наиболее широко проявлялись на крупных магистральных реках – Бии и Катунь и были связаны с прорывами приледниковых озер. Масштабность таких событий поражает своей грандиозностью и влиянием на прилегающие к горам территории. При изучении геоморфологического строения долины р. Бии и ее продолжения - акватории Телецкого озера, было установлено, что в верхнем неоплейстоцене котловина была заполнена льдом. Потепление климата вызвало деградацию ледника, которая началась, по данным оптико-люминесцентного датирования около 37 тысяч лет назад. Существование конечной морены у истока Бии и дальнейшее таяние льда привели к накоплению огромных масс воды, более чем в два раза превышающих современный объем. Дальнейший прорыв конечной морены и обеспечил образование водокаменного селевого потока. Аналогичное событие происходило и в долине Катунь, вызвавшее перемещение значительных объемов обломочного материала, образование террас врезания, формирование в центральной части Горного Алтая и при выходе Катунь из гор, так называемых «гигантских рябей течения», происхождение которых в настоящее время широко обсуждается в научной литературе.

**Ключевые слова:** водокаменные сели, приледниковые озера, неоплейстоцен, Горный Алтай, природные катастрофы

**Ссылка для цитирования:** Барышников Г.Я. Водокаменные сели Горного Алтая в неоплейстоцене. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 6-й Международной конференции (Душанбе–Хорог, Таджикистан). Том 1. – Отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. – Душанбе: ООО «Промоушн», 2020, с. 355–362.

## Neopleistocene debris flows in Gorny Altai

G.Ya. Baryshnikov

*Altai State University, Barnaul, Russia, bgj@geo.asu.ru*

**Abstract.** A special place among extreme events is occupied by mudflow natural disasters associated with climate change. They are poorly understood and often unpredictable. Modern hydrological phenomena in Altai, in the form of floods, but on a much smaller scale, are, in fact, analogues of the catastrophic discharges of water from ancient glacial lakes that occurred in the late Neopleistocene. The reconstruction of such processes is no less important than the study of modern floods. Deciphering the mechanism of catastrophic discharge of huge masses of water, in the form of stone-water mudflows, will help to model and prevent modern catastrophes. Extreme events in the Altai Mountains in the past were most widely manifested on the major main rivers, Biya and Katun, and were associated with breakthroughs of glacial lakes. The magnitude of such events is striking in its

grandeur and impact on the territories adjacent to the mountains. When studying the geomorphological structure of the valley. Biy and its continuation - the waters of Lake Teletskoye, it was found that in the upper Neopleistocene the basin was filled with ice. Climate warming caused the degradation of the glacier, which began, according to optical-luminescent analysis, about 37 thousand years ago. The existence of a terminal moraine at the source of Biy and further melting of ice led to the accumulation of huge masses of water, more than twice the current volume. A further breakthrough of the terminal moraine also ensured the formation of a water-stone mudflow. A similar event took place in the Katun valley, which caused the displacement of significant amounts of clastic material, the formation of cutting terraces, the formation of the so-called "giant ripple signs" in the central part of Gorny Altai and when Katun exited the mountains, the origin of which is currently widely discussed in the scientific literature.

**Key words:** *debris flows, glacial lakes, Neopleistocene, Gorny Altai, natural disasters*

**Cite this article:** Baryshnikov G.Ya. Neopleistocene debris flows in Gorny Altai. In: Chernomorets S.S., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe–Khorog, Tajikistan). Volume 1. Dushanbe: “Promotion” LLC, 2020, p. 355–362.

## Введение

После распада Советского союза Горный Алтай становится одним из высочайшим горным сооружением России, на территории которого выделяется почти весь комплекс географической высотной поясности – от полупустынь во внутригорных котловинах до ледниковых образований высокогорий. Необходимо отметить, что экзогенным процессам в горах Алтая, к сожалению, исследователи уделяли недостаточное внимание. Тем не менее эти процессы могут создавать угрозу для человека в местах его проживания. Среди таких процессов особо выделяются сейсмоползни, медленное перемещение почвогрунтов по склонам, образование обвалов, вывалов, осыпей и селей. Но особое место среди экстремальных событий занимают природные катастрофы, поскольку они мало изучены и, следовательно, часто являются непредсказуемыми. Современные гидрологические катастрофы, по сути, это аналоги катастрофических сбросов приледниковых вод из древних озер на Алтае в позднем неоплейстоцене. Поэтому изучение таких явлений становится не менее важной задачей, чем наблюдаемые события в настоящем.

## Цели и задачи

Цель исследования заключалась в реконструкции катастрофических событий, происходивших на Алтае в неоплейстоцене. Для достижения поставленной цели, нами на протяжении многих лет организовывались экспедиции, задачами которых было изучение особенностей геоморфологического строения долин магистральных рек – Катунь и Бии и основного современного водоёма – Телецкого озера. Полученные результаты способствовали выработке представлений о преобразовании рельефа под действием катастрофических сбросов значительных масс воды по долинам этих рек в верхнем неоплейстоцене, в результате прорыва приледниковых озер, объемы которых были невероятно большими.

## Материалы и методы исследования

Российский Алтай является одним из регионов мира, где доказательно было признано существование в прошлом катастрофических водных потоков - самых крупных из известных пресноводных наводнений, по рекам которых сбрасывалось свыше 1 млн м<sup>3</sup>/с [Baker, 2013]. Более трех десятилетий назад на Алтае впервые были обнаружены «гигантские ряби течения» в долине Бии [Барышников, 1979, 1992], а также

в долинах рек Башкауса, Чуи, Катуня и в западной части Курайской степи [Бутвиловский, 1982, 1985; Окишев, 1982; Рудой, 1984], свидетельствующие о грандиозности таких событий. Но ряд исследователей придерживаются и другой точки зрения о том, что эти особенности являются специфическими фациями ледниковых образований [Борисов, Минина, 1979; Окишев, 2011; Зыкин, Зыкина, 2018; Зыкин и др., 2018]. Однако большинство ученых интерпретируют их как свидетельство катастрофических наводнений в результате прорыва вод из больших приледниковых озер, образованных вследствие закупорки выходящими из речных долин-притоков ледниками.

Затем появились дополнительные свидетельства прорыва приледниковых озер с образованием водосливов через отроги горных хребтов и дальней транспортировки гигантских блоков горных пород, оторванных от склонов долин рек. Палеогидравлические оценки [Baker *et. al.*, 1993; Herget, 2005; Carling *et. al.*, 2010] позволяют устанавливать катастрофические наводнения на Алтае с глубиной потока до 400 м и скоростью движения в 20–25 м/с, с выбросом до 10–20 млн м<sup>3</sup>/с водного субстрата, с близкими по величине с хорошо известным наводнением на р. Мизула в западной части США [Baker, 2009].

Для изучения такого явления нами проводилось картирование надпойменных террас на Бии и Катуня. Производился отбор проб на спорово-пыльцевой и палеокарпологический виды анализов. Для установления возраста отложений в террасовых комплексах применялось радиоуглеродное датирование по <sup>14</sup>C и датирование с помощью оптически стимулированной люминесценции. С помощью георадарного профилирования подробно изучались территории, на которых были обнаружены гигантские ряби течения [Барышников и др., 2017].

Многочисленные исследования катастрофических паводков на Алтае до сих пор были сосредоточены на изучении прорывов древних подпрудных озер в Чуйском и Курайском бассейнах в Юго-Восточном Алтае, через долины Чуи и Катуня. Гораздо меньше внимания уделялось изучению другой речной системы Оби – долине Бии. Как нами было установлено [Барышников, 1992], катастрофический паводок в долине этой реки имел другой механизм, в отличие от системы Чуйско-Катунского паводка, где катастрофический поток возник, как мы уже отмечали выше, от прорыва плотин, образованных ледниками, спускавшихся из боковых долин-притоков. В системе р. Бия-Телецкое озеро ледник занимал широтный отрезок ложа будущего водоема, а древнее подпрудное озеро образовалось перед конечной мореной после таяния ледника в верхнем неоплейстоцене.

В то время уровень Телецкого озера превышал современный на 210 м, поскольку единственная водная артерия – р. Бия, по которой происходил сток, была перегорожена конечной мореной. Масса воды увеличилась примерно вдвое, что подтверждается максимальными высотными отметками боковых морен. Для поднятия уровня воды не потребовалось слишком много времени. Подсчитано, что даже при современном притоке из рек, впадающих в озеро достаточно было семи лет, для того чтобы накопилось около 40 км<sup>3</sup> воды. Переполнение ванны Телецкого озера тальными ледниковыми водами и наличие моренной запруды, внутренние части которой были ослаблены присутствием блоков и линз погребенного льда, создали условия для катастрофического сброса вод и рыхлого обломочного материала в виде своеобразного селевого водокаменного потока, скорость которого, подсчитанная по формуле Тьери, составила 7,0–7,5 м/сек. Такая скорость обеспечивала перенос обломков пород массой свыше 8 т и объемом более 3 м<sup>3</sup>.



Рис. Эрратический валун из размытой конечной морены у истока р. Бии

Fig. Erratic boulder from the eroded terminal moraine at the source of the Biya River

Примерно такие же показатели скоростей получил [Ефимцев, 1961] для горных рек, используя в своих расчетах известный закон Эри. Подобные условия переноса крупных валунов были описаны в Пеннинских горах [Carling, 1983] и в отрогах Скалистых гор Северной Америки [Eisbacher, 1978]. Значительная скорость перемещения обломочного материала обеспечивалась, по-видимому, большим перепадом высот между зеркалом подпруженного озера и дном ниже расположенной долины реки.

### Результаты и их обсуждение

Анализируя полученные данные, мы считаем, что отступление ледника началось около 37 тысяч лет назад, что подтверждено ОСЛ датированием, и в дальнейшем привело к образованию Телецкого озера, по крайней мере, его северного широтного участка. Эта дата рассматривается нами как время начала формирования современного водоема. Она удивительно близко совпала с расчетами геологов [Бубличенко, 1939], которые считали, что возраст озера составляет 36 тысяч лет. Начальный постледниковый уровень озера был определен конечной мореной, которая представляла собой плотину, расположенную у истока р. Бии, с абсолютной отметкой рельефа в 570 м над уровнем моря. Этот уровень соответствовал также максимальной высоте террасы в пос. Яйлю (560-580 м над уровнем моря). Отложения начальной стадии Телецкого озера представляет слой Ch3 в разрезе руч. Чеченек на яйлюнской террасе, накопленный при глубине воды более 100 м. Вскоре после этого уровень озера снизился до отметок менее 470 м абсолютной высоты. Это было вызвано быстрым сбросом воды из бывшего водоема в результате прорыва конечной морены. Данное событие в долине р. Бии являлось катастрофическим [Барышников, 1992, 2012].

Формирование террас Бии происходило за короткий промежуток времени. Палеогляциологические и палеогеографические построения, новые радиоуглеродные даты свидетельствуют о том, что геохронология основных событий в истории развития долины верхней Бии укладывается в 20 тысяч лет. Это подтверждают наблюдения, проведенные нами в предгорьях Алтая [Барышников, 1984]. В интервале 20-16 тысяч лет, возможно раньше, конечная морена размывается, обломочный материал селевым водокаменным потоком выносится в долину р. Бии, а по притокам Бии накапливаются озерно-подпрудные осадки, по которым была получена серия радиоуглеродных дат, укладываемых в этот временной интервал.

Так, в районе с. Новотроицкое по р. Пыжа (левый приток Бии) в основании 9-метровой террасы обнажаются тонкослоистые глины с мощностью отдельных слоев до 2-3 см. Эти глины сменяются мелким горизонтально-слоистым галечником с

прослоями глин мощностью 0,5-1,0 см. Выше по разрезу отмечается переслаивание галечников, мелкозернистых песков и глин. Перекрывается разрез метровым слоем темно-серых суглинков. Из тонкослоистых глин Е.А. Пономарева выделила семенную флору, указывающую на холодные условия осаждения вмещающих осадков. Споры и пыльцу из этого же разреза изучала Л.И. Ефимова. Выделенные ею комплексы отражают развитие осоково-разнотравных лугов с зарослями папоротников и указывают на достаточно влажный прохладный климат. Абсолютный возраст древесины, отобранный у уреза воды из тонкослоистых озерных глин, показал  $16120 \pm 80$  лет (СОАН-1864).

Близкая по возрасту дата получена из голубовато-серых глин, фациально замещающих осадки пыжинской озерно-подпрудной террасы. Проба была отобрана из шурфа, пройденного в одном километре от вышеописанного обнажения по руч. Томожу. Вскрытые глины характеризуют последнюю стадию накопления озерных осадков, растительные остатки из которых имеют абсолютный возраст  $15270 \pm 60$  лет (СОАН-2017).

Объем накопленной массы воды в древнем Пыжинском озере, по нашим расчетам составил  $1,5 \text{ км}^3$ . При этом глубина его была около 50 м, длина 17,5 км и ширина 1,5 км. Контуры бывшего водоема реконструированы по фрагментам террасы, которая по мере удаления от устья р. Пыжа вверх по течению с 60-метровой отметки снижается до 15 м и затем сходит на нет.

Типично озерно-подпрудные осадки наблюдались в 2,5 км от устья р. Саракочша (левый приток Бии). Здесь в основании и средней части 40-45-метровой террасы вскрываются горизонтально-слоистые, с прослойками супесей, мелкозернистые пески. В 1,1 км по ручью (правый приток Бии) ниже с. Кебезень, в разрезе четвертой надпойменной террасы, Е.А. Пономарева выделила семенную флору, которую следует отнести к позднему неоплейстоцену. К такому же выводу пришла и Л.И. Ефимова, изучая спорово-пыльцевые комплексы. Ксерофильный и мезофильный облик моллюсков подтвердил и Е.А. Новиков [*Барышников, 1992*]. Абсолютный возраст древесины, отобранный из основания обнажения, датируется по радиоуглероду  $14980 \pm 70$  лет (СОАН-1863).

Озерно-подпрудные отложения были изучены по р. Лебедь (правый приток Бии), где под современной почвой залегают переслаивающиеся с грубозернистым песком галечниковые осадки. Из мелкой фракции косо- и горизонтально-слоистых глин В.А. Панычевым по древесине была получена радиоуглеродная дата  $16750 \pm 70$  лет (СОАН-576) [*Барышников, 1973*].

Перепополнение селевыми водно-каменными отложениями долины Бии привело к изменению первоначального базиса эрозии этой реки, а стремление к первичному базису эрозии привело к формированию надпойменных террас врезания выше по течению. За последующие 1,0-1,5 тысячи лет после селевой катастрофы сформировалась пятая и четвертая надпойменные террасы. Примерно столько же времени потребовалось на образование третьей и второй надпойменных террас. На рубеже верхнего неоплейстоцена и голоцена, а возможно, и в голоцене формируется первая надпойменная терраса. Две тысячи лет назад начала развиваться пойма.

Сохранившиеся после террас врезания перемычки, отделяющие долины притоков от основной реки, в которых также происходило накопление водной массы, были разрушены, образовавшиеся подпорные озера были спущены. Следы от таких паводков отмечены в виде своеобразного грядового рельефа, аналогов гигантских рябей течения, на поверхности четвертой надпойменной террасе в долине Бии выше устья левого притока р. Пыжа в районе горы Волчий Зуб [*Барышников, 1979*].

Позднее на этот феномен обратили внимание российские и зарубежные исследователи [*Рудой, 1984; Бутвиловский, 1985; Carling, 2015; Herget, 2015 и др.*]. В дальнейшем эти же ученые приводили обоснования для подтверждения своей точки зрения, используя в основном геологические, геоморфологические, радиоуглеродные, палинологические и сопоставительные методы исследования. Инструментальных наблюдений из-за отсутствия в то время приборной базы не проводилось. В 2015 г. как в Курайской котловине, так и в Яломанском расширении долины Катунь и в районе с.

Платово в предгорьях Алтая нам удалось с помощью GPS-профилей выполнить георадарную съемку грядовых полей, результаты которой, полученные в 2016 г., подтвердили наши предположения о водном происхождении гряд в результате спуска приледникового озера [Барышников и др., 2017].

Правда, о водном происхождении гигантской ряби течения в 2007 г. писали в своей работе и [Поздняков, Тимофеев, 2007], в которой авторы полемизируют относительно гипотезы о катастрофическом характере формирования рельефа гряд в Курайской котловине во время спуска приледникового озера, полагая, что грядовый рельеф – это эрозионная деятельность сравнительно мелких водотоков, образовавшихся в результате таяния ледников.

В Курайской котловине нами были обследованы два участка, где грядовые поля располагаются в нижней части дна впадины вблизи от голоценового долинного комплекса Чуи. Гряды относятся к типу двухмерных, а их гребни вытянуты в субмеридиональном направлении. Ввиду значительных размеров грядового поля и ясных визуальных отличий в параметрах гряд было заложено два профиля в разных его частях – северном и южном. Профили проложены в направлении с запада-юго-запада на восток-северо-восток, в целом перпендикулярно гребням гряд, по направлению движения предполагаемого палеопотока. С юга на север дно впадины в пределах грядового поля значительно снижается: профиль 2 располагается в среднем на 25–30 м гипсометрически ниже профиля 1. Таким образом, направление потока, сформировавшего гряды, было перпендикулярным уклону дна впадины.

Проведенные исследования позволяют закрыть вопрос о происхождении гигантских валунных гряд в Чуйско-Курайской системе. Как морфометрические параметры, так и внутреннее строение гряд свидетельствует об их образовании в ходе водного транспорта отложений, слагавших дно Курайской впадины. Остаются вопросы о параметрах, происхождении и времени проявления этих водных потоков, но гипотезы о ледниковом (ребристая морена) или эрозионном (остаточные гряды при эрозионном расчленении) происхождении гигантских гряд серьезному обсуждению уже не подлежат.

Грядовые поля на дне Курайской котловины обнаруживают противоположные закономерности в изменении морфометрических параметров по длине профилей (по течению палеопотока): в первом случае высота, крутизна и асимметрия гряд в целом уменьшаются вниз по течению, во втором – растут. Эти различия свидетельствуют о разной природе потоков, формировавших гряды. Параметры гряд Курайской котловины указывают на то, что наиболее вероятным механизмом образования этих гряд было возникновение сильного течения при спуске водоема, заполнявшего впадину. Для Курайского грядового поля сделана оценка, согласно которой формирование гряд началось на той стадии спуска водоема, когда его поверхности в районе дна впадины находились на уровне порядка 1600 м абсолютной высоты, а глубина в пределах грядового поля изменялась от первых метров до 80–100 м. Георадарные данные свидетельствуют о возможной инверсии направления течения на последнем этапе формирования гряд и начале перестройки грядового поля в обратном направлении.

В отличие от Курайской котловины, георадарные профили на низких террасах в долине р. Катунь располагались в другой геоморфологической ситуации. Они вырабатывались не пластовыми, как в Курайской впадине, а русловыми потоками. Профиль 4 расположен на 40-метровой террасе на левом берегу между пос. Иня и М. Яломан. Длина профиля 670 м, он зафиксировал 18 гряд, средний шаг – 37 м.

Профиль 5 проложен на левобережной второй надпойменной террасе (20 м) у с. Платово, на выходе Катунь из гор. Длина грядовой части профиля – 400 м, число пересеченных гряд – 17, средний шаг – 82 м, что соизмеримо с параметрами Курайского грядового поля.

Грядовые поля в долине Катунь обнаруживают иные связи морфометрических параметров. В отличие от Курайских гряд, Малояломанское грядовое поле показывает рост вниз по течению как высоты гряд, так и их крутизны и показателя асимметрии. Те же закономерности, хотя и менее четко, демонстрирует Платовское грядовое поле.

## Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволяют закрыть вопрос о происхождении гигантских валунных гряд в катунской системе. Как морфометрические параметры, так и внутреннее строение гряд свидетельствуют об их образовании в ходе водного транспорта отложений, слагавших речные террасы Катунь. Остаются вопросы о параметрах, происхождении и времени проявления этих водных потоков, но гипотезы о ледниковом (ребристая морена) и эрозионном происхождении гигантских гряд серьезному обсуждению уже не подлежат. Грядовые поля в долине Катунь обнаруживают противоположные закономерности в изменении морфометрических параметров по длине профилей (по течению палеопотока): в первом случае высота, крутизна и асимметрия гряд в целом уменьшаются вниз по течению, во втором – растут. В долине Катунь были мощные долинные потоки, проходившие транзитом из верховий речной системы. В долине Бии масштабность проявления подобных событий значительно уступала катунским.

## Список литературы

- Барышников Г.Я. Стратиграфия террасовых отложений долины р. Бии / Географический сборник. – Томск: Изд-во ТГУ, 1973. С. 3-9.
- Барышников Г.Я. К вопросу о формировании крупновалунного аллювия р. Бии / Геология и полезные ископаемые Алтайского края: тез. докл. науч.-практ. конф. - Барнаул, 1979. С. 117-119.
- Барышников Г.Я. Эоловые образования предгорий Алтая и их связь с климатами прошлых эпох / Современные геоморфологические процессы на территории Алтайского края: тез. докл. науч.-практ. конф. – Бийск, 1984. С. 6-9.
- Барышников Г.Я. Развитие рельефа переходных зон горных стран в кайнозойе (на примере Горного Алтая). – Томск: Изд-во ТГУ, 1992. - 182 с.
- Барышников Г.Я. Рельеф переходных зон горных стран. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2012. - 499 с.
- Барышников Г.Я., Панин А.В., Барышников С.Г. Экстремальные природные явления в горных странах (на примере Горного Алтая). - Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2017. – 153 с.
- Бубличенко Н.Л. Происхождение Телецкого озера // Вестник Зап.-Сиб. геол. управления, 1939. № 3. С. 42–58.
- Бутвиловский В.В. О следах катастрофических сбросов ледниково-подпрудных озер Восточного Алтая // Эволюция речных систем Алтайского края и вопросы практики: тез. докл. нач.-практ. конф. - Барнаул, 1982. С. 12–16.
- Бутвиловский В.В. Катастрофические сбросы вод ледниково-подпрудных озер Юго-Восточного Алтая и их следы в рельефе // Геоморфология. 1985. № 1. С. 65–74.
- Ефимцев Н.А. Четвертичное оледенение Западной Тувы и восточной части Горного Алтая. - М., 1961. - 164 с.
- Зыкин В.С., Зыкина В.С. Дискуссионные проблемы палеогеографии плейстоцена ледниковых областей Западной Сибири // Успехи современного естествознания, 2018. № 7. С.121-128.
- Зыкин В.С., Зыкина В.С., Вольвах Н.Е. Условия формирования ининской толщи плейстоцена в Яломано-Катунской зоне Горного Алтая // Успехи современного естествознания, 2018. № 8. С.118-129.
- Окишев П.А. Динамика оледенения Алтая в позднем плейстоцене и голоцене. -Томск, 1982. - 208 с.
- Окишев П.А. Рельеф и оледенение Русского Алтая. - Томск, 2011. - 381 с.
- Поздняков А.В., Тимофеев Д.А. Происхождение грядового рельефа Курайской котловины Горного Алтая // Геоморфология. 2007. № 2. С. 78–89.
- Рудой А.Н. Гигантская рябь течения – доказательство катастрофических прорывов гляциальных озер Горного Алтая / Современные геоморфологические процессы на территории Алтайского края. - Бийск, 1984. С. 60–64.
- Baker V.R., Benito G., Rudoy A.N. Paleohidrology of Late Pleistocene superflooding, Altai, Mountains, Siberia. Science 259, 1993. P. 348–350.
- Baker V.R. The Channeled Scabland-A retrospective. Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences, 37. 2009. P. 6.1–6.19.

- Baker V.R. Global late Quaternary fluvial paleohydrology with special emphasis on paleofloods and megafloods. *Treatise on Geomorphology*, Vol. 9. Fluvial Geomorphology. Academic Press, San Diego, 2013. P. 511–527.
- Eisbacher G.H. Observations on the streaming mechanism of large rockslides, northern Cordillera // *Pap. Geol. Surv. Can.*, 1978. № 78. IA. P. 49–52.
- Carling P.A. Threshold of coarse sediment transport in broad and narrow natural streams // *Earth surface processes and Landforms*, 1983. Vol. 8. P. 1–18.
- Carling P.A., Villanueva I., Herget J., Wright N., Borodavko P., Morvan H. Unsteady 1-D and 2-D hydraulic models with icedam break for Quaternary megaflood, Altai Mountains, southern Siberia. *Global and Planetary Change* 70, 2010. P. 24–34.
- Carling P.A. Catastrophic deposition of Gravel from outbreak Floods / Gradualism vs Catastrophism in landscape Evolution/ *International Association of Geomorphologists. Regional conference*, July 2-4, 2015. P.12-13.
- Herget J. Reconstruction of the Pleistocene ice-dammed lake outburst floods in Altai-Mountains, Siberia. *Geological Society of America, Special Publication* 386, 2005. P. 118-129.
- Herget J. Reconstruction of the Pleistocene outbreak Floods / Gradualism vs Catastrophism in landscape Evolution / *International Association of Geomorphologists. Regional conference*, July 2-4, 2015. P. 18–19.