Гигантская рябь течения

**Введение**

С развитием представлений об огромных размерах и большой геологической роли плейстоценовых ледниково-подпрудных озер и их катастрофических прорывов в новейших публикациях стало все более отчетливо обособляться направление научных исследований, которое английский геолог П.Э. Карлинг даже стал называть «потопной седиментологией». В России со середины 90-х годов прошлого века геологические тела, образованные дилювиальными потоками – фладстримами, были отнесены автором к объекту изучения четвертичной гляциологидрологии, основанной на теории дилювиального морфолитогенеза.

Среди главных особенностей режима ледниково-подпрудных озер нужно отметить периодичность их возникновения, но кратковременность существования, поскольку эти озера возникали за счет ледникового подпруживания каналов талого стока в горных котловинах и речного и талого стока на равнинах. Такие озера часто оставляли свои следы в виде отложений и береговых линий в пределах озерных котловин. При достижении критического уровня озера уничтожали частично или полностью ледниковые плотины и катастрофически прорывались, продуцируя сверхмощные по современным земным меркам потопы. Территории влияния этих потопов геологически мгновенно трансформировалась так, что предшествующий рельеф часто полностью изменялся, и образовывались новые, дилювиальные, типы и формы рельефа и отложения. Среди них были выделены дилювиально-эрозионные, дилювиально-эворзионные и дилювиально-аккумулятивные образования.

Уничтоженные механически, ледники-плотины, в соответствие с климатическими условиями, через определенное время вновь стремились блокировать сток, и межгорные котловины и расширения речных долин вновь заполнялись водой до тех пор, пока не были превышены пределы устойчивости ледниковых плотин и высота последних. После этого следовали немедленные очередные сбросы озер. Механизмы таких сбросов могли быть различными. Механизмы подпруживания, как предполагает автор, могли реализоваться почти без исключений одним способом – ледниковыми пульсациями-серджами.

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 главные, магистральные каналы стока. В этом – суть теории дилювиального морфолитогенеза.

Формы и отложения дилювиального морфолитокомлекса всегда находятся в парагенетической ассоциативной связи. Ранее уже приходилось отмечать, что если в Северной Америке, где без малого восемьдесят лет назад появились первые публикации о грандиозных прорывных позднечетвертичных потоках из ледниково-подпрудного озера Миссула, основным доказательством катастрофических прорывов озер были деструктивные формы – ветвящиеся глубокие ущелья и каналы-кули, «исполиновы котлы», а также бары – валы сортированного слоистого галечника, то в горах Сибири, напротив, понимание ритмически неустойчивого режима позднеплейстоценовых котловинных ледниково-подпрудных озер пришло после открытия в горах Алтая, в долинах Башкауса и Большого Улагана и в долинах Чуи и Катуни, рельефа гигантских знаков ряби течения. Именно этот экзотический рельеф, привлекающий к себе внимание почти всех исследователей, работавших в горах Алтая и Тувы, вызвал лавину публикаций, которая в последние годы заметно усилилась.

Понятно, что различная диагностика одних и тех же образований ведет к различным палеоклиматическим реконструкциям. Настоящая работа посвящена проблеме изучения рельефа гигантских знаков ряби преимущественно Центральной Азии. Поэтому автор, как один из первооткрывателей этого рельефа в Евразии, предпринял попытку краткого научного обзора тех основных данных о гигантских знаках ряби течения, которые в настоящее время имеются, акцентируя при этом внимание на материалах по Горному Алтаю, как наиболее изученному. Понятно, что эта задача не может рассматриваться в отрыве от всех других аспектов дилювиальной теории, поскольку и сами гигантские знаки ряби течения являются частью дилювиального морфолитологического комплекса.

**Терминология**

Слово *«катастрофа»* в сознании большинства людей связывается с чем-то ужасным. Такое восприятие не имеет физического смысла, хотя в приложении к тем процессам, которые происходят при геологически мгновенных сбросах огромных приледниковых озер, оно справедливо в связи с тем эмоциональным и физическим эффектом, который оказывают на людей все природные катастрофы вообще.

Для характеристики прорывных гляциальных суперпаводков и их влияния на земную поверхность автор принимает короткое и удачное, на его взгляд, определение В.И. Арнольда: «*Катастрофы – скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий»*. Хотя в этом выражении также имеются неопределенности, оно представляется вполне корректным и удобным для целей четвертичной гляциогидрологии и геологии.

Катастрофические суперпаводки, продуцированные сбросами озер имеют в разных странах различное название. В России были предложены термины «*дилювиальные потоки»* и *фладстримы*. Широко используются также и понятия менее определенные но, по сути, обозначающие то же самое: *«гляциальные суперпаводки», «прорывные суперпаводки»* и т.д. В англоязычной литературе традиционно применяются как эти последние, так и, в последние годы, *«дилювиальные образования»*, *«дилювиальные ландшафты»* и т.д.. В самое последнее время М.Г. Гросвальд стал называть гидросферные катастрофы просто *«потопами»*.

Научный обиход, в особенности в устных дискуссиях, часто расширяет первоначальное значение многих терминов. В первую очередь это касается народных слов и понятий, описывающих конкретные явления, но приобретших без точного перевода более общий смысл для целых групп явлений и процессов. Вероятно, такую метаморфозу претерпел исландский термин «*йокульлауп*», обозначавший катастрофические паводки от таяния льда и снега, вызванного извержениями вулканов в ледниковой зоне. Практически вслед за первыми работами об исландских йокульлаупах этот термин стал применяться за рубежом для обозначения катастрофических прорывов любых ледниково-подпрудных озер, что, конечно, нельзя признать терминологически правильным. Тем не менее, приходится считаться с тем, что термин «йокульлауп» в широком значении используется во всем мире, в том числе – и в России.

Распространение во время оледенений ледниково-подпрудных озер разного типа, их систематические прорывы, большие, иногда кардинальные, последствия этих прорывов обусловили целесообразность выделения особого комплекса экзогенных процессов – *дилювиальных,* создающих дилювиальные формы рельефа и отложения. *Дилювиальные процессы рельефообразования* **–** это процессы преобразования земной поверхности катастрофическими водными потоками из прорывающихся ледниково-подпрудных озер.

Собственно термин «*дилювий»*, разумеется, анахронизм. Предложенный У. Баклендом в 1823 г., он обозначал буквально то же самое, т.е. потоп, однако потоп совершенно определенный, библейский, «всемирный». Позднее библейский контекст был этим термином утрачен, и он применялся в своем точном значении. В некоторых странах, например в Германии, термин «дилювиальный» употреблялся вплоть до 50-х годов ХХ века как синоним четвертичного периода. В таком понимании он сохранился в некоторых словарях и сейчас с добавлением «устаревший». Наполняя устаревший термин новым содержанием, мы предполагаем, что слово «дилювий», как анахронизм, у специалистов «на слуху», точный перевод этого термина точно соответствует вложенному в него новому содержанию. Термин удобен в пользовании, а по звучанию он хорошо соотносится с названиями многих других генетических типов рыхлых отложений и форм рельефа, таких, например, как аллювий, пролювий, коллювий и др.

Замечания некоторых оппонентов термина о том, что «*дилювий*» по звучанию можно спутать с «*делювием*», конечно, заслуживают внимания, но не большего, чем замечания оппонентов А.П. Павлову, сто с лишним лет назад предложившему последний термин в то время, когда все естествоиспытатели мира ассоциировали понятие «дилювий» отнюдь не с Библией, а с оледенениями и с большими массами воды. И именно А.П. Павлов выдвигал жесткие требования к геологической терминологии, подчеркивая, что каждый термин должен определять способ образования данной группы отложений.

В.В. Бутвиловский для обозначения рельефа и отложений, созданных катастрофическими суперпотоками, предложил термин «*флювиокатастрофический* ». Мне уже приходилось отмечать, что хотя смысл предложения вполне прозрачен, этот громоздкий и колючий на слух термин содержит к тому же корни из двух языков: латинского и греческого, что на взгляд автора уж слишком для самовыражения на третьем, своем собственном, русском языке.

Исходя из вышеприведенных формулировок дилювия, геологическая деятельность *гляциальных селей* также укладывается в рамки комплекса дилювиальных процессов. Селевые потоки гляциального происхождения являются частным случаем дилювиальных процессов. Они также суть временные потоки с похожими гидрографами стока. Однако по своему геологическому эффекту прорывные гляциальные сели также далеки от дилювиальных суперпаводков, как малые формы оледенения, например, каровые или склоновые ледники, далеки от ледниковых систем, покровов и щитов.

При введении новых терминов для описания катастрофических сбросов из приледниковых озер и их последствий мы, вообще говоря, в большинстве случаев используем фонетическую форму привноса в русскую научную лексику слов, уже утвердившихся на западе для соответствующих понятий. Так, термин **«***скэбленд»* открыватель миссульских паводков Дж.Х. Бретц применял, подразумевая буквальное значение английского слова «scab», т.е. «короста, струп». Поскольку слово «долина» не выражало морфологических особенностей густой сети сухих русел, врезанных в Колумбийский скэбленд, Бретц назвал эти русла более точным термином «каналы», после чего вся территория получила название «The Channeled Scabland». Отсюда понятно, что основным аргументом для такого наименования послужили эрозионно- и эворзионно-дилювиальные формы скэбленда, т.е. сеть кули и «сухие водопады». Один из самых характерных элементов скэбленда, известных сегодня, – рельеф гигантских знаков ряби течения, был правильно понят гораздо позже. В горах Южной Сибири крупнейшие каналы стока из приледниковых озер в основном наследовали речные долины. Не они были первыми и главными свидетельствами и доказательствами дилювиального происхождения азиатского скэбленда, хотя именно они во многом определяют его облик. В связи с этим автор предложил для общего обозначения территорий, подвергавшихся воздействию катастрофических гляциальных суперпаводков, название «*скэбленд*» в определениях, данных ниже.

Из всех дилювиальных образований, очевидно, именно *гигантская рябь* вызывает наибольшее количество различных терминологических дефиниций. Так, собственно, термин «*гигантская рябь течения*» представляет собой обычную номинальную дефиницию. Этот термин, употребляемый в основном в США, перешел в качестве переводной формы и в русскую научную лексику. В некоторых странах гигантскую рябь часто называют «*дюнами*».

Применяя к гигантской ряби течения термин «дюна» следует, на мой взгляд, иметь в виду следующие соображения. Собственно понятие «дюна» было введено в науку о русловых процессах Дж.К. Джильбертом для того, чтобы отличать крупные песчаные волны, по которым могут развиваться дюны, от более мелких форм ряби. Впоследствии термин «дюны» стал использоваться во флювиальной седиментологии очень широко, и, как сказано, употребляется и в настоящее время. Как и речные дюны, гигантская рябь течения, возможно, образовывалась при относительно низком режиме течения с числами Фруда менее 1.0. Однако гигантская рябь течения является преимущественно гравийно-галечниковыми образованиями с участием валунов и крупных глыб и, в отличие от речных дюн и эоловых барханов с прослоями разнозернистых песков, она не имеет мелкой ряби, наложенной на поверхность крупных волн.

Г.И. Мидлтон и Дж.Б. Саузард, отмечая различия между мелкой и крупной рябью, к последней относили *мегарябь, дюны и песчаные волны*. Эти исследователи не считали отличия разных типов крупной ряби существенными. Выражение «*гравийные волны*», как синоним гигантским знакам ряби, применяли и другие американские исследователи.

Гигантские волнообразные гравийные формы ложа с гребнями, перпендикулярными направлению течению, классифицировались по иерархической интерпретации Р.Дж. Джексона как мезоформы речного ложа из-за их предполагаемого соответствия с глубиной течения. Но на условных диаграммах фаз форм ложа образования, называемые «дюнами», в отложениях с диаметром частиц грубее 10 мм не образуются.

Наблюдения же поперечных «гравийных волн», образованных на дне подводных каньонов в пределах континентальных склонов на глубинах порядка 2000 м, показывают, что терминологическая категоризация «дюны» тем более может быть очень неточной. Рельеф гигантских знаков ряби течения, открытый на Алтае и в Туве, наряду с давно известными полями этого рельефа в Северной Америке, является отличительным признаком катастрофических гляцигенных паводков.

Однако, несмотря на точное соответствие термина «гигантская рябь течения» его содержанию, употребление этого термина в русском языке не удобно в тех работах, которые посвящены не дилювиальному процессу в целом, а отдельным формам, поскольку в русском языке отсутствует единственное число слова «рябь». В таких случаях, наряду с общим названием, автор предложил применять выражения «*дилювиальные дюны и антидюны*», что согласуется с используемыми для гигантской ряби терминами, применяемыми, например, в Великобритании и Германии: «*giant gravel dunes*». Возможно, для полей крупных знаков гигантской ряби удобно применять термин «*дилювиальный бархан».*

В заключение этого раздела отмечу, что в целом описание и изучение всех аспектов дилювиального процесса вызывают большие терминологические затруднения, разрешение которых, как думается, заключается в широкой междисциплинарной научной кооперации и является, вообще говоря, вопросом времени.

**Краткий обзор исследований, состояние проблемы, дискуссия**

История изучения скэбленда отчетливо делится на два этапа: «старый», который начался с первых работ Дж.Х. Бретца и Дж. Парди в Северной Америке и продолжался до конца прошлого века, увенчавшись открытием гигантских знаков ряби течения в Евразии, и «новый». Последний связан с ожесточенной дискуссией о генезисе обсуждаемого рельефа, в которую вступили многие геологи, геоморфологи и географы России. Дискуссия вокруг происхождения гигантской ряби так или иначе затрагивает все аспекты дилювиальной теории, начиная от генезиса самих озер, продолжительности их существования, возможности их катастрофических сбросов и т.д. и заканчивая происхождением тех или иных, уже бесспорных среди многих ученых других стран, да и умножающегося числа российских ученых, дилювиальных образований.

***Состояние проблемы в ХХ веке. «Старые гипотезы»***

Джон Харлен Бретц, автор гипотезы дилювиального происхождения Channeled Scabland, в качестве доказательства своей правоты кроме деструктивных форм скэбленда к дилювиально-аккумулятивным образованиям относил, главным образом, «гигантские гравийные бары». Лишь после доклада Дж.Т. Парди в 1940 г. в Сиэттле на сессии Американской ассоциации по прогрессу в науке в научный обиход вошло выражение «giant current ripples». Дж. Парди кратко охарактеризовал эти формы, которые он обнаружил еще в начале ХХ в. при исследовании позднеплейстоценового оз. Миссула. Будучи первооткрывателем этого озера, Дж. Парди более тридцати лет, вплоть до выхода на пенсию, хранил молчание о катастрофических прорывах гигантских североамериканских плейстоценовых ледниково-подпрудных озер. Как мы уже отмечали, «официальная» американская геология в «лице» Геологической службы США, которая жестко контролировала все научные изыскания, в первой половине ХХ века была категорически против гипотезы Дж.Х. Бретца. Дж. Парди был сотрудником этой организации.

Даже название доклада Парди «Знаки ряби в ледниковом озере Миссула» свидетельствует о том, насколько большое значение придавал Дж.Т. Парди открытому им несколько десятилетий назад рельефу как инструменту реконструкции позднечетвертичной дилювиальной палеогидрологии Северной Америки. Таким образом, с именем именно этого исследователя следует связывать открытие и верное генетическое объяснение рельефа гигантских знаков ряби.

После публикации Дж.Т. Парди 1942 г. гигантские знаки ряби начали обнаруживать в пределах территории Колумбийского базальтового плато буквально повсюду. Специальная работа по изучению геоморфологии и палеогидрологии американского скэбленда была начата Виктором Бейкером. Именно В.Р. Бейкер закартировал все основные известные сегодня в Америке поля гигантских знаков ряби, и именно он первым сделал попытку по множественным измерениям парных параметров дилювиальных дюн и по их механическому составу получить главные гидравлические характеристики миссульских потопов. Разумеется, для этого применялись и другие известные в то время способы, в частности, зависимости Шези и Маннинга. Однако по этим зависимостям оценивались скорости и расходы дилювиальных потоков на стрежне. В.Р. Бейкер рассчитывал палеогидравлические данные над полями ряби, т.е. на участках, отнесенных от стрежня и на спаде паводка, где скорости течения дилювиальных потоков заведомо должны были быть меньше максимальных

Почти шесть десятилетий в мировой литературе существовало мнение об уникальности уже ставшего хрестоматийным и вошедшим во все учебники ледниково-подпрудного озера Миссула и его катастрофических прорывах. В особенно экспрессивных районах «исполиновых котлов», каньонов-кули, обширных полей гигантских знаков ряби течения и в других местах были созданы специальные экскурсионные маршруты, где профессиональные гиды рассказывают о гидросферных катастрофах, происходивших в ледниковые эпохи в Америке[[1]](#footnote-1). Катастрофические прорывы позднечетвертичного приледникового озера Миссула, таким образом, вошли в канон еще одного из «чудес света», присущих Америке.

До 1980-х годов в России, по существу ничего не зная о режиме ледниково-подпрудных озер, мы разумеется не искали и следов их прорывов. Хотя озерные террасы котловинных приледниковых водоемов в горах Южной Сибири были отмечены еще в начале ХХ века[[2]](#footnote-2),, вопрос о том, каков был механизм опорожнения этих озер, даже и не ставился. Собственно, такой вопрос предполагался риторическим: раз имеются террасы на бортах котловин, то и озера осушались постепенно, медленно. Да и возникали эти озера по мнению многих авторов в котловинах, в частности, Алтая один, максимум – два раза. Ну, а уж если уж озерные террасы в котловинах выделялись неотчетливо или отсутствовали вовсе, так и вопрос об озерах не возникал вовсе: их не было.

Тем не менее, еще в конце 1950-х годов Г.Ф. Лунгерсгаузен и О.А. Раковец первыми дали верное объяснение «загадочному» грядово-западинному рельефу в Курайской межгорной котловине на Алтае [[3]](#footnote-3). Именно эти исследователи впервые правильно определили генезис этого рельефа в котловине и по ориентировке дилювиальных дюн предположили, что в некоторый момент четвертичной истории Алтая направление стока рек было восточным, обратным современному. Генетическая диагностика курайской ряби в указанной работе носила общий характер и была ограничена, по существу, лишь терминологически верным определением. Происхождение направления самих водных потоков в статье объяснялось неотектоническими причинами.

Замечание Г.Ф. Лунгенсгаузена и О.А. Раковец о дилювиальном происхождении курайской ряби опроверг Е.В. Девяткин, который, ссылаясь на устное заключение Е.В. Шанцера, отметил, что гряды Курайской впадины – это *результат густой эрозионной переработки огромного флювиогляциального конуса*. Похожее мнение высказала в кандидатской диссертации М.В. Петкевич, которая полагала, что грядовый рельеф на правобережье р. Тете в Курайской впадине – *размытый пролювиальный конус*.

Против последних двух гипотез свидетельствуют все до единого перечисленные в соответствующем разделе диагностические признаки гигантской ряби, особенно косослоистая текстура отложений знаков ряби, согласная их морфологии, и закономерная асимметрия их склонов во всех местонахождениях. Против этой гипотезы свидетельствует и петрографический состав крупнообломочного материала в знаках ряби, чуждый в коренном залегании породам бассейнов рр. Тете и Актру.

Кроме этого Г.Г. Русановым в Курайской впадине в шлихах знаков ряби были обнаружены малахит, аксинит, силлиманит и киноварь, характерные для пород Курайского хребта, но отсутствующие в шлихах конечных морен Тете, к которым примыкают поля знаков ряби. Киноварь – это тяжелый, хрупкий и быстро истирающийся минерал, и поэтому, отмечает Г.Г. Русанов, дальность его переноса от коренного источника не может превышать первых сотен метров. На большие расстояния этот минерал переносится во взвешенном состоянии. В то же время галенит, весьма характерный для морен Тете и Актру, отсутствует в отложениях ряби. Галечники, примыкающие к конечным моренам Тете, таким образом, не могут являться флювиогляциальными или пролювиальными образованиями талых вод ледников Актру и Тете.

С предшественниками и современниками категорически не соглашался в то время П.А. Окишев. Он доказывал, что представления об эрозионном расчленении здесь обширного флювиогляциального конуса неубедительны. В 1970 году В.П. Окишев выдвинул идею о том, что гигантские знаки ряби течения в Курайской впадине – это «*инверсионные образования*». «Выраженные в настоящее время в рельефе гряды накапливались как русловые отложения в наледниковых потоках обширного плоского ледяного поля и впоследствии спроектировались на подстилающие их породы». В этой цитате подчеркнем, что 1) П.А. Окишев, хотя и поверхностно, но все же просто-напросто описал механизм формирования озов, а 2) он подчеркнул флювиальное, русловое происхождение гряд и исходил при этом из их вещественного состава и морфологии.

Впоследствии этот исследователь развил свою гипотезу в книге и в докторской диссертации, но практически одновременно, безо всяких объяснений и упоминаний об «инверсионном рельефе», выдвинул другую гипотезу, «ледниковую». П.А. Окишев писал, что гигантские знаки ряби течения в Курайской впадине – это *«пластовые, мелкогрядовые, полигрядовые» морены*. «Инверсионный рельеф» был забыт навсегда и более этим автором не упоминался.

Малопонятные объяснения этим автором сущности второй, «моренной», гипотезы, в общем можно расценить как попытку «внести новое» в работы Б.А. Борисова и Е.А. Мининой, которые при многолетней геологической съемке гор Южной Сибири обнаружили и описали рельеф «стиральной доски». К этому рельефу ребристой морены, который действительно имеется во многих древнеледниковых горных долинах Сибири, Средней Азии и в других горах, Б.А. Борисов и Е.А. Минина стали относить и рельеф гигантских знаков ряби течения во всех районах, где он обнаружен, описан и более или менее исследован.

Первым исследователем в России, который не только правильно определил генезис гигантских знаков ряби течения, но и описал их строение и реконструировал палеогляциогидрологию района геолого-съемочных работ, был В.В. Бутвиловский. Но свои открытия он совершил совсем не там, где сейчас «ломаются копья», а в долине р. Башкаус на Восточном Алтае. В.В. Бутвиловский, в сущности, описал для небольшого участка полный палеогидрологический сценарий времени последнего оледенения, который вполне соответствует современным представлениям о ледниковой палеогидрологии суши. Он показал, что обнаруженное им четвертичное Тужарское ледниково-подпрудное озеро после достижения критического уровня было сброшено в долину р. Чулышман. Он подчеркнул, что по долине Башкауса и Чулашмана прошел всего один, но очень мощный суперпоток с максимальным расходом, около 880 тыс. м3/с. Впоследствии В.В. Бутвиловский развил свои представления и защитил их в докторской диссертации.

Автор, работая в Центральном и Юго-Восточном Алтае, занимался изучением режима крупнейших на Алтае Чуйского, Курайского и Уймонского ледниково-подпрудных озер. Осенью 1983 г. автор произвел полевые наблюдения на левобережном участке р. Катунь, известном сейчас как «поле гигантской ряби Платово-Подгорное». В результате увидела свет первая работа, посвященная множественным катастрофическим прорывам этих огромных плейстоценовых ледниково-подпрудных озер. В начале и середине 80-х годов были предприняты специальные полевые работы на выявленных автором участках полей гигантских знаков ряби, четыре из которых со временем стали ключевыми, т.е. изучаются специально много лет специалистами разных стран и разных специальностей. К этим участкам относятся: участок гигантской ряби Платово-Подгорное участок дилювиальных дюн Малый Яломан – Иня; поля гигантской ряби в центральной части Курайской котловины и дилювиальные дюны в урочище Кара-Коль на ее западной приподнятой периферии[[4]](#footnote-4).

При этих работах были произведены десятки горных выработок вкрест и по простиранию знаков ряби и в межгрядовых понижениях на всех участках, проведена крупномасштабная топографическая съемка, отобраны образцы на различные виды анализов, в общем – проведен крупномасштабный комплекс полевых и камеральных исследований рельефа гигантских знаков ряби Алтая. Были проведены и крупномасштабные геоморфологические и геологические работы, составлены серии тематических картосхем, в результате чего был выявлен комплекс дилювиальных образований, образующий парагенетические ассоциации горных скэблендов.

Реконструкция режима последнего оледенения, оценка ледникового стока на его максимум и постмаксимум, с одной стороны, и выявление дилювиального морфолитокомплекса с другой уже в конце 80-х годов позволили наметить общую палеогляциогидрологическую ситуацию в ледниковом плейстоцене тех территорий Земли, где имели место сходные с горами Сибири ороклиматические условия. В это же время М.Г. Гросвальд впервые описал и физически интерпретировал поля гигантской ряби течения не только Алтая, но и межгорных котловин Тувы, в долинах Верхнего Енисея. Сейчас эти поля также изучаются международными экспедициями, появились работы, где гигантским знакам ряби Саяно-Тувинского нагорья уделено специальное внимание.

Таким образом, в середине 80-х годов России в общем было сформулированы основные положения теории дилювиального морфолитогенеза и, как тогда казалось, доказано и общепринято дилювиальное происхождение рельефа гигантских знаков ряби течения. В печати стали появляться многочисленные работы, посвященные этому рельефу и связанным с его происхождением событиями. Правда, эти публикации принадлежали перу, в основном, перу трех исследователей: М.Г. Гросвальда, В.В. Бутвиловского и автора. На западе же к этому времени увидели свет сотни статей и десятки монографий, посвященных палеогидрологическому анализу строения паводкового рельефа Колумбийского базальтового плато Северной Америки.

Весной 1994 года в Томске выходит монография В.В. Бутвиловского, в которой на примере плейстоцена Алтая предлагается концепция катастрофического развития природы в целом. В этой талантливой книге целый раздел посвящен исследованию известных и вновь открытых полей гигантской ряби течения Алтая.

В начале 90-х годов состоялись первые международные экспедиции, посвященные специальному изучению азиатского дилювиального морфолитологического комплекса с целью сравнения основных палеогидроморфологических характеристик горных скэблендов Центральной Азии, уже разработанных к тому времени в России, и известных равнинных дилювиальных ассоциаций территории Channeled Scabland Северной Америки. В этих первых экспедициях, кроме российских специалистов, принимали участие ученые из США, Великобритании, Германии и Швейцарии. Во второй половине 1990-х годов и в начале 21-го века П.А. Карлинг провел еще несколько специальных алтайских экспедиций, результаты которых обобщил в коллективной работе.

В дальнейшем на Алтае успешно работала группа немецких седиментологов под руководством Ю. Хергета. В нескольких больших статьях были представлены уточненные палеогидрологические параметры дилювиальных потоков в долинах Чуи и Катуни.

В 1998 г. С.В. Парначев, на основании анализа известных разрезов дилювиальных террас в Катуни и Чуи, а также данных П.А. Карлинга и своих заключений защитил кандидатскую диссертацию, в которой определенное внимание было уделено ключевым участкам выявленных ранее полей гигантской ряби течения. Этот исследователь, в частности, произвел петрографический и гранулометрический анализы обломочного материала гигантских знаков ряби в ключевых участках. В основу своих заключений С.В. Парначев положил определение расходов йокульлаупов П.Э. Карлинга – 750000 м3/с, из чего сделал вывод, что никаких флювиогляциальных катастроф не было, а было несколько прорывов озер с расходами, не превышающими расходы современных крупных рек. Вместо дилювиальных отложений этот автор предложил новое геологическое образование – «паводковый аллювий». В итоге С.В. Парначев выделил «паводковый период» на Алтае продолжительностью около 150 тыс. лет. Генезис котловинных озер С.В. Парначев, правда, пока признавал ледниково-подпрудным.

Через 2 года к исследованиям С.В. Парначева присоединился И.С. Новиков. Эти геологи сделали вывод о том, что «ледники не могли» сами подпруживать такие крупные озерные котловины, поэтому плотины были «ледово-тектоническими». Таким образом, по цитируемым авторам, в течение «паводкового периода» длительностью около 150 тыс. лет было не менее семи катастрофических паводковых событий, связанных с прорывами палеоозер, причем в подпруживании озер в самые последние фазы деградации вюрмского оледенения играла роль и тектоническая преграда.

Вообще, статьи «новых антидилювиалистов» – странные. Кратко обсуждаемая, в частности, заканчивается пятью выводами, из которых в первом авторы пишут о свидетельствах семи катастрофических паводковых событий, а во втором «позволяют усомниться в распространившихся в научной литературе в последнее десятилетие представлениях о катастрофическом характере процессов осушения впадин».

***Новые гипотезы происхождения гигантских знаков ряби течения***

*Гигантская рябь в долинах Алтая* – *обычная рябь, подобная современным речным дюнам крупных рек.* Автор – А.В. Поздняков, наблюдавший образование такой ряби в долинах Дальнего Востока, к нему примкнули Д.А. Тимофеев и участники школы-семинара Геоморфологической комиссии РАН, включая Г.Я. Барышникова, доказывавшего за 10 лет до этого катастрофическое происхождение гигантских знаков ряби в предгорьях Алтая и в среднем течении Катуни. Возражения – в разделе «диагностика».

*Гигантская рябь в Курайской котловине* **–** *рябь, но сформировавшаяся «в условиях, близких, или незначительно отличавшихся от современных, а не на дне глубоководных, приледниковых, испытавших катастрофический сброс вод, озер».* Заметка в «Геоморфологии» подписана Г.Я. Барышниковым и др., но со ссылкой на мнение участников упомянутой школы-семинара, принятого после обсуждения.

*Гигантская рябь в Курайской котловине – не рябь, а результат падения метеорита. Гигантская рябь в Курайской котловине – не рябь, а результат землетрясения*. В этой гипотезах есть и упругие колебания, и астроблемы… Авторы – А.В. Поздняков и А.В. Хон.

*Гигантская рябь в Курайской котловине – криогенно-эрозионные образования.* Авторы – опять А.В. Поздняков, А.В. Хон и тот же П.А. Окишев.

А.В. Поздняков, А.В. Хон и П.А. Окишев для иллюстрации новых гипотез приводят в нескольких статьях якобы мою плохо отсканированную схему Курайской впадины, где стрелки водоворота, не очень точно заимствованные из схемы В.В. Бутвиловского, наложены на мою изуродованную этими авторами палеогидрологическую реконструкцию. Так у них и получилось, что «как следует из схемы А. Рудого, водоворот в пределах Курайской котловины имел своим центром точку с абсолютной высотой 1558 м ». Но именно из моей схемы ничего этого не следует, а на рисунке В.В. Бутвиловского, повторюсь, кроме участка круговорота, палеогидрологическая ситуация вообще отличается от той, которую ему приписали А.В. Поздняков с соавторами.

Принимая во внимание приведенные в настоящей работе диагностические признаки гигантской ряби течения, эти последние три исключающие друг друга, но принадлежащие одним авторам, гипотезы возможно не стоило бы и комментировать, если бы на работы этих авторов не начинали ссылаться уже не только аспиранты, но и сотрудники академических институтов[[5]](#footnote-5). Поэтому в дополнение к нашим данным можно кратко привести аргументированное рассмотрение этих гипотез Г.Г. Русановым.

Дилювиальные дюны и барханы Курайской впадины образовались вследствие падения большого метеорита или астероида потому что, как пишут авторы, гряды располагаются концентрическими цепочками вокруг гипотетического ударного центра. При большом напряжении фантазии гигантскую рябь правобережья р. Тете можно представить малым фрагментом дуги большого диаметра. Предполагаемый кратер, диаметром более 4 км, должен быть окружен валом высотой в десятки и даже сотни метров, состоящим из выброшенных из кратера пород. В самом кратере за счет ударной перекристаллизации должны были образовываться высокобарические минералы, такие как козеит, стишовит, а также алмазы, сам же кратер был бы заполнен импактитами. Крупномасштабная геологическая съемка, геофизические материалы и данные бурения ни на Алтае в целом, ни в бассейне Курайской котловины, в частности, в породах и структурах фанерозоя ни указанных минералов, ни импактитов, ни метеоритных кратеров не выявили.

Диаметр метеоритных кратеров, как правило, в 3–5 раз превышает его глубину. Таким образом, в случае правоты А.В. Позднякова и А.В. Хона, глубина кратера должна быть не менее 800 м. По геофизическим и буровым данным глубина залегания фундамента под кайнозойскими отложениями в районе гипотетического кратера везде не превышает 300 м.

Возраст грядового рельефа в Курайской впадине – очевидно четвертичный. Трудно себе представить, чтобы за небольшое в геологическом отношении время крупный метеоритный кратер и окружающий его вместе с соответствующим петрографическим комплексом вал были полностью уничтожены, а обсуждаемые гряды, высотой не более 20 м и состоящие из рыхлых отложений, сохранились. Если же иметь в виду, что в Курайской котловине известно несколько полей гигантской ряби, то, следуя позиции А.В. Позднякова и А.В. Хона, можно предполагать не один метеорит, а их рой – без единого при этом следа импактных воздействий, кроме гравийно-галечниковой ряби.

В той же работе А.В. Поздняков и А.В. Хон пишут, что курайский гряды Тете могли образоваться и в результате землетрясения, когда поверхностные вязкопластичные породы, залегающие на кристаллическом фундаменте, испытывали упругие колебания и перемещались по радиусу от эпицентра. При этом они претерпевали бы деформации в виде «гофрировки», тем более мелкой, чем тоньше слой рыхлых отложений.

Породы, которые слагают гигантскую рябь, сухие, сыпучие, и не обладают вязкопластичными свойствами. Они действительно имеют небольшую мощность, сопоставимую с высотой гряд. Однако они лежат не на кристаллическом фундаменте, а на мощной тоще рыхлых отложений. Мощность кайнозойской осадочной толщи, по данным буровых профилей, составляет: под конечно-моренным комплексом Тете – 487 м; под галечниками, примыкающими к этому комплексу, – около 461 м, и под грядовым рельефом – более 300 м. Вся эта толща сложена переслаивающимися галечниками и гравийниками с плотным песчано-глинистым заполнителем и аллювиально-озерными глинами, алевритами и алевритистыми мелкозернистыми песками в подошвенной части. В тонкозернистых прослоях отмечается тонкая ритмичная слоистость.

Преимущественно глинистые и суглинистые олигоцен-плиоценовые отложения, действительно обладающие вязкопластичными свойствами и залегающие на кристаллическом фундаменте, должны были испытать, в случае землетрясения, сильные деформации. Однако, как показывает анализ керна из буровых скважин, ни пластических деформаций, ни разрывных нарушений не установлено. Напротив, все горизонты и прослои, включая тонкие, горизонтальны.

Сущность «криогенно-эрозионной гипотезы» Позднякова-Окишева состоит в том, что дилювиальные барханы и дюны центральной части Курайской впадины были сформированы в результате «…структурной упорядоченности рыхлых аккумулятивных флювиогляциальных образований, вызываемой мерзлотными процессами, упорядоченными во времени колебаниями влажности и температуры с переходом через 0°, при последующем врезании в поверхность по границам структурных грунтов многочисленных временных водотоков. На эту идею наводит характер перехода гряд в их продолжение в виде сетки медальонов, располагающихся на выровненной слабонаклонной поверхности в южной части Курайской котловины». Далее авторы пишут, что курайское поле гряд – это сформировавшийся на структурных грунтах бэдленд, где криогенные полигоны, медальоны и пр. на наклонной поверхности преобразовались в полосы.

Пятна-медальоны формируются в криолитозоне в глинах и суглинках, иногда с примесью дресвы и щебня вследствие выдавливания на поверхность жидкой глины или пучения. При замерзании воды в мелкоземах их объем увеличивается почти на 10%. Это приводит к пучению грунтов. При переходе от глинистых пород к песчаным процессы пучения и выдавливания замедляются. В хорошо дренируемых же крупнообломочных породах морозобойное растрескивание и полигональный микрорельеф не проявляются.

Полигональные грунты, пятна-медальоны и туфуры развиты на озерно-аллювиальных супесчано-глинистых пониженных поверхностях Чуйской и Курайской котловин, где отмечаются и другие формы современного и голоценового криогенеза – тебелеры и термокарстовые западины. Отложения этих поверхностей в результате криотурбаций дислоцированы в пределах современного и голоценового деятельного слоя соответствующего возраста. Однако никаких криогенных изменений в хорошо промытых галечниках и гравийниках курайской ряби нет, потому что нет в них и глинистого заполнителя.

Г.Г. Русанов резонно заключает что «предлагая новые альтернативные гипотезы для объяснения генезиса курайских гряд, авторы даже не попытались обосновать их конкретным фактическим материалом. В этих работах нет ничего, кроме общих рассуждений и предположений…».

Подводя итог этому разделу, замечу, что пока в отечественной науке идет обсуждение генезиса гигантских знаков ряби течения на кратко рассмотренном только что научном уровне, английские и американские геологи и планетологи на основе материалов по гигантскоя ряби Алтая открыли такой рельеф на Марсе и даже подсчитали гидравлические параметры дилювиальных потоков.

**Диагностика**

В настоящее время выявлены сотни местонахождений полей гигантской ряби течения в Северной Америке и в Северной Азии. Приведем здесь краткое описание главных черт этого рельефа и его отложений на ключевых, наиболее посещаемых сегодня, районах Алтая и Тувы с необходимыми ссылками на основные публикации по другим территориям.

**Североамериканские** местонахожденияисчерпывающе охарактеризованы в работах Дж. Парди, Дж.Х. Бретца и др., В.Р. Бейкера. Эти характеристики являются пионерными и представляются эталонными для сравнения, в связи с чем в дальнейшем мы будем к ним обращаться.

**Горный Алтай.**

Ключевые местонахождения находятся: 1) в предгорьях Алтая, на поверхности 10–14 метровой левобережной террасы р. Катунь севернее пос. Платово; 2) в Центральном Алтае на поверхности 80–100 метровой левобережной террасе р. Катунь выше по течению устья р. Малый Яломан и 3) на днище Курайской межгорной впадины.

В плане гигантские знаки ряби течения представляют собой систему вытянутых, слабо извилистых гряд или цепочки дюн серповидной формы, ориентированных субперпендикулярно современному простиранию долин. Межгрядовые понижения обычно имеют вытянутую мульдообразную форму. На *платовском* и *яломанском* участках такие мульды обычно разделены небольшими перемычками, понижения платовской ряби, открывающиеся к Катуни, трансформированы растущими оврагами. Оврагами часто освоены и разомкнутые мульды в других местонахождениях. Курайская рябь на участках *Актру-Тете* и *правобережьье Тете* имеют более вытянутые межгрядовые понижения, хотя и на этих участках длинные, извилистые мульды также часто имеют перемычки с высотой, сопоставимой с высотами гребней паводковых дюн

Поле ряби участка *Платово-Подгорное* имеет простирание около 350° на север. На этом участке знаки ряби вскрываются рекой почти в поперечном сечении, и можно наблюдать, что соседние дюны почти до деталей повторяют друг друга. Ниже по течению р. Катуни поверхность поля маскируется хвойным перелеском. Сами паводковые дюны залегают на поверхности валунно-галечниковой террасы р. Катунь, отложения которой вскрыты канавами на глубинах более 1 м от подошвы дюн.

Проксимальные склоны дилювиальных дюн, ориентированные навстречу потоку, имеют во всех местонахождениях слабовыпуклые профили. Дистальные склоны имеют слабовогнутые в пригребневой части профили. Проксимальные склоны всегда более пологие и длинные, вогнутые – крутые и короткие. Углы падения проксимальных склонов колеблятся в интервалах 3–11° до 1° в пригребневых участках. Дистальные склоны падают под углами 5–20°. Самые контрастные значения этих характеристик – на поле гигантских знаков ряби Тете.

Длина гряд по простиранию коррелирует с их высотой и может достигать первых километров. В Курайской котловине наиболее крупные цепочки дилювиальных барханов имеют по длинным осям протяженность в несколько сот метров при высоте до 20 м. Самой малой протяженностью обладают паводковые дюны в Центральном Алтае на участке Яломан-Иня и в урочище Кара-Коль в западной части Курайской котловины. Высота гребней ряби участка Платово-Подгорное составляет 230–290 см при средней длине волны около 60 м, меняясь от 45 до 90 м. Современное превышение гряд на яломанском участке относительно межгрядовых понижений составляет около 1,5 м, однако, учитывая, что в понижении шурфом вскрыта более чем 1,5 метровая толща бурых среднезернистых влажных песков, истинная высота дюн и антидюн здесь составляет более 2,5 м. Отношение длины волны дилювиальных дюн к высоте на ключевых участках демонстрируется гистограммой П.А. Карлинга.

Поверхность гряд и межгрядовых понижений покрыта тонким слоем лессовидного суглинка, межгрядовые понижения иногда слабо заболочены. Мощность лессовидного суглинка и на гребнях, и в межгрядовых понижениях – первые десятки сантиметров. На поверхности *яломанских* и *курайских* гряд покровных отложений почти нет. В межгрядовых понижениях *дилювиального поля Тете* под слоем покровных отложений вскрываются бурые пески с мощностью в ряде шурфов до 2 м.

На склонах знаков ряби, реже – на гребнях, на участке *Платово-Подгорное* залегают сильно выветрелые слабо- и среднеокатанные валуны гранитоидов, диаметр которых может превышать 1 м по длинным осям. В среднем встречается один такой экземпляр на 250 м2, а в обнажениях – на 800 м2. Эти глыбы – одна из форм дилювиальной эрратики. В коренном залегании эти породы имеются несколькими десятками километров выше по долине Катуни.

На поверхности курайских дилювиальных дюн также можно обнаружить как отдельные экземпляры, так и целые поля грубообломочного неокатанного материала, размерами более 6 м по длинным осям. Эти глыбы тяготеют к вершинным поверхностям дюн, очень слабо «утоплены» и состоят, преимущественно, из метаморфизованных сланцев, гнейсов, гранито-гнейсов и крупнозернистых порфировидных гранитов. Такой петрографический состав глыб не характерен для пород бассейнов Актру и Тете. Эти глыбы являются дропстоунами и несут большую палеогидрологическую информацию.

В строении знаков ряби участвуют хорошо промытые галечниково-мелковалунные отложения с присутствием крупнозернистых буроватых полимиктовых песков. Редко попадаются маломощные линзы таких песков, длиной в несколько десятков сантиметров. В песчанистых линзах намечается тонкая косая слоистость за счет чередования более- и менее крупнозернистого материала. Крупнообломочный материал имеет среднюю и хорошую окатанность, галька, напротив, слабо окатана, имеет дресвянистый облик. По данным Г.Г. Русанова в кернах и разрезах *курайской ряби Тете* во всех прослоях мощностью 0,1–1,0 м заполнитель представлен мелкой угловатой галькой и гравием. В заполнителе полностью отсутствует глинистая и алевритовая фракции, так же, как и в составе платовской ряби, очень незначительно содержание крупнозернистого песка. В некоторых прослоях песок отсутствует.

В составе валунной и грубогалечниковой фракций *ряби Тете* В.П. Парначевым доминируют микрограниты, базальты, эпидот-хлорит-кварцевые метасоматиты, микродиориты, андензиты. Петрографический состав галечникового материала однообразнее – это преимущественно обломки метаморфических сланцев с участием перечисленных выше пород. Размер валунов не превышает 0,5 м.

Отложения во всех местонахождениях ряби очень рыхлые и сухие. Г.Г. Русанов отмечает отсутствие даже гигроскопической влаги, которая появляется только в очень небольшом количестве на глубинах 10–15 м в основании отложений курайской ряби, залегающей на плотно сцементированных суглинистых галечниках. Нижние грани обломков во всех местонахождениях имеют толстую карбонатную пленку, а в яломанском местонахождение некоторые обломки полностью одеты в карбонатную «рубашку».

Обломочный материал во всех местонахождениях обладает диагонально-косой слоистостью, в целом согласной падению дистального слоя. Часто к пригребневой части гряд тяготеет «армирующий» грубопесчано-галечниковый слой, выклинивающийся везде к средним частям склонов. Слоистость обусловлена различным гранулометрическим составом горизонтов, мощность которых составляет 0,1 – 0,7 м. Относительно более грубозернистые слои в среднем вдвое мощнее мелкозернистых. Концентрация валунного материала и крупной гальки возрастает в нижних частях разрезов.

Наличие такой слоистости – характерная особенность строения паводковых дюн и антидюн. В.Р. Бейкер, обобщив материалы предыдущих исследователей и свои собственные, писал, что слоистость галечников, слагающих знаки ряби, всегда повторяет падение «подветренного» склона гряд, составляя в среднем около 20° при максимуме в 26–27°. Для мелкой песчаной ряби этот факт отмечен во многих специальных работах.

Гигантские знаки ряби в долине Башкауса ниже устья р. Кубадру в 1982 г. впервые описал В.В. Бутвиловский. Их морфология и строение не отличаются от вышеописанных. Высота дилювиальных дюн варьирует от 1,5 до 8 м, длина ряби по простиранию – 25–30 м. Гряды сложены косослоистыми щебнистыми галечниками, почти не содержащими тонкого цемента. Пористость отложений в стенках канав достигает 20%. Для башкаусской ряби характерны наклонные горизонты мелких и средних валунников и дресвяно-галечниковые, чередование которых подчеркивает слоистость, согласную падению дистального слоя. Длинные оси обломков ориентированы по течению, а их наклон также согласен наклону прослоев.

Проксимальные склоны имеют падение 4–12°, а дистальные – 15–35°. Резкая асимметрия склонов подчеркивается характерным выпуклым профилем «китовой спины» у проксимальных склонов. На поверхности пологих склонов также часто залегают крупные слабо обработанные дилювиально-эрратические глыбы.

В целом на Алтае гигантская рябь известна во всех крупных долинах от предгорий до высокогорья. В.В. Бутвиловский закартировал несколько полей гигантских знаков ряби в бассейнах рр. Башкаус и Большой Улаган, а также упомянул, что обнаружил гигантскую рябь и в долине р. Чулышман выше пос. Коо. Общеизвестны поля гигантской ряби в предгорьях на правобережье р. Катунь в районе пос. Чуйский, на участке Платово-Подгорное, в районе пос. Элекманар, в Яломанской впадине, в Курайской впадине, в Чуйской котловине на правом берегу р. Чаган-Узун в «тени» высокого эрозионного останца и во многих других местах. Поэтому на рисунке показаны лишь основные местонахождения этого рельефа.

Не совсем понятным является отсутствие дилювиальных дюн в долинах бассейна Джазатера-Аргута. Одним из не очень, впрочем, удовлетворительных объяснений может служить их морфология – глубокие относительно узкие каналы, где рыхлые отложения уничтожались позднейшей, возможно – дилювиальной, эрозией. Другая возможная причина – малая изученность с дилювиальных позиций в связи с малой, относительно Катуни и Чуи, посещаемостью. Думается, что гигантские знаки ряби течения имеются в Самахинском расширении р. Джасатера.

**Тувинские местонахождения**

О верхнеенисейских полях гигантских знаков ряби сообщали еще в начале 1980-х годов М.Г. Гросвальд, Н.В. Лукина и Ю.П. Селиверстов. Позднее Б.А. Борисов и Е.А. Минина подробно описали все поля ребристого рельефа и диагностировали его как «рельеф ребристой морены», или «рельеф стиральной доски». Последнее может напоминать обсуждаемые образования, но лишь в том случае, если гофры стиральной доски закономерно асимметричны.

В 1987 году М.Г. Гросвальд впервые кратко описал грядовый рельеф на берегах верхнего Енисея как гигантскую рябь и представил его фотографию на 30-метровой террасе р. Ка-Хем выше Кызыла. М.Г. Гросвальд связал образование гигантских знаков ряби в долине Ка-Хема – Улуг-Хема с катастрофическими прорывами Дархатского ледниково-подпрудного озера. Позднее гигантские знаки ряби течения здесь описала Н.В. Лукина.

В 2002 г. долины Верхнего Енисея посетили участники полевой конференции комиссии INQUA GLOCOPH, в которой, в частности, принимали участие знатоки североамериканского скэбленда В.Р. Бейкер и Г. Комацу, а также палеогеографы, седиментологи и гидрологи из Австралии, Южной и Северной Америки, Великобритании и Европы. Этой конференцией, в которой участвовал и автор, руководил А.Ф. Ямских. Группа посетила все доступные поля гигантских знаков ряби по Ка-Хему – Улуг-Хему. В целом, тувинская рябь принципиально не отличается от таковой на Алтае и в Северной Америке и представляет собой следующее.

Дилювиальные дюны и разделяющие их ложбины имеют изогнутую и извилистую в плане форму. Профили паводковых дюн асимметричны, выпуклые дистальные склоны ориентированы вверх по долинам и имеют падение около 20°, проксимальные склоны падают под углами 3–5°. Длина гряд по простиранию изменяется от сотен метров до нескольких километров при ширине волны от 5 до 150 м. Высота волны у паводковых дюн в долине Улуг-Хема – до 10 м, обычно – около 5 м. Межгрядовые западины, как и на алтайской ряби, часто разделены перемычками, причем, как отмечает М.Г. Гросвальд грядовый рельеф местами нередко переходит в сетчато-ячеистый типа рыбьей чешуи, или в волнисто-грядовый. У денудационных останцов гряды круто изгибаются, как бы обтекая препятствия. На поверхности гряд в привершинной части обычны крупные, более 2 м в диаметре, глыбы долеритов и базальтов.

Гигантская рябь Верхнего Енисея почти везде подрезается рекой, что позволяет изучать ее строение. Она состоит из косослоистых хорошо окатанных мелковалунных галечников с дресвяно-щебнистым и крупнопесчаным заполнителем. Слоистость согласна дистальному склону. Порода рыхлая и сухая.

Как уже отмечалось, тувинские поля гигантской ряби течения уже много лет наблюдаются и анализируются с точки зрения палеогидрологической информативности. Однако, как ни странно, такого большого внимания, как на Алтае и в Америке, тувинская рябь к сожалению пока не привлекла.

Тем не менее, есть основания говорить о том, что гигантские знаки ряби распространены гораздо шире, чем это показано на пионерной схеме М.Г. Гросвальда. В частности, А.В. Мацера упоминает о широком распространении в Тоджинской котловине «сетчато-ячеистых озов», образование которых он связывает с распадом оледенения в котловине и циркуляцией талых вод среди массивов «мертвого льда». Вероятно, речь может идти о гигантских знаках ряби течения во впадине, что признал и сам автор в устном общении.

**Главные общие диагностические признаки гигантских знаков ряби течения**

1. Высота волны от 2 до 20 м при длине волны от 5–10 м до 300 м;
2. Знаки ряби вытянуты вкрест дилювиальным потокам. Они четко и закономерно асимметричны. Проксимальные склоны, ориентированные навстречу потоку, более пологие и имеют слабовыпуклые профили; дистальные склоны более крутые и имеют слабовогнутые профили в пригребневых частях;
3. К гребням и верхним частям склонов часто приурочены скопления крупных слабоокатанных валунов и глыб;
4. Гигантские знаки ряби состоят из галечниково-мелковалунных отложений с незначительным присутствием грубо- и крупнозернистых песков. Обломочные материал обладает диагонально-косой слоистостью, согласной падению дистального склона. Независимо от возраста гряд порода сухая и рыхлая, обломки не цементированы суглинистым и супесчаным материалом.
5. Поля гигантской ряби течения приурочены к путям стоков из котловинных ледниково-подпрудных озер и круговоротным зонам в расширениях каналов стока.

К сожалению, до сих пор не удалось выявить диагностических признаков литологии вещества гигантской ряби, отличавших бы их от других генетических типов рыхлых отложений в разрезах. Наличие косослоистых серий в некоторых толщах явно флювиального генезиса, которые В.В. Бутвиловский диагностирует как погребенную рябь, в природе выглядят не так замечательно, как это рисуется автором. Мне много лет приходилось работать на этом и других подобных разрезах. Кроме факта косого падения флювиальных валунных галечников ничто не говорит о том, что перед исследователем – погребенные гигантские знаки ряби. Это можно не более чем предполагать. А крутое падение слоистости русловых аллювиальных фаций – очень частое явление. По-видимому, проблема диагностики дилювиальных отложений в погребенном состоянии, то есть – без геоморфологического контроля, может быть решена не только и не столько на уровне текстурных особенностей дилювия, сколько на уровне микроскопического изучения литологии отложений гигантских знаков ряби, т.е. минералогии тонкой фракции, формы зерен, анализа акцессорий и т.д. и сравнения корректных обобщений этого материала с различными фациями современного горного аллювия на одноименных створах.

Такую работу пытался провести С.В. Парначев, но исследования привели его к неожиданному выводу – вещество дилювия ничем не отличается от вещества аллювия. С.П. Парначев был вынужден ввести новое понятие «дилювиальный аллювий». Это, конечно, невозможное сочетание, так как физические характеристики сред, в которых формируются аллювий и дилювий принципиально различны.

Поэтому на сегодняшний день можно констатировать, что главными диагностическими признаками гигантских знаков ряби течения являются их большие размеры, особенности морфологии и текстуры, и грубый состав слагающего их обломочного материала.

**Механизм формирования гигантских знаков ряби течения** принципиально подобен процессу образования мелкой песчаной ряби, который сейчас довольно подробно изучен. В нашей стране для мелкой песчаной ряби этот вопрос решался в искусственных желобах и на экспериментальных участках с песчаным ложем. В общем, было установлено, что высота и длина волны ряби увеличивается с увеличением глубины и скорости воды. Эта зависимость сложна, хотя в отдельных интервалах парных параметров гряд и потока может быть линейной: В = 4,2D, где В-длина волны, а D – глубина потока. Близкие взаимоотношения приводит и М.С. Ялин: В = 5D.

При некоторой критической глубине воды эта зависимость может меняться на обратную: чем глубже поток, тем ниже дюны, но, вероятно, больше длина волны.

Первая зависимость часто применяется для расчета гидравлических параметров русловых процессов в отечественной литературе, вторая – в западной.

Как отмечает Р.Б. Дайнхарт, правила Ялина вполне справедливы для малых гравийных форм ложа, но, исходя из приведенных формул, уже при стометровой длине паводковой дюны глубина потока должна быть 20 м. При глубинах потока в сотни метров, какие имели американские, алтайские и тувинские дилювиальные потоки, следовало бы ожидать совсем другую морфометрию русловых форм скэбленда. Следовательно, приведенные зависимости мало пригодны для гигантской ряби, генерированной высокоэнергетическими течениями.

Таблица 1. Морфометрия русловой ряби течения и гидравлические характеристики потоков в 4-х пунктах исследований [[6]](#footnote-6)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Район** | **р. Сев. Татл, Вашингтон** | **р. Медина, Техас** | **Колумбийское плато** | **Алтай** |
| **Источник** | Dinehart, 1992 | Baker and Kochel, 1988 | Baker, 1973; Baker&, Nummedal, 1978 | Baker, Benito Rudoy, 1993; Rudoy, Baker, 1993 |
| **Дата** | Декабрь, 1989 | Август, 1978 | Плейстоцен | Плейстоцен |
| **Длина волны, м** | 6–15 | 80 | 120 | 200 |
| **Высота волны, м** | 0.2 | 3 | 6 | 20 |
| **Глубина****потока, м** | 1,4 | 10 | 100 | 400–500 |
| **Средняя скорость течения, м/с** | 2.5 | 3.5 | 18 | 32.5 |
| **Напряжение сдвига ложа, н/м2** | 100 | 300 | 1800 | до 20000 |
| **Мощность, вт/м2** | 250 | 1000 | 32000 | до 1000000 |
| **Расход, м3/с** | 175 | 7000 | 10000000 | свыше 18000000 |

Чередование гранулометрически разнородных слоев и горизонтов в строении паводковых дюн можно объяснить комбинацией механизмов периодического оползания крупнообломочного материала, накапливающегося в пригребневой части дистального слоя, флуктуацией потока и короткопериодическими изменениями гранулометрии влекомых наносов. П.Э. Карлинг полагает, что поскольку падение слоистости в паводковых дюнах близко к состоянию покоя, то гряды в русле перемещались в основном не обваливанием и оползанием, а перекатыванием подвижных слоев через изгиб в вершине гребней и отложением их на дистальном склоне.

Для роста ряби в условиях соответствующего потока требуется очень небольшие интервалы времени. Р.Б. Дайнхарт на примере рек северо-запада США установил, что при высоте гребней речных дюн в пределах 0,2 – 0, 4 м их длина увеличивается до 30 м за 1 – 2 суток. Т.К. Густавсон, все же можно предположить, что и формирование рельефа гигантской ряби течения в дилювиальных потоках происходило очень быстро.

Сейчас же пока можно сделать предварительный вывод о том, что гигантские знаки ряби течения являются русловыми формами, которые не могут быть сопоставлены непосредственно из наблюдений ни в современных ущельях и небольших разветвленных реках, ни в больших зрелых речных долинах.

Завершая этот раздел, отмечу, что в настоящее время ни в одной стране не разработана классификация гигантских знаков ряби течения подобная тем, которые имеются для мелкой речной ряби. Эта работа по генетическому разделению дилювиальных фаций еще впереди и, по-видимому, лежит в русле «потопной седиментологии» Пола Карлинга.

**Определения**

Гигантская рябь течения – это активные русловые формы рельефа высотой до 20 м, образованные в околотальвеговых участках пристрежневых частей магистральных долин дилювиального стока. В плане образуют серповидные или извилистые гряды длиной от первых метров до километров, разделенные мульдообразными понижениями с частыми перемычками. Гигантские знаки ряби течения состоят из косослоистых промытых гравийно-галечниковых отложений с участием окатанных валунов и глыб. Гигантские знаки ряби являются морфологическим и генетическим макроаналогом мелкой песчаной ряби течения. Гигантские знаки ряби течения имеют асимметричную в поперечном профиле форму «китовой спины», где более пологий слабовыпуклый к гребню склон обращен навстречу течению палеопотока, а более крутой, слабовогнутый в пригребневой части, склон, находится в зоне относительной русловой тени.

Гигантская рябь течения является важнейшим звеном группы аккумулятивных форм парагенетической ассоциации дилювиального морфолитокомплекса горных и равнинных скэблендов.

Скэбленд – это территории ледниковой и приледниковой зон, подвергающиеся или подвергавшиеся ранее многократному воздействию катастрофических паводков из ледниково-подпрудных озер, оставивших оригинальные эрозионные, эворзионные и аккумулятивные природные образования, по которым возможно определить гидравлические параметры водных потоков, реконструировать историю скэбленда и дать прогноз. Скэбленд – это площадь, рассеченная параллельными ложбинами, изобилующая каплевидными в плане холмами, водобойными котлами и следами кавитации; геоморфологический ландшафт, созданный гидросферной катастрофой.

Определения «скэбленда» возможно расширить в связи с марсианскими открытиями и в связи с разработкой геофизического эффекта подледных извержений вулканов. В этом аспекте происхождение скэблендов целесообразно связывать также и с внезапным таянием криосферы и катастрофическими прорывами вод под мерзлотой и между ее слоями как на Земле, так, в частности, и на планете Марс.

**Позднечетвертичная гляциогидрология и гидравлические характеристики дилювиальных потоков**

**Палеогидрология**

Только на территории Горного Алтая общая площадь ледниково-подпрудных озер, подсчитанная по высотному положению сохранившихся береговых линий, спиллвеев и кровле озерных отложений, составляла в позднем плейстоцене не менее 27 тыс. км2, а суммарный объем достигал 7, 3 тыс. км3. В целом же в горах Южной Сибири по предварительным оценкам эти параметры составляли, соответственно, 100 тыс. км2 и 60 тыс. км3.

Самыми крупными ледниково-подпрудными озерами из изученных были Чуйское и Курайское, которые на определенном этапе их эволюции, на стадиях деградации последнего оледенения, представляли собой единый Чуйско-Курайский ледниково-подпрудный водоем. Обнаруженные во время полевых работ 1984 г. на абсолютных отметках свыше 2400 м новые перевалы-спиллвеи из Курайской котловины в бассейн р. Чаган-Узуна и из Чуйской – в бассейн р. Башкауса, а также комплекс дилювиальных валов на перевале Кызыл-Джалык – Кызыл-Чин и Кызкынор, показали, что рекордные объемы Чуйско-Курайской системы ледниково-подпрудных озер могли достигать 3500 км3, т.е. были гораздо больше максимальных объемов оз. Миссула.

Характерные для горных систем Центральной Азии большие межгорные котловины, окруженные высокими хребтами, несущими мощное оледенение, в ледниковое время представляли собой систему сообщающихся водоприемников, сток из которых осуществлялся по крупнейшим дренажным системам, на Алтае – по долинам Чуи, Чулышмана, Башкауса, Катуни, Бии, и, вероятно, Джасатера-Аргута. Это установлено по комплексу дилювиальных образований в этих долинах, но главным образом – по местонахождениям рельефа гигантских знаков ряби течения.

В случае повышенной мощности ледниковых плотин в каналах стока регулирование запасов воды в водоприемниках происходило путем частичной водоотдачи через дренажные каналы низших порядков – перевальные седловины в соседние бассейны. Сброс части вод через спиллвеи Тобожок-Башкаус должен был вызывать катастрофическое опорожнение ледниково-подпрудных озер в долинах рр. Башкауса, Улаганов и Кубадру. Прорывы Чуйского, Курайского или Уймонских озер провоцировали сбросы воды из Яломанской впадины. Эта озерно-дренажная сеть была чрезвычайно динамичной. Каждый очередной сброс или всех озерных вод, или их излишков немедленно компенсировался интенсивным талым стоком с ледников горного обрамления.

Короткопериодические опорожнения и заполнения котловин накладывались на озерно-ледниковые макроритмы длительностью в десятки тысяч лет, на всех этапах эволюции озер за исключением тех промежутков времени, когда поверхность озер вовлекалась в область питания ледников и возникали наледные ледоемы и «пойманные озера». На начальных и конечных стадиях оледенений, когда ледниковые плотины были маломощными и неустойчивыми, опорожнения происходили за счет прорывов или всплывания плотин. В остальных случаях излишки воды сбрасывались через спиллвеи, а также поверх плотин, которые в итоге опять-таки прорывались.

В магистральных долинах стока из некоторых котловин имеются фрагменты отложений подпруживавших озера ледников. Эти морены приурочены к створам участков прорыва на разных гипсометрических уровнях каналов при выходе из котловин. Фрагменты морен встречаются и на бортах каналов стока ниже участков прорыва. Такие образования специально изучались автором в долине Чуи между Чуйской и Курайской впадинами, ниже Курайской впадины, на склонах в урочище Баротал, в долине р. Катуни ниже урочища Сок-Ярык, в долине р. Чулышмана, в долине р. Ванча в Горном Бадахшане и в других местах. В.В. Бутвиловский и Г.Г. Русанов изучали эти образования в бассейне р. Башкауса, а М.Г. Гросвальд – в большинстве ледниковых районов мира.

Противники теории дилювиального морфолитогенеза утверждают, что если бы ледниково-подпрудные озера сбрасывались катастрофически, то дилювиальные потоки эродировали бы весь рыхлый материал в нижележащих долинах.

Во-первых, иной, не катастрофический, сценарий разгрузки ледниково-подпрудных озер в настоящее время неизвестен. Во-вторых, многочисленные современные примеры в самых разных районах планеты показывают, что ледниково-подпрудные озера способны продуцировать катастрофические паводки и без полного уничтожения подпруживающих ледников и их фронтальных морен.

Очевидно, что и сбросы Чуйского, Курайского, Уймонского и других озер в направлении магистральных долин на стадиях последней дегляциации, когда озера уже не достигали максимальных объемов в связи с уменьшением талого стока и маломощностью плотин, происходили главным образом по внутри- и окололедниковым каналам и полостям, а также – по подледниковым спиллвеям. Полного уничтожения плотин на этих этапах не происходило.

Таким образом, например, было спущено в сентябре 1982 г. оз. Стрэндлайн на Аляске. Это озеро имело объем 7 × 108 м3. Скорости дилювиального потока были оценены авторами статьи в 14 м/с. После катастрофического сброса озера, которых длился 5 часов, внутриледниковые каналы стока оставались открытыми еще около года, после чего закрылись.

У. Мэтьюз сообщает о механизме катастрофического прорыва ледниково-подпрудного оз. Саммит в декабре 1965 г.. Это озеро было спущено по внутриледниковому туннелю правильно формы с максимальным диаметром 13,1 м и длиной почти 13 км. Максимальный расход воды составлял 3200 м3/с.

Ярким примером обсуждаемого механизма катастрофических сбросов ледниково-подпрудных озер является долина р. Ванч на Памире. Верховья этой долины буквально завалены протаивающим моренным материалом – реликтом многочисленных подвижек ледника Медвежий. В 3 – 4 км от устья р. Дустироз вниз по р. Ванч долину почти перегораживает хорошо сохранившийся конечно-моренный комплекс ледника Русского географического общества. Этот комплекс представляет собой, по существу, активный каменный глетчер, под моренным чехлом которого залегает интенсивно убывающий ледниковый лед. А ведь только в течение 20-го столетия Абдукагорское озеро прорывало ледниковую плотину не менее шести раз: в 1910, 1937, 1951, 1963, 1973 и в 1985 годах. Зато еще ниже ледника РГО по течению Ванча долина в прирусловой части оказалась практически полностью вычищена гляциальными прорывными паводками, которые генерировало Абдукагорское ледниково-подпрудное озеро. Здесь можно встретить почти весь известный геоморфологический набор следов дилювиальных потоков: подрезанные конусы выноса, выположенное днище самой долины, покрытое огромными, в несколько метров в диаметре, глыбами, маргинальные каналы дилювиальных стоков по коренным бортам долины, эворзионные впадины «сухих водопадов» и т.п.

При кульминации оледенений механизм подледниковых катастрофических сбросов озер становился, по-видимому, превалирующим, хотя сами сбросы происходили реже. В частности дилювиальные каналы сбросов и геоморфологические следы работы напорных подледниковых вод под позднеплейстоценовой ледниковой лопастью описываются для Южного Онтарио, провинций Альберта, Квебек и северо-западных территорий современной Канады. Формирование отдельных форм рельефа, происхождение которых связывалось ранее с приледниковым морфогенезом, Т. Бреннард и Дж. Шоу объясняют напряженными водно-эрозионными динамическими обстановками под ледниковыми щитами.

Сейчас разработаны математические модели нескольких механизмов истечения воды из ледниково-подпрудных озер и внутриледниковых полостей, рассматривающий широкий их спектр от медленного просачивания воды через трещины во льду и термоэрозии с дальнейшим прорывом до катастрофических взламываний, прорывов льда. С палеогляциологических позиций важно то, что приледниковые и внутриледниковые озера способны продуцировать катастрофические паводки без полного уничтожения подпруживающего ледника. С геоморфологических позиций важно то, что наличие моренного материала в каналах стока не опровергает вероятность катастрофических опорожнений озер.

Несколько лет назад, когда рельеф гигантской ряби течения в горах Южной Сибири уже многие исследователи перестали, наконец, именовать мореной и т.п., то есть когда гигантская рябь течения получила свое верное, дилювиальное, объяснение, некоторое недоумение естествоиспытателей вызывала необычная ориентировка гигантских дилювиальных гряд в Курайской межгорной впадине. Согласно этой ориентировке, направление четвертичных дилювиальных потоков из котловины было обратным современному направлению р. Чуи. Другими словами, огромные массы воды, как и писали об этом Г.Ф. Лунгерсгаузен и О.А. Раковец, изливались в сторону Монголии.

Палеогляциологические реконструкции П.А. Окишева, основанные на том, что последнее оледенение в горах Алтая возникло и существовало вследствие понижения среднелетних температур воздуха относительно современных примерно на 5° без увеличения относительно современного среднегодового количества осадков, показали, что талый сток с ледников Алтая был в 10 раз меньше современного, т.е. был настолько ничтожен, что поглощался «каналами и трещинами ледника, занимавшего долину Чуи» в максимум оледенения и не «обеспечивал» образования озера в Курайской, в частности, котловине. Другими словами, ледники как губка впитывали ту малую воду, которая была, и котловины с подпруженным ледниками же стокомоставались сухими.

Для оценки талого стока в максимум и постмаксимум последнего оледенения в бассейне крупнейшей на Алтае Чуйской котловины мы использовали данные самого П.А. Окишева о градиенте температур в эти периоды и предлагаемые им же величины депрессии снеговой линии. В разработке модели учитывались рекомендации М.Б. Дюргерова, В.Г. Ходакова и А.Н. Кренке. Погрешность полученных результатов, по-видимому, не превысила ошибки определения границ четвертичных ледников.

Наши расчеты показали, что объем современного ледникового стока в бассейне верхней Чуи составляет около 0,3 км3/год. В первую фазу позднечетвертичного оледенения он составлял в среднем около 8,5 км3/год. Это означает, что в ледниковый максимум вюрма, если принимать исходные данные П.А. Окишева, объем талого стока с ледников Алтая мог быть почти в 30 раз больше современного.

Отмечу при этом, что, во-первых, для расчетов принималась величина депрессии границы питания как минимум на 400 м меньшая, чем действительная для указанных хронологических срезов; во-вторых, отклонения среднелетних температур воздуха на эти временные интервалы по некоторым данным были гораздо больше. Наконец, в-третьих, утверждение П.А. Окишева о неизменности, или даже – аридности, климата в ледниковые эпохи на территории гор Центральной Азии представляется совсем не бесспорным.

Работы Е.В. Девяткина, В.Э. Мурзаевой, А.А. Свиточа, Е.М. Малаевой и многих других геологов содержат очень серьезные доказательства синхронности плювиальных обстановок с похолоданиями с одной стороны, и глубокой аридизацией климата Центральной Азии в межледниковья с другой.

«Именно после оледенения до крайности усилился аридный режим Центральной Азии…», писал еще в 1949 г. Э.М. Мурзаев. На основании геоморфологических данных этот великий знаток Азии отмечал «несомненно более влажный, нежели современный, климат ледникового времени. Наши материалы по «сухим долинам» северо-восточного склона хр. Сайлюгем подтверждают выводы перечисленных исследователей о гораздо большей увлажненности климата в эпоху по крайней мере последнего оледенения и о постледниковой, резко проявившейся в раннем голоцене, аридизации.

Поэтому можно полагать, что объем талого стока в бассейне верхней Чуи был еще больше, чем полученный по нашим расчетам из данных П.А. Окишева. Так или иначе, даже опираясь на приведенные, явно заниженные, оценки объема ледникового стока, легко подсчитать, что для заполнения Чуйской котловины до горизонтали 2200 м потребовалось бы, исходя из объема котловины, порядка всего ста лет. Курайская котловина должна была заполняться до этих отметок как минимум втрое быстрее. Поэтому до выравнивания уровней Курайского и Чуйского ледниково-подпрудных озер сток воды должен был быть направлен на восток, в бассейн заполнявшегося Чуйского озера.

Возможен еще один сценарий палеогидрологических событий, способный удовлетворительно объяснить «странную» ориентировку гигантской ряби в Курайской впадине. При изменении плановой конфигурации речного русла гидродинамический режим меняется, меняется и характер донной и боковой эрозии и прибрежной и иной аккумуляции наносов. Это контролируется дифференциацией скоростей течения на разных участках русла и изменением характера продольной и поперечной циркуляции воды в нем. В некоторых местах возникают зоны энергичных локальных водоворотов, а также более обширные пространства с обратными течениями. Именно на таких участках обратных течений, как показывают экспериментальные и натурные материалы, возникают грядовые русловые формы, не фиксирующие, кстати, – и это очень важно, участки максимальных скоростей и глубин основного потока.

В случае с Курайской впадиной палеогидрологическая ситуация, в частности могла выглядеть так, как показано на схеме. Можно добавить, что предложенное объяснение не является откровением для специалистов по русловым процессам, но может оказаться небезынтересным для специалистов в области динамической геологии и геоморфологии. Разумеется, оба сценария не исключают друг друга.

Реконструированный в Курайской впадине циклональный круговорот воды, имевший почти 10-километровый радиус, вместе с основным, продольным палеотечением мог бы служить зеркальной моделью современной циркуляции Арктического бассейна.

Гигантские знаки ряби течения, развитые в верхних истоках Енисея, позволяют наметить дилювиальную палеогляциогидрологию этой территории. Как видно из палеогляциологической схемы М.Г. Гросвальда, поля гигантской ряби расположены повсеместно по берегам Ка-Хема – Улуг-Хема. Образование этой ряби М.Г. Гросвальд связывает с катастрофическими прорывами Дархатского ледниково-подпрудного озера во время распада последнего оледенения.

Дархатская межгорная впадина ограничена с запада, севера и востока горными хребтами с абсолютными высотами около 3000 м, а на юге отделена от бассейна Мурэна водораздельной грядой с отметками около 2000 при высоте днища котловины – 1570 м. Абсолютная отметка уреза р. Кызыл-Хема у выхода из котловины – 1543 м. А.И. Спиркин, много работавший в бассейне Дархатской котловины, доказал неоднократное возникновение в котловине плотинных озер. Большинство плотин Дархатского озера были вулканического происхождения, следы последнего же озера указывают на его ледниково-подпрудный генезис. С выводами А.И. Спиркина согласились М.Г. Гросвальд и Н.В. Лукина.

Максимальная площадь Дархатского ледниково-подпрудного озера, восстановленная по гипсометрии озерных террас, составляла в последнюю ледниковую эпоху около 2600 км2, а объем воды превышал 250 км3. На основании сравнения величин испарения и средних годовых сумм атмосферных осадков в бассейне Дархатской впадины и современном речном бассейне, М.Г. Гросвальд делает вывод о том, что время, необходимое для заполнения озерной ванны до отметки 1720 м, составляло около 100 лет. После этого озеро прорывалось.

Этот сценарий очень похож на реконструированную поздневюрмскую историю алтайских ледниково-подпрудных озер. Даже порядок величин скорости заполнения межгорных впадин талыми водами одинаков – около ста лет. Можно предполагать, что этот порядок справедлив и для других ледниково-подпрудных озер Центральной Азии, если иметь в виду сходные климатические условия их питания и режима.

Систематические дилювиальные потоки из Дархатской впадины создали каньоны-кули в истоках Енисея, а также гигантские знаки ряби течения рр. Кызыл-Хема и Ка-Хема – Улуг-Хема. Кроме этого, согласно нашим наблюдениям, именно в результате работы дилювиальных потоков днища многих тувинских котловин почти полностью лишены обломочного рыхлого чехла. Обширный участок долины Енисея в районе Кызыла-Шагонара имеет лишенные рыхлых отложений склоны, и часто вычищенные от рыхлых осадков верхние террасовые цокольные уровни. Отложения гигантской ряби района Кызыла залегают, вероятно, на среднечетвертичном цоколе, который повсеместно обнажается рекой.

Как отмечалось, четвертичная гляциогидрология Саяно-Тувинского нагорья изучена лишь в самых общих чертах благодаря, в первую очередь, трудам М.Г. Гросвальда. Представляется удивительным пробелом то, что известная более двадцати лет тувинская гигантская рябь специально никем не изучалась, хотя даже по описанным местонахождениям можно судить о том, что по представительности она ничем не уступает алтайской и американской. Более того, если исходить из общей палеогляциологической ситуации территории нагорья и прилегающих прибайкальских регионов, ледниково-подпрудные озера существовали здесь повсеместно, и гигантская рябь течения может быть обнаружена во многих долинах. Нужно лишь представлять, что именно необходимо искать.

Расчеты гидравлических параметров дилювиальных потоков по морфометрии и вещественному составу гигантских знаков ряби и по топографии каналов стока

Первые определения расходов дилювиальных потоков позднечетвертичного североамериканского озера Миссула для различных участков производились по известной в гидрологии формуле Шези. Полученные результаты были грандиозны: от 2 до 10 млн. м3/с. Тем не менее, неопределенность коэффициента шероховатости русла приводила к значительным неточностям, а сами результаты казались многим сомнительными. Позднее В.Р. Бейкер на основании статистического анализа большого количества натурных данных вывел эмпирические зависимости между размерами гряд ряби течения и глубиной и скоростью потоков, в руслах которых эти гряды формировались:

Н = 0.923V **0.455**; B = 37.8V **0.348** и B = 8.24D **0.87**,

где Н – средняя высота волны ряби, В-средняя длина волны, D – глубина потока над полем ряби и V – средняя скорость течения воды.

В.Р. Бейкер определил и диапазон условий, в пределах которых справедливы эти взаимоотношения: глубина потока от 12 до 152 м, средняя скорость течения 9 – 18 м/с, крупность частиц, слагающих паводковые дюны – от гравия до валунов диаметров до 1.5 м и некоторые другие. Согласно зависимостям В.Р. Бейкера, для участка гигантской ряби Платово-Подгорное на 12 – 14-метровой левобережной террасе р. Катунь в предгорьях Алтая были получены средние скорости потока около 16 м/с, глубины потока около 60 м и расходы воды, с учетом современной морфологии долины, не менее 600 000 м3/с. Эти цифры несколько превышают ранее опубликованные в связи с уточнением морфометрии грядового рельефа методом крупномасштабной топографической съемки.

Участок Платово-Подгорное находится почти в 300 км от возможных мест прорыва. Поток здесь распластывался, его глубины и скорости падали. В горах скорости и глубины фладстримов были гораздо больше. Для поля дилювиальных дюн и антидюн на участке рр. Малый Яломан – Иня в Центральном Алтае, согласно зависимостям В.Р. Бейкера, были получены глубины потока более 400 м и скорости – около 30 м/с, а расходы, соответственно, – более 1 млн. м3/с. Полученные величины, как видим, не удовлетворяют условиям, для которых справедливы формулы В.Р. Бейкера, и требуют иных, независимых, подтверждений.

По расчетам П.Э. Карлинга, автора первых специальных работ по флювиальной геоморфологии и седиментологии грядового дилювиального рельефа на Алтае, обычные расходы дилювиальных потоков над местами образования ряби в Горном Алтае к моменту стабилизации фладстримов варьировали в интервале от 2×104 м3/с до 5×104 м3/с с максимумом на пике паводка в 750 000 м3/с. Максимальные глубины потока достигали 50 метров. Эти данные основаны на результатах компьютерной обработки множественных гранулометрических проб и крупномасштабной топографической съемки, произведенной на участках Платово – Подгорное, Малый Яломан – Иня и на полях развития рельефа гигантской ряби в Курайской впадине.

Недавно П.Э. Карлинг совместно с американскими планетологами обнаружил и предварительно проанализировал первое для Марса поле гигантских знаков ряби течения в системе каналов Атабска на Плато Цербера. Анализ марсианской гигантской ряби основывался на сравнении последней с курайской рябью на Алтае. В плане дилювиальные дюны и антидюны Атабаска напоминают барханоиды. Высота волны колеблется около 3,5 м при максимуме в около 5 м; длина волны достигает 130 м. Такая рябь, полагают авторы, откладывалась в русле потока с числом Фруда от 0, 5 до 0, 84 и с расходами около 2 × 106м3/ с.

Как видим, расчеты П.Э. Карлинга не противоречат данным, полученным по формулам В.Р. Бейкера, хотя сам ход экспериментальных и аналитических работ, несомненно, более сложен. Следует еще раз подчеркнуть, что гидравлические параметры дилювиальных потоков над полями гигантских знаков ряби, в особенности – в зонах обратных течений, не отражают максимальные характеристики потока на стрежне, где скорости и глубины воды были гораздо больше.

Для оценки расходов дилювиальных потоков при прорывах приледниковых озер часто применяют эмпирические формулы Дж. Клейга и У. Мэтьюза, Дж. Бегета и Дж. Коста, в которых предполагается прямая связь между объемами сброшенных озер и расходами йокульлаупов на створах прорыва ледниковых плотин:

Qmax = 0.0075 V 0.667;

Qmax = 0.0065 V 0.69;

Qmax = 0.0113 V 0.06,

где Qmax – максимальные расходы йокульлаупов, а V – объем озера. Согласно этим формулам, плейстоценовая система Чуйско-Курайских ледниково-подпрудных озер продуцировала йокульлаупы с расходами от 4 до 9 × 105 м3/с.

В настоящее время предпочтение отдается формуле, как более точной. В основе этой модели лежит уравнение регрессии, выведенное по результатам наблюдений десяти прорывов современных ледниково-подпрудных озер. Недостаток этой модели для целей четвертичной гляциогидрологии заключается в том, что: 1) она не учитывает топографию каналов прорыва и уже на некотором удалении от озерной ванны вниз по долине стока сильно занижает значение расходов воды; 2) зависимость выведена эмпирическим путем для современных приледниковых озер, размеры которых по крайней мере на два порядка меньше четвертичных. Тем не менее, при невозможности прямых измерений в дилювиальных потоках, я исхожу из того, что перечисленные зависимости представляют сходимые результаты, и на них можно ориентироваться при отсутствии альтернативных методов палеогидравлических расчетов.

По материалам полевых и картографических работ Алтайской российско-американской экспедиции 1991 г. были выполнены вычисления расходов дилювиальных потоков при прорыве всей Чуйско-Курайской системы четвертичных ледниково-продпрудных озер. В гидрологических расчетах профилей водной поверхности использовалась компьютерная программа НЕС-2. Ход вычислений основывался на решении уравнения удельной энергии, выведенного из уравнения Бернулли для установившегося, плавно изменяющегося течения. Основанием для вычислений были 17 поперечных профилей через долину р. Чуи, выбранных на участке длиной около 18 км приблизительно между «Золотаревской будкой» и пос. Чибит по «новой долине Чуи». Детальные геометрические данные канала стока по семи профилям были получены из топографических карт масштаба 1: 25 000.

Вычисленный нами максимальный расход для Чуйско-Курайского йокульлаупа оказался равен 18 × 106 м3/с. Эта оценка превышает таковую для максимального расхода дилювиального потока из озера Миссула, который был оценен в 17 × 106 м3/с. Сравнение расходов центрально-азиатских и североамериканских гляциальных суперпаводков представляется вполне корректным, так как для обоих регионов задача решалась по единой методике, а в полевых экспериментах участвовали одни и те же специалисты.

Материалы детальных полевых работ немецких исследователей в целом подтверждают наши данные. При своих вычислениях эти специалисты приняли объем Чуйско-Курайской озерной системы всего в 607 км3 и исходили при этом из абсолютных отметок береговых линий Чуйского и Курайского ледниково-подпрудных озер в 2100 м. Я оценил высоту озерных террас в 2200 м. Эта оценка производилась по привязке точек береговых линий на аэрофотоснимках и соответствующих точек на крупномасштабных картах. При этом суммарный объем воды должен был достигать не менее 1000 км3. Максимальные же объемы рассчитывались, как сказано, в первую очередь по абсолютным отметкам спиллвеев. Тем не менее, и при минимальных объемах озер Ю. Хергет с коллегами получили очень представительные результаты.

Они проанализировали 85-километровый участок долины р. Чуи до устья. Основанием для вычислений были 244 поперечных профиля, снятые с крупномасштабной топографической карты и с помощью GPS-системы на местности. Высоты поверхностей потоков принимались исходя из отметок береговых дилювиальных валов. Для обработки результатов была использована программа HEC-RAC – Hydrologic Engineering Center of the US Army Corps of Engineers – River Analysis System. По всем профилям были получены расходы потоков в интервале 8 × 106 м3/с – 12 × 106 м3/с. Глубины потоков варьировали от 280 до 400 м, а средние скорости течения на разных створах были 9 – 37 м/с. Число Фруда колебалось в соответствие с энергией потока от 0, 20 до 0, 85. Пик гидрографа стока на субкритическом участке показал расход воды в 20,5 × 106м3/с при скорости 72 м/с, что превышает и данные наших расчетов для Чуйско-Курайской системы озер, и данные для оз. Миссула.

Наличие потоков с такими расходами, предполагающими катастрофический прорыв, разламывание ледниковых плотин, не препятствует сценарию множественных фладстримов с расходами порядка 1 млн. м3/с, и связанных с повторяющимися заполнениями и опорожнениями ледниково-подпрудных озер. Более того, такие регулярные, «заурядные», потоки, которые все же были очень велики, могли оказывать на земную поверхность более сильное влияние благодаря не столько своей мощности, сколько систематичности, чем супермощные, феноменальные, но единичные йокульлаупы.

Высокие расходы и скорости суперпотоков определяли их способность производить огромную эрозионную и транспортирующую работу. Это следует из известных эмпирических формул, согласно которым твердый сток и интенсивность эрозии пропорциональны квадрату расхода русловых потоков и кубу их скорости. Строение скэбленда показывает, что геологическая работа, совершенная катастрофическими гляциальными суперпотоками, производилась поразительно быстро. Расчеты подтверждают, что для прохождения всего объема воды из Чуйско-Курайских озер через проанализированный участок потребовалось бы, на пике гидрографа, исходя из приведенных выше цифр, всего около 10 минут. Ю. Хергет получил величину продолжительности суперпаводка в долине р. Чуи в 2–3 дня.

Такие потоки имели чрезвычайно высокие напряжения сдвига ложа, описываемые в виде:

τ = γ DS;

ω = γ QS/W = τ V,

где τ – напряжение сдвига ложа; γ – удельный вес воды; S – уклон русла; Q – расход; V – средняя скорость течения воды; W – ширина потока. Комбинация этих факторов дает колоссальное давление на единицу площади ложа.

Согласно формулам и, при кульминациях фладстримов глубины дилювиальных потоков превышали 400 м, скорости варьировали от 20 до 45 м/с, а у Ю. Хергета – 72 м/с. Напряжения сдвига ложа составляли от 5000 н/м2 до 20000 н/м2, а мощность потока равнялась, соответственно, от 105 до 106 вт/м2.

А.Н. Костриков выполнил гидродинамическое моделирование для сверхмощных потоков, прорывавшихся из-под гигантского Арктического ледника. В качестве основы для разработки модели он использовал представления М.Г. Гросвальда о происхождении грядово-ложбинного комплекса Северной Евразии. Результаты моделирования представляют интерес и для понимания физической характеристики потопов, которые испытали в конце плейстоцена долины Горного Алтая, Тувы и территории Channeled Scabland в Северной Америке.

А.К. Костриков пишет, что при таких скоростях жидкость течет, практически не испытывая трения о ложе, двигаясь на кавитационной подушке из газовых пузырьков, возникающих вследствие уменьшения давления в жидкости ниже давления парообразования при обтекании неоднородностей подстилающей поверхности. На отдельных участках жидкость может представлять собой сложную смесь воды, льда, кавитационных пузырьков и взвеси, поднятой с подстилающей поверхности. При таких больших скоростях возможно и плавное уменьшение средней плотности «жидкости» с высотой вследствие образования волн, всплесков, пены и водной пыли. Таким образом, заключает А.Н. Костриков, поток мог не иметь «свободной поверхности» в традиционном понимании.

В лаборатории палеогидрологического и гидроклиматического анализа Аризонского университета было установлено, что для формирования главных черт рельефа изрезанных земель Колумбийского базальтового плато в Северной Америке при расходе паводка из озера Миссула в 17 млн. м3/с потребовалось не более 3 часов. Для совершения адекватной работы такой реке, как Миссисипи в ее половодном режиме, потребовалось бы, по крайней мере, 30 тысяч лет. Сравнение энергии четвертичных дилювиальных потоков Центральной Азии с потенциальной работой, например, Оби дадут результаты никак не менее впечатляющие.

**Заключение**

Современные реконструкции ледниковой палеогидрологии Алтая и Тувы начались с открытия и изучения рельефа и географии гигантских знаков ряби. Если другие формы скэбленда, особенно – в горах, могут иметь неоднозначную генетическую интерпретацию, то в совокупности с гигантской рябью они дают однозначный путь к реконструкциям: были крупные оледенения и были крупные ледниково-подпрудные озера. Были систематические и грандиозные их прорывы, в результате которых за часы-дни-недели кардинально менялась исходная топография. Гигантские знаки ряби течения, таким образом, – исключительное доказательство катастрофических прорывов ледниково-подпрудных озер и / или взрывного таяния криосферы.

Открытие и крупномасштабное картографирование новых местонахождений полей гигантских знаков ряби течения и других дилювиальных образований предоставит исследователю новый научный и методологический инструмент для реконструкции известной сегодня лишь в общих чертах грандиозной системы перигляциальных палеостоков всей Центральной и Северной Азии.

На территориях, где установлено четвертичное оледенение и приледниковые водоемы, должны быть обнаружены гигантские знаки ряби течения. На территориях, где обнаружены гигантские знаки ряби течения, должны быть обнаружены и следы четвертичных оледенений и ледниково-подпрудных озер.

Согласно реестру Американской геологической службы, позднечетвертичные алтайские дилювиальные потоки, открытые и реконструированные в первую очередь по гигантским знакам ряби течения, по своим гидравлическим характеристикам занимают первое место в мире, североамериканские миссульские – второе, и тувинские – третье.

**Литература**

1. Арнольд В.И. Теория катастроф. – М.: Наука, 1990. №2. 128 с.
2. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. – М.: РАН, 1997. Т.2. Кн. 2. 392 с.
3. Барышников Г.Я. Развитие рельефа переходных зон горных стран в кайнозое. – Томск: Томский ун-т, 1992. 182 с.
4. Барышников Г.Я., Платонова С.Г., В.П. Чичагов. Геоморфология гор и предгорий // Геоморфология, 2003. №1. С. 108–109.
5. Борисов Б.А., Минина Е.А. Ледниковые отложения Алтае-Саянской горной области. – Хронология плейстоцена и климатическая стратиграфия. Л.: Наука, 1973 С. 240–251.
6. Борисов Б.А., Минина Е.А. О гипотезе катастрофических гляциальных паводков на территории Алтае-Саянской области в свете геолого-геоморфологических данных // Всероссийское совещание «Главнейшие итоги в изучении четвертичного периода и основные направления исследований в ХХI веке». СПб, 1998. С. 90–91.
7. Бутвиловский В.В. О следах катастрофических сбросов ледниково-подпрудных озер Восточного Алтая // Эволюция речных систем Алтайского края и вопросы практики. – Барнаул, 1982. С. 12–17.
8. Бутвиловский В.В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. – Томск: Томск. ун-т, 1993. 253 с.
9. Волков И.А., Зыкина В.С. Южная часть Западно-Сибирской равнины / Западная Сибирь // Развитие ландшафтов и климата Северной Евразии. – М.: Наука, 1993. Вып. 1. С. 32–35.
10. Геокриология СССР. Европейская территория СССР. – М.: Недра, 1988. 358 с.
11. Геокриология СССР. Средняя Сибирь. – М.: Недра, 1989. 414 с.
12. Гришанин К.В. Динамика русловых процессов. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1969. 166 с.
13. Гросвальд М.Г. Последнее оледенение Саяно-Тувинского нагорья: морфология, интенсивность питания, подпрудные озера // Взаимодействие оледенения с атмосферой и океаном / Ред. В.М. Котляков – М.: Наука, 1987. С. 152–170.
14. Гросвальд М.Г. Евразийские гидросферные катастрофы и оледенение Арктики. – М.: Научный мир, 1999, 120 с.
15. Гросвальд М.Г. Оледенение и вулканизм Саяно-Тувинского нагорья // Изв. РАН. Сер. географическая, 2003. №2. С. 83–92.
16. Гросвальд М.Г., Рудой А.Н. Ледниково-подпрудные озера в горах Сибири // Изв. РАН. Сер. географическая, 1996. №6. С. 112–126.
17. Девяткин Е.В. Кайнозойские отложения и новейшая тектоника Юго-Восточного Алтая // Тр. ГИН АН СССР, 1965. Вып. 126. 244 с.
18. Девяткин Е.В. Меридиональный анализ экосистем плейстоцена Азии  // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 1993. Т. 1. №4. С. 77–83.
19. Девяткин Е.В., Малаева Е.М., Мурзаева В.Э., Шевкопляс В.Н. Плювиальные плейстоценовые бассейны Котловины Больших озер Западной Монголии // Изв. АН СССР. Сер. географическая, 1978. №5. С. 11–19.
20. Диких А.Н. Современное оледенение Центрального Тянь-Шаня и его роль в формировании стока р. Сары-Джаз // Проблемы освоения гор. – Фрунзе: Илим, 1982. С. 40–48.
21. Диких А.Н. Ледниковый сток рек Тянь-Шаня и его роль в формировании общего стока // Материалы гляциологических исследований, 1993. Вып. 77. С. 41–50.
22. Дюргеров М.Б. Изучение пространственно-статической структуры поля поверхностной абляции горного ледника // Материалы гляциологических исследований, 1976. Вып. 26. С. 140–144.
23. Дюргеров М.Б., Поповнин В.В. Реконструкция баланса массы, пространственного положения и жидкого стока ледника Джанкуат во второй половине XIX века // Материалы гляциологических исследований, 1981. Вып. 40. С. 73–81.
24. Знаменская Н.С. Грядовое движение наносов. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1968. 188 с.
25. Климанов В.А. Климат Северной Евразии в позднеледниковье  // Короткопериодические и резкие ландшафтно-климатические изменения за последние 15 000 лет / Ред. А.А. Величко. – М.: Наука, 1994. С. 61–94.
26. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Снищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1982. 272 с.
27. Костриков А.А. Геофизическая геодинамика сверхмощных потоков ледникового периода // Материалы гляциологических иследований, 2003. Вып. 95. С. 22–27.
28. Кренке А.Н. Массообмен в ледниковых системах на территории СССР. – Ленинград: Наука, 1986. Вып. 25. С. 99–125.
29. Лаврушин Ю.А. Строение и формирование основных морен материковых оледенений. – М.: Наука, 1976. 238 с.
30. Лунгерсгаузен Г.Ф., Раковец О.А. Некоторые новые данные о стратиграфии третичных отложений Горного Алтая // Тр. ВАГТ, 1958. Вып. 4. 1958. С. 79–91.
31. Лукина Н.В. История Дархатского палеоозера в свете корреляции событий плейстоцена Азии // Стратиграфия и корреляция четвертичных отложений Азии и Тихоокеанского региона / Ред. Г.И. Худяков. – М.: Наука, 1991. С. 85–90.
32. Мацера А.А. Рельефообразующая роль оледенения Восточного Саяна // Геоморфология, 1993. №. 3. С. 84–92.
33. Мурзаев Э.М. К палеогеографии Северной Гоби // Тр. Монгольской комиссии АН СССР. М.: Наука, 1949. Вып. 38. С. 29–40.
34. Новиков И.С., Парначев С.В. Морфотектоника позднечетвертичных озер в речных долинах и межгорных впадинах Юго-Восточного Алтая // Геология и геофизика, 2000. Т. 41. №2. С. 227–238.
35. Окишев П.А. Некоторые новые данные о древнем оледенении Алтая // Докл. Томского отдела ВГО. Л., 1970, с. 44–60.
36. Окишев П.А. Динамика оледенения Алтая в позднем плейстоцене и голоцене. – Томск: Томск. ун-т, 1982. 209 с.
37. Окишев П.А., Петкевич М.В. Горный Алтай. Рельеф Алтае-Саянской горной области. – Новосибирск: Наука, 1988. С. 6–39.
38. Оледенение Памиро-Алтая / Ред В.М. Котляков. – М.: Наука, 1993. 256 с.
39. Павлов А.П. Генетические типы материковых образований ледниковой и постледниковой эпох // Изв. Геологического комитета. СПб, 1888. Т. 7. №. 7. С. 1–20.
40. Панов В.Д. Эволюция современного оледенения Кавказа. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. 432 с.
41. Парначев С.В. Геология высоких алтайских террас. – мск: Томск. политехн. ун-т, 1999, 137 с.
42. Патерсон У.С.Б. Физика ледников. – М.: Мир, 1984. 472 с.
43. Петкевич М.В. Физико-географические аспекты развития склоновых процессов в Центральном Алтае / Дисс… канд. географ. наук. Томск: Томск. ун-т, 1973. 180 с.
44. Поздняков А.В., Окишев П.А. Механизм формирования донных гряд и возможный генезис «гигантской ряби» Курайской котловины Алтая // Геоморфология, 2002. №1. С. 82–90.
45. Поздняков А.В., Хон А.В. О генезисе «гигантской ряби» в Курайской котловине Горного Алтая // Вест. Томск. ун-та, 2001. №274. С. 24–33.
46. Пушкарев В.Ф. Движение влекомых наносов // Труды ГГИ, 1948. Вып. 8. С. 93–109.
47. Разрез новейших отложений Алтая / Ред. К.К. Марков. – М.: Московский университет, 1978. 208 с.
48. Рейнек Г.-Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. – М.: Недра, 1981. 439 с.
49. Рудой А.Н. К истории приледниковых озер Чуйской котловины. – Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения, 1981. Вып. 41. С. 213–218.
50. Рудой А.Н. Некоторые вопросы палеогеографический интерпретации литологии и особенностей распространения озерно-ледниковых отложений Горного Алтая // Гляциология Сибири, 1981. Томск: Томский ун-т. Вып. 1. С. 111–134.
51. Рудой А.Н. К диагностике годичных лент в озерно-ледниковых отложениях Горного Алтая // Изв. Всесоюзного географического общества, 1981. Т. 113. Вып. 4. С. 334–340.
52. Рудой А.Н. Гигантская рябь течения – доказательство катастрофических прорывов гляциальных озер Горного Алтая // Тр. конф. «Современные геоморфологические процессы на территории Алтайского края». – Бийск, 1984. С. 60–64.
53. Рудой А.Н. Дилювий: процесс, терминология, рельеф и отложения // Всесоюзное совещание «Четвертичная геология и первобытная археология Южной Сибири». – Улан-Удэ: Бурятский филиал СО АН СССР, 1986.
54. Рудой А.Н. Режим ледниково-подпрудных озер межгорных котловин Южной Сибири // Материалы гляциологических исследований, 1988. Вып. 61. С. 36–44.
55. Рудой А.Н. О возрасте тебелеров и времени окончательного исчезновения ледниково-подпрудных озер на Алтае // Изв. Всесоюзного географического общества, 1988. Т. 121. Вып. 4. С. 344–348.
56. Рудой А.Н. Концепция дилювиального морфолитогенеза. – Стратиграфия и корреляция четвертичных отложений Азии и Тихоокеанского региона / Тез. Межд. симп. Находка-Владивосток, 1988. Т.2. С. 131–132.
57. Рудой А.Н. Геоморфологический эффект и гидравлика позднеплейстоценовых йокульлаупов ледниково-подпрудных озер Южной Сибири // Геоморфология, 1995. Вып. 4. С. 61–76.
58. Рудой А.Н. Основы теории дилювиального морфолитогенеза // Известия Русского географического общества, 1997. Вып. 1. С. 12–22.
59. Рудой А.Н. О связи гляциальных и дилювиальных процессов рельефообразования // Изв. Русского географического общества, 1997б. Т. 129. Вып. 2. С. 13–21.
60. Рудой А.Н. Гидравлические характеристики и возможная геохронология четвертичных гляциальных суперпаводков на Алтае // Известия Русского географического общества. 2001. Т. 133. Вып. 5. С. 30–41.
61. Рудой А.Н. Четвертичные ледоемы Южной Сибири // Материалы гляциологических исследований, 2001. Вып. 90. С. 40–49
62. Рудой А.Н., Бейкер В.Р. Палеогидрология скейбленда Центральной Азии // Материалы гляциологических исследований, 1996. Вып. 80. С. 103–115.
63. Рудой А.Н., Галахов В.П., Данилин А.Л. Реконструкция ледникового стока верхней Чуи и питание ледниково-подпрудных озер в позднем плейстоцене // Изв. Всесоюзного географического общества, 1989. Т. 122. Вып. 2. С. 236–244.
64. Рудой А.Н., Карлинг П.А., Парначев С.В. О происхождении «странной» ориентировки гигантских знаков ряби в Курайской впадине на Алтае // В сб. «Проблемы геологии Сибири». – Томск: Томск. ун-т, 1994. С. 217–218.
65. Русанов Г.Г. О новых гипотезах происхождения грядового рельефа в Курайской котловине Горного Алтая // Природные ресурсы Горного Алтая. – Горно-Алтайск, 2004а. №2. С. 48–53.
66. Снищенко Б.Ф. О связи высоты песчаных гряд с параметрами речного потока и русла // Метеорология и гидрология, 1980. №6. 86–91.
67. Спиркин А.И. О древних озерах Дархатской котловины  // Геология мезозоя и кайнозоя Западной Монголии. – М.: Наука, 1970. С. 143–150.
68. Сперанский Б.Ф. Основные этапы кайнозойской истории Юго-Восточного Алтая // Вестн. Зап.-Сиб. геол. треста, 1937. №5. С. 50–66.
69. Тимофеев Д.А. Размышления о философии геоморфологии // Геоморфология, 2003. №4. С. 3–8.
70. Тимофеев Д.А., Втюрина Е.А. Терминология перигляциальной геоморфологии. – М.: Наука, 1983. 232 с.
71. Ходаков В.Г. Водно-ледниковый баланс районов современного и древнего оледенения СССР. – М.: Наука, 1978. 194 с.
72. Чистяков А.А. Горный аллювий. – М.: Недра, 1978. 278 с.
73. Allen I.R.L. Asymmetrical ripple marks and the origin of water laid cosete of cross-strata // Liverpool-Manchester Geol. J., 1963. №3. P. 187–236.
74. Arkhipov S.A., Ehlers J., Johnson R.G., Wright H.E. Jr. Glacial drainage towards the Mediterranean during the Middle and Late Pleistocene // Boreas, 1995. Vol. 24. P. 196–206.
75. Baker V.R. Paleohydrology and sedimentology of Lake Missoula Flooding in Eastern Washington // Gel. Soc. Am. Spec. Pap., 1972. V. 6. 79 p.
76. Baker V.R., Benito G., Rudoy A.N. Palaeohydrology of late Pleistocene Superflooding, Altay Mountains, Siberia // Science. 1993. Vol. 259. Р. 348–351.
77. Baker V.R., Bunker R.S. Cataclysmic Late Pleistocene Flooding from Glacial Lake Missoula: a Review // Quaternary Sc. Rev., 1985. Vol. 4. P. 1–41.
78. Baker V.R., Greely R., Comar P.D. et al. The Columbia and Snake river plains, Chapter 11. Geomorphic Systems of North Americs // Geol. Soc. Of Am., 1987. Vol. 2. P. 403–468.
79. Baker V.R., Nummedal D. The Channeled Scabland. – NASA, Wash., D.C., 1978. 186 p.
80. Beget J.E. Comment on «Outburst floods frpm glacial Lake Missoula» by G.K.C. Clark, W.H. Mathews and R.T. Pack // Quaternary Res., 1986. Vol. 25. P. 136–138.
81. Brennard T.A., Shaw John. Tunnel channels and associated landforms, south-central Ontario: their implications for ice-sheet hydrology // Canadian J. Earth Sc., 1994. Vol. 31. №3. P. 505–521.
82. Bretz J.H. The Channeled Scabland of the Columbia Plateau // Geol. Soc. Am. Bull., 1923. V. 31. p. 617–649.
83. Bretz J.H. The Spocan beyond the Channeled Scabland. // J. Geol, 1925. V. 33. P. 97–115.
84. Bretz J.H., Smith H.T., U., Neff G.E. Channeled Scabland of Washington; new data and interpretations // Geol. Soc. America Bull., 1956. V. 67. P. 957–1049.
85. Brennard T.A., Shaw John. Tunnel channels and associated landforms, south-central Ontario: their implications for ice-sheet hydrology // Can. J. Earth Sc., 1994. Vol. 31. №3. P. 505–521.
86. Brunner G.W. HEC-RAS River Analysis System – User’s manual, version 3.0 / Hydraulic referece manual. Davis.
87. Buckland W. Reliquiae Diluvianae. – London: Murray, 1823. 311 p.
88. Burr D.M., Carling P.A., Beyer R.A., Lancaster N. Flood-formed dunes in Athabasca Valles, Mars: morphology, modeling and implications // Icarus, 2004. In Press.
89. Carling P.A. Morphology, sedimentology and palaeohydraulic significance of large gravel dunes, Altai Mountains, Siberia // Sedimentology, 1996. V. 43. P. 647–664.
90. Carling P.A. A preliminary palaeohydraulic model applied to late Quaternary gravel dunes: Altai Mountains, Siberia / Branson J., Brown A.G., Gregory K.J.. Global Continental Changes: the Context of Palaeohydrology // Geol. Soc. Spec. Publ., 1996. №115. P. 165–179.
91. Carling P.A., Kirkbride A.D., Parnachov S.P et al. Late Quaternary catastrophic flooding in the Altai Moutains of south-central Siberia: a Synoptic overview and an introduction to the flood deposit sedimentology / Eds. P.I. Martini, V.R. Baker, G. Garson. – In: Flood and megaflood processes and deposits: resend and ancient examples // Int. Ass. of Sedimentologists. Oxford, England, 2002. Spec. Publ. 32. P. 17–35.
92. Chambers R.L. Sedimentation in glacial Lake Missoula // M.S. Thesis. Un. Montana, 1978.
93. Clague J.J., Mathews W.H. The Magnitude of Jokulhlaups // J. Glacilogy, 1873. Vol. 13. P. 501–504.
94. Costa J.E. Floods from dam failures // Flood geomorphology. – N.Y.: John Wiley & Sons, 1988. P. 439–463.
95. Costello W.R., Southard J.B. Flume experiments on lower-flow-regime bed forms in coarse sand // J. Sedimentary Petrology, 1981. №51. P. 849–864.
96. Dinehart R.L. Evolution of coars gravel bed forms: Field measurement at flood stage // Water Resour., 1992, V. 28. P. 2667–2689.
97. Feldman A.D. HEC Models for Water Resources System Simulation: Theory and Experience // Advances in Hydrosciences. – N.Y., 1981. P. 297–423.
98. Flint R.F. Origin of the Cheney Palouse scabland tract // Geol. Soc. of Am. Bull., 1938. V. 49. P. 461–524.
99. Friend D.A. Glacial Outburst floods of the Kinnicott Glacier, Alaska: a flood hazard assessment // 27 Int. Geogr. Congr., Wash., D.S., Aug. 9–14, 1992. P. 195–196.
100. Gilbert G.K. The transportation of debris by running water // U.S. Geol. Survey, Prof. Pap., 1914. 263 p.
101. Jackson R.G. Hierarchical attributes and a unifying model of bedforms composed of cohesion less material and produced by shearing flow // Geol. Soc. America Bull., 1975. V. 86. P 1523–1533.
102. Herget, J. Reconstruction of Ice-Dammed Lake Outburst Floods in the Altai-Mountains, Siberia – A Reviev // Geol. Soc. India, 2004. Vol. 64. P. 561–574.
103. Herget J.& Agatz H. Modelling ice-dammed lake outburst floods in the Altai Mountains with HEC-RAS. – V.R. Thorndycraft, G. Benito, M. Barriendos and M.S. Llasat 2003. Palaeofloods, Historical Floods and Climate Variability: Application in Flood Risk Assesment,.
104. Huggett R.J. Fundamentals of Geomorphology. – Routledge: London & New York, 2003, 386 p.
105. Malinverno A., Ryan W.B.F., Auffret G. & Pautot G. Sonar images of the Part of recent failure events on the continental margin off Nice, France – In: H.E. Clifton. Sedimentologic Consequences of Convulsive Geologic Events // Geol. Soc. Am. Spec. Pap., 1988. V. 229. P. 59–75.
106. Mathews W.H. Record of two jokulhlaups // Symp. On the Hydrology of Glaciers. Cambridge, 7–13 Sept. 1969. – 1973. P. 99–110.
107. Middleton G.V., Southard J.B. Mechanics of Sediment Movement // Soc. of Economic Paleontologists and Mineralogists. Tulsa, Okla., 1984. 401 p.
108. Nye J.F. Water flow in glaciers: jokulhlaups, tunnels and veins // J. Glaciology, 1976. Vo. 17. №76. P. 181–207.
109. O’Connor J.E., Baker V.R. Magnitudes and implications of peak discharges from glacial Lake Missoula // Geol. Soc. Am. Bull., 1992. Vol. 104. P. 267–279.
110. O’Connor J., Costa J. The World’s largest floods, past and present: their causes and magnitudes / Circ. 1254. U.S. Geol. Survey, 2004. 13 p.
111. Pardee J.T. The glacial Lake Missoula, Montana // J. Geol., 1910. V. 18. P. 376–386.
112. Pardee J.T. Unusual currents in glacial Lake Missoula, Montana // Geol. Soc. Am. Bull., 1942. V. 53. P. 1569–1600.
113. Rudoy A.N. Fundamentals of the Theory of diluvial Morpholithogenesis / Abstr.13th INQUA Congr. Beijing, 1991. P. 131–132.
114. Rudoy A.N. Mountain Ice-Dammed Lakes of Southern Siberia and their Influence on the Development and Regime of the Runoff Systems of North Asia in the Late Pleistocene. Chapter 16. – Palaeohydrology and Environmental Change / Eds: G. Benito, V.R. Baker, K.J. Gregory. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1998. 353 p.
115. Rudoy A.N. Glacier-Dammed Lakes and geological work of glacial superfloods in the Late Pleistocene, Southern Siberia, Altai Mountains // Quaternary International, 2002. Vol. 87/1. P. 119–140.
116. Rudoy A.N., Baker V.R. Sedimentary Effects of cataclysmic late Pleistocene glacial Flooding, Altai Mountains, Siberia // Sedimentary Geology, 1993. Vol. 85. №1–4. Р. 53–62.
117. Shaw John. The meltwater hypothesis for subglacial bedforms // Quaternary International, 2002. Vol. 1. Iss. 1. P. 5–22.
118. Sturm M., Benson C.A. History of Jokulhlaups from Strandline Lake, Alaska, U.S.A. // J. Glaciology, 1985. Vol. 31. №109. P. 272–280.
119. The U.S. Army Corps of Engineers HEC-2 Water Surface Profiles Computer Programm // U.S. Army Corps of Engineers, Davis, CA, 1985.
120. Thorson R.M. Late Quaternary paleofloods along the Porcupine River, Alaska: Implications for the regional correlation // U.S. Geol. Survey Circ., 1989. №1026. P. 51–54.
121. Waitt R.B.J. About forty last-glacial Lake Missoula Jokulhlaups through southern Washington // Geology, 1980. Vol. 88. P. 653–679.
122. Waitt R.B.J. Tens of successive colossal Missoula floods at north and east margin of Channeled Scabland // U.S. Geol. Survey Open-File Report, 1983. P. 83–671.
123. Waitt R.B.J., Thorson R.M. The Cordillerean Ice Sheet in Washington, Idaho and Montana // Late Quaternary of the United States, 1983. Vol. 1. P. 53–70.
124. Yalin M.S. Mechanisms of sediment transport. – London: Pergamon, 1972. 292 p.
1. Даже в книгах для детей на западе сообщаются увлекательные сведения о гигантских ледниковых покровах и о величественном ледниково-подпрудном озере Миссула. Некоторые эти книги уже переведены на русский язык, там имеются цветные блок-диаграммы динамики озера Миссула (напр., Дуглас Палмер. Атлас динозавров: доисторический мир. – М.: Премьера, 2001. 224 с.) [↑](#footnote-ref-1)
2. Эти открытия связаны с именами В.А. Обручева и В.В. Сапожникова. [↑](#footnote-ref-2)
3. В некоторых работах содержатся замечания о том, что еще в 1937 г. Б.Ф. Сперанский писал о гигантских знаках ряби течения в Курайской впадине, и что именно он первым правильно определил происхождение ряби. Это заблуждение, которое проникло даже в западную литературу (например, работы П.А. Карлинга, [89, 90, 91] заимствовано из работ отечественных авторов, в первую очередь С.В. Парначева и И.С. Новикова [41, 34]. Сибирский геолог Б.Ф. Сперанский действительно полагал иное распределение некоторых хребтов Алтая в плейстоцене и, соответственно, другие, часто противоположные современным, направления стока рек, в частности – Чуи. Однако ни о гигантской ряби в Курайской впадине, ни о чем подобном он не писал. [↑](#footnote-ref-3)
4. Интересно, что именно этих участках сейчас проводятся традиционные полевые экскурсии, на которых и происходят часто «большие дебаты» под условным девизом: «что угодно, но только не рябь» (например [4]) [↑](#footnote-ref-4)
5. Так, анонимный рецензент журнала «Геоморфология», сославшись на статью А.В. Позднякова и П.А. Окишева [44], в своем отзыве на мою рукопись усомнился в дилювиальном происхождении гигантской ряби в Курайской котловине. [↑](#footnote-ref-5)
6. К алтайскому разделу этой таблицы необходим комментарий. Над полем гигантской ряби течения, параметры которой указаны в таблице, в круговоротной зоне в Курайской впадине П.Э. Карлингом получены расходы потока в 750 000 м3/с. В таблице показаны гидравличесткие характеристики потока на стрежне. Цифры П.Э. Карлинга и наши получены разными методами и не противоречат друг другу, так как, в круговоротной зоне на спаде потопа все гидравлические параметры и должны быть меньше. Но и расчеты П.Э. Карлинга показывают, что правило М.С. Ялина для гигантской ряби не корректно, и Р.Б. Дайнхарт совершенно прав. [↑](#footnote-ref-6)