

А.Н. РУДОЙ

ГИГАНТСКАЯ РЯБЬ ТЕЧЕНИЯ
(ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ,
ДИАГНОСТИКА
И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ)

ТОМСК 2005

УДК 551.435.11(571.151)
ББК 40.3
Р 83

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
Томского государственного
педагогического университета

Р 83 Рудой А.Н. Гигантская рябь течения (история исследований, диагностика, палеогеографическое значение). Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2005. 224 с

ISBN 5-89428-195-4

В монографии рассматриваются геолого-геоморфологические свидетельства катастрофических прорывов гигантских ледниково-подпрудных озер последней ледниковой эпохи. Особое внимание уделено географии, строению и гидравлическим характеристикам рельефа гигантских знаков ряби течения, которые обнаружены в речных долинах Алтая и Тувы. Показано, что по крупнейшим речным долинам горных стран, испытавших оледенение, проходили систематические катастрофические супернаводки, геологически мгновенно трансформировавшие исходную поверхность. Приводятся главные гидравлические параметры этих потоков.

Отдельный раздел посвящен марсианским аналогиям. Книга предназначена специалистам с естественнонаучным образованием.

Исследования выполнялись при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Гранты № 97-05-65878 и 00-05-65115.

Рецензенты: В.В. Рудский, доктор географических наук,
С.П. Кулижский, доктор биологических наук

ISBN 5-89428-195-4

© Рудой А.Н., 2005
© ТГПУ, 2005

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Озера – «глаза» ландшафтов».

В.И. Бардин. Озера Антарктиды... 1990.

Приледниковые озера разных генетических типов являются неизменным элементом нивально-гляциальной зоны. Чем крупнее ледники, тем крупнее озера, и тем больше их число. В общем случае можно говорить о том, что площади приледниковых озер увеличиваются с ростом площади оледенения до тех пор, пока имеется свободная ото льда и океана поверхность суши для заполнения депрессий тальми водами, и пока граница питания ледников не опустится ниже этой поверхности. У краев ледниковых систем – в Гренландии, Центральной Азии, Патагонии – насчитывается много тысяч таких озер, на одной лишь юго-восточной Аляске их количество достигает 750.

Верхним гипсометрическим и климатическим пределами распространения озер является снеговая линия. Нижний предел в определенном смысле оказывается размытым. Его положение зависит от длительности существования озерных ванн и возраста озера. Можно полагать, что нижняя граница «озерного пояса» (выражение Д.В. Севастьянова и Ю.П. Селиверстова) совпадает сейчас с базисным уровнем Мирового океана.

В формировании ванн приледниковых озер главную роль играют ледниковые плотины. Именно они, замыкая долины и межгорные впадины или перегораживая равнины, создают емкости, которые заполняются массами талой воды (ледниково-подпрудные озера).

Главная особенность режима всех ледниково-подпрудных озер состоит в их периодических сбросах – йокульлаупах, приводящих к частичному или полному осушению озерных впадин и катастрофическим паводкам (дилповиальным потокам) в нижележащих долинах. Основная, наиболее общая

причина йокульлаунов заключается в низкой плотности льда относительно воды и в малой прочности льда из-за его трещиноватости во фронтальных частях плотин.

Наиболее древние приледниковые озера и озера с неустойчивыми плотинами в настоящее время не существуют. Они оставили свои следы в виде береговых линий и отложений в пределах озерных впадин (рис. 1–3). К косвенным свидетельствам существования подпрудных озер относятся геолого-геоморфологические следы их прорывов. Пространственно эти две группы свидетельств часто оказываются далеко разобщенными: первые (отложения и рельеф) локализованы в пределах озерных ванн, вторые удалены от них на десятки и сотни километров. Подконтрольные же ледниково-подпрудным озерам площади влияния прорывных паводков распространяются на десятки и тысячи квадратных километров.

К косвенным признакам существования ледниково-подпрудных озер можно отнести и остатки морен подпруживавших ледников на участках прорыва. Однако практически такие сохранившиеся фрагменты не несут точной информации о режиме ледниково-подпрудных озер и о гидравлике йокульлаунов, так как сами по себе, вне совокупности с другими, прямыми, признаками, не диагностируются в дилuviальном отношении, хотя и могут в некотором приближении давать представление о мощности льда в каналах стока.

Несмотря на огромное распространение, часто во много раз превышающее площади самих прорывающихся водоемов, следы их сбросов долго идентифицировались с большим трудом, потому что в большинстве случаев и само существование таких озер не находило общего признания. Роль крупных приледниковых водоемов в формировании поверхности суши была не только неясной или недооценивалась, существование огромных пресноводных ледниково-подпрудных озер и внутренних морей во многих известных реконструкциях даже и не подразумевалась. Это понятно, потому что и реальность самого оледенения, способного удерживать и питать такие

водоемы, подвергалась сомнению, а в некоторых моделях подвергается сомнению и сейчас. Поэтому отложениям и рельефу, созданным дилювиальными потоками, вплоть до самого последнего времени давалось иное генетическое объяснение.

В определенной степени прорыв в четвертичной гляциогидрологии произошел с открытием на Алтае рельефа гигантских знаков ряби течения. Появились сведения в развитии такого рельефа в Туве. По полям гигантской ряби течения мы начинали создавать первые палеогидрологические реконструкции и подсчитывать гидравлические параметры прорывных потоков из ледниково-подпрудных озер.

Весной 1984 года на полевом семинаре в долине р. Катунь автором был прочитан доклад на тему «Гигантская рябь течения – доказательство катастрофических прорывов гляциальных озер Алтая». Этот, опубликованный к конференции, доклад был сделан автором непосредственно на участке развития грядового рельефа в предгорьях Алтая, на левом берегу реки между поселками Платово и Подгорное. В семинаре приняли участие такие известные исследователи геологии и гляциологии Сибири, как И.А. Волков, Н.В. Лукина, Л.Н. Ивановский, В.А. Паньчев, А.М. Малолетко, Г.Я. Бырышников, Н.А. Цехановская и др. Этот доклад был первой в Евразии презентацией идей дилювиального происхождения центрально-азиатского скэбленда. Доклад был выслушан с большим интересом, и как будто особых возражений не вызвал.

Летом 1991 года я пригласил на Алтай известного американского геолога В.Р. Бейкера, который, в буквальном смысле, был ошеломлен увиденным дилювиальным морфолитокомплексом, и в первую очередь – полями гигантских знаков ряби. Через два года свою первую экспедицию на Алтай совершил английский седиментолог П.Э. Карлинг, а в конце 1990-х годов дилювиальный морфолитокомплекс стал предметом ежегодных международных научных изысканий. В 2001 году мы с В.Р. Бейкером и другими геологами изучали гигантскую рябь течения в долине Верхнего Енисея.

На западе стали появляться специальные статьи, посвященные сибирской гигантской ряби. Пол Карлинг с коллегами открыл гигантскую рябь течения на Марсе.

В начале XXI века автору представлялось, что дискуссии о дилювиальном происхождении гигантской ряби течения и других дилювиальных образований закончились, и главной задачей, стоящей перед ним, было – развитие четвертичной гляциогидрологии на основе теории дилювиального морфолиогенеза.

Но в сентябре 2002 года, почти через двадцать лет после первого доклада о платовской ряби, там же, на берегах Кагуни, другое представительное совещание решило, что никакой гигантской ряби нет ни в предгорьях, ни в Курайской впадине, ни на других известных участках. В отечественных сборниках, почти одновременно, стали появляться статьи, которые, с одной стороны, предлагали альтернативные гипотезы, а с другой – в сущности старались лично скомпрометировать сторонников дилювиальной теории.

В связи с этим полагаю уместным напомнить слова Томаса Г. Гексли, приведенные в книге К. Грегори «География и географы» (1988):

1. Сразу после публикации нововведение воспринимается как абсурдное и противоречащее догмам религии и морали, а автора называют дураком и невеждой.

2. Спустя 20 лет нововведение воспринимается как абсолютная истина и в целом используется для исчерпывающих и приемлемых объяснений, а автора называют талантливым и знающим человеком.

3. Спустя 40 лет нововведение все же не объясняет все явления и расценивается как несостоятельное, а автора признают весьма заурядным и незаслуженно вознесенным человеком.

4. Спустя 100 лет нововведение рассматривается как смесь истин и ошибок, возможности его для трактовки явлений ограничиваются, а автора объявляют человеком, заслужившим всеобщее уважение при всех его недостатках и внесшим вклад в науку.

Можно менять пункты Гексли местами, можно менять и временные рамки его рассуждений, но суть представляется весьма верной.

Реконструкция каналов систематического транзита катастрофических потоков из ледниково-подпрудных озер и морей в Евразии во многом стало возможным за счет правильной диагностики геоморфологических образований, получивших название «гигантская рябь течения». Вместе с тем в России нет ни одной специальной работы, рассказывающей об этом феномене, как нет и ни одной научной группы, занимающейся палеогидравлическими и палеогеографическими аспектами исследования гигантских знаков ряби. Тем не менее очевидно, что только однозначная генетическая диагностика этих образований приводит к однозначным палеогидрологическими выводам, в случае множественных генетических толкований диллювиального рельефа надежность реконструкций и прогноза уходит в бесконечность.

Цель этой небольшой книги — заполнить в определенной степени данный пробел. Разумеется, гигантские знаки ряби течения рассматриваются здесь в контексте с другими диллювиальными образованиями на основе авторской теории диллювиального морфолитогенеза.

При работе над книгой я пользовался советами и поддержкой д.г.н. М.Г. Гросвальда и к.г.н. Г.Г. Русанова. Этим двум коллегам я приношу искреннюю благодарность.

ВВЕДЕНИЕ

*«Белые стоят на горизонте горы,
все в вечных снегах, Чуйские Альпы...
В них рождается Чуя, священная река.
Сначала степью течет она: ни лесу здесь,
ни сочных трав. Зато отсюда ближе небо,
ярче звезды, чище, прозрачнее воздух.
Вся степь во времена минувшие до самых
маковок была водой залита: века веков
плескалась здесь озеро голубой волной...».*

Вячеслав Шишков. Чуйские были.

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» (flood deposit sedimentology) [Carling et al., 2002]. В России со середины 90-х годов прошлого века геологические тела, образованные дилювиальными потоками – фладетримами, были отнесены автором к объекту изучения четвертичной гляциологидрологии, основанной на теории дилювиального морфолитогенеза [Рудой, 1997 а].

Появление новых научных направлений (или даже – новых наук) в первую очередь демонстрирует признаваемую учеными уже многих специальностей – геологами, гидрологами, гляциологами, геоморфологами, планетологами и даже археологами и геоботаниками - актуальность исследований этих озер, и геофизических явлений и процессов, вызываемых как их динамикой, так и самим фактом существования или отсутствия последних.

Среди главных особенностей режима ледниково-подпрудных озер нужно отметить кратковременность их существования, поскольку эти озера возникали за счет леднико-

вого подпруживания каналов талого стока в горных котловинах и речного и талого стока на равнинах. При достижении критического уровня озера уничтожали частично или полностью ледниковые плотины и катастрофически прорывались, продуцируя супермощные по земным меркам потоцы.

Территории влияния этих потоков (скэбленды) геологически мгновенно трансформировались так, что предшествующий рельеф часто полностью изменялся, и образовывались новые, дилювиальные, типы и формы рельефа и отложения. Среди них были выделены дилювиально-эрозионные, дилювиально-эвразийские и дилювиально-аккумулятивные образования (табл. 1).

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 (или) высота последних. После этого следовали немедленные очередные сбросы озер. Механизмы таких сбросов могли быть различными. Механизмы подпруживания, как предполагает автор, могут реализоваться почти без исключений одним способом – ледниковыми пульсациями-сердцами.

История заполнения межгорных котловин и их прорывов повторялась до тех пор, пока климатические условия не изменялись настолько, что ледники-притоки переставали покидать свои долины и переставали перегораживать главные, магистральные, каналы стока.

Формы и отложения дилювиального морфолитокомплекса всегда находятся в парагенетической ассоциативной связи. Ранее уже приходилось отмечать [Рудой, 1997 а], что если в Северной Америке, где 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», кроме этого бары – валы сортированного слоистого галечника [Bretz, 1923, 1925], 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 ([Бутвиловский, 1982] и др.) и в долинах Катуня и Чуи ([Рудой, 1984] и др.), 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 самые последние годы заметно усилилась.

Таблица 1

Классификация типов и форм дилювиального морфолитокомплекса (морфолитологические ассоциации горных скэблендов) [Рудой, 1995 а]

Тип рельефа	Формы рельефа	Генетический тип отложений	Вещественный состав
Дилювиально-эрозионный	Кули, спиллвеи (сквозные долины), ущелья прорыва и заплеска, дилювиально-эрозионные уступы, останцы		
Дилювиально-эвразийский	Водобойные ванны, ниши, котлы высверливания ("исполиновы котлы"), "сухие водопады"		
Дилювиально-аккумулятивный	Дилювиально-аккумулятивные террасы и валы, гигантская рябь течения (паводковые гряды, дюны и антидюны), дилювиальные бермы	Дилювий (включая фацию гляциальных селей)	Наклонно-слоеватые галечники, неокатанные ритмично-слоистые грубозернистые пески, щебень, дресва, эрратические валуны, глыбы

Авторы этих публикаций в России как бы разделилась на два концептуально противоположных потока – «дилювиалистов» и «антидилювиалистов», принимающих и, соответственно, отвергающих и сами катастрофические прорывы ледниково-подпрудных озер, и их размеры, и размеры оледенения, породившего эти озера, как, разумеется и водно-ледниковый генезис всех типов и форм дилювиального морфолитокомплекса, предложенного автором [Рудой, 1997 а, б; 1995] и другими и исследователями (Бретцем, Парди, Бейкером, Бутвиловским, Гросвальдом, Русановым, Карлингом, Хергетом и др.).

В русле дилювиального направления в последние двадцать лет ведутся седиментологические исследования вещества дилювиальных аккумулятивных форм, делаются попытки с помощью анализа морфометрии рельефа и состава отложений воссоздать палеогидравлические условия фладстримов, а также решить обратную гляциологическую задачу: по путям стоков и мощности фладстримов (восстановленных по местонахождениям и ориентировке гигантской ряби течения и других дилювиальных образований) реконструировать объемы водных бассейнов, мощности ледников и определить климатические условия на различные хронологические срезы (на базе имеющихся абсолютных датировок). В целом, решается задача качественной и количественной оценки геологической роли дилювиальных потоков-фладстримов в оформлении земной поверхности с целью реконструкции баланса массы четвертичных ледников и климатических условий во время последнего оледенения и поздне- послеледниковья.

В русле второго «потока» публикаций в России до сих пор обсуждается «главный» вопрос, формулируемый (а чаще, как будет показано, просто декларируемый), в сущности, в виде: «рябь – это не рябь, а что-нибудь другое, дилювиальные террасы – это тоже что-нибудь другое, а сами исследователи этой проблемы – малообразованные и лукавые люди, вводящие в заблуждение...».

Настоящая работа посвящена проблеме изучения рельефа гигантских знаков ряби преимущественно Центральной Азии. Поэтому автор предпринял попытку краткого научного обзора тех основных данных о гигантских знаках ряби течения, которые в сейчас имеются, акцентируя при этом внимание на материалах по Горному Алтаю, как наиболее изученного.

ТЕРМИНОЛОГИЯ

«Другие увлекаются терминовтворчеством. Сколько одних сфер изготовлено, сколько древнегреческих корней потревожено в могилах. Сибирские геологи сейчас выражаются примерно так: «Интеграция природных регионов методом комплексной ординации на полигон-трансекте микрогеохоры...». Присутствуя на 5-ом совещании географов Сибири и Дальнего Востока я временами остро ощущал отсутствие сибирско-русского словаря...»

Я не против новых терминов. Когда в науке возникает новое понятие, приходится давать ему новый термин. Если нет ничего подходящего, может быть удастся найти среди давно адаптированных иностранных слов...»

Д.Л. Арманд. Географическая среда и рациональное использование природных ресурсов. М.: Наука, 1983. С. 228.

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 ([1990], с. 8): *“Катастрофы – скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий”*. Хотя в этом выражении также

имеются неопределенности (“скачкообразные, внезапные, плавные”), 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*» (автор, исходивший из предложенного им названия всего процесса и созданного им рельефа и отложений, а также дословного перевода латинского слова «*diluvium*» – потоп; по [Рудой, 1987 а], и др.) и *фладстримы* (М.Г. Гросвальд; по [Гросвальд, Рудой, 1996]). 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 (напр. «*outbursts superflooding*», «*cataclysmic glacial superflooding*» и т.д.), так и, в последние годы, «*дилювиальные образования*», «*дилювиальные ландшафты*» и т.д. [Carling et al., 2002; Herget, 2003; Huggett, 2003]. В самые последние годы М.Г. Гросвальд стал называть гидросферные катастрофы просто «*потопами*» [Гросвальд, 1999].

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*», обозначающий (и обозначающий сейчас) катастрофические паводки от таяния льда и снега, вызванного извержениями вулканов в гляциальной зоне. Практически вслед за первыми работами об исландских йокульлаупах этот термин стал применяться за рубежом для обозначения катастрофических прорывов любых ледниково-подпрудных озер [Clague, Mathews, 1973; Nye, 1976], 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.

Широкое распространение во время оледенений ледниково-подпрудных озер разного типа, их систематические прорывы, большие, иногда кардинальные, последствия этих прорывов определили 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 (процессы формирования *скэблендов*).

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 XX 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 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 (для обозначения процесса и продуктов плоскостного сноса) 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 ([Павлов, 1888], с. 5).

В.В. Бутвиловский для обозначения рельефа и отложений, созданных катастрофическими суперпотоками, предложил термин «флювиокатастрофический (катафлювиальный)» [Бутвиловский, 1993]. Мне уже приходилось отмечать, что хотя смысл предложения вполне прозрачен, этот громоздкий и колочий 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.

Межгорная котловина в трактовке Д.А. Тимофеева, Г.Ф. Уфимцева и Ф.С. Онухова [1977] – это тектонически обусловленная депрессия, расположенная между горными хребтами или системами хребтов. «*Внутригорная котловина*», согласно этим же исследователям, – относительно небольшая впадина, располагающаяся внутри горной страны. Оба определения предполагают смысловое тождество слов «котловина», «депрессия» и «впадина». В общих и специальных трудах русскоязычных ученых эти понятия тоже тождественны и, в общем, применяются как термины свободного пользования (работы И.С. Щукина, Я.С. Эдельштейна, Ю.А. Мещерякова, Э.М. Мурзаева, В.Н. Олюнина и многих

других). В геолого-геоморфологическом отношении эти термины отождествляются и в англоязычной литературе (Словарь географических терминов, М., 1976; Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии, М., 1980). Синонимами являются и определения «межгорная» и «внутригорная» (там же). В географической литературе эти определения применяются для одноименных котловин повсеместно, за исключением работ А.А. Мистрюкова [1991] и некоторых других, в основном – геолого-тектонической направленности, в которых впадины могут включать несколько котловин.

Таким образом, под *межгорными впадинами* автор подразумевает, независимо от происхождения, все относительно крупные *внутри- (между-)горные понижения (депрессии, впадины) в рельефе, окруженные горными хребтами или системами.*

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» («скейбленд») 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» [Bretz, 1923]. Отсюда понятно, что основным аргументом для такого наименования послужили эрозионно- и эвраззионно-дилювиальные формы скэбленда, т.е. сеть кули (по названиям пунктов Гранд-Кули и Линд-Кули) и «сухих водопадов». Один из самых характерных элементов скэбленда, известных сегодня, – рельеф гигантских знаков ряби течения, был правильно понят гораздо

позже [Pardee, 1942]. В горах Южной Сибири крупнейшие каналы стока из приледниковых озер в основном наследовали речные долины (за исключением ущельев прорыва и заплеска). 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 в разделе «Определения».

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, обычно употребляемый в США, перешел в качестве переводной формы и в русскую научную лексику. В некоторых странах (в частности – в Великобритании, а сейчас, вслед за англичанами, – и в России) гигантскую рябь часто называют «*дюнами*».

Применяя к гигантской ряби течения термин «*дюна*» следует, на взгляд автора, иметь в виду следующие обстоятельства. Понятие «*дюна*» было введено в науку о русловых процессах Дж. К. Джилбертом [1914] для того, чтобы отличать крупные песчаные волны (в том числе и эоловые барханы), 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 переслаиванием разнозернистых песков, она не имеет мелкой ряби (собственно, дюн), наложенной на поверхность крупных волн.

Г.И. Миддлтон и Дж.Б. Саузард [Middleton, Southard, 1984], отмечая различия между мелкой и крупной рябью, к последней относили *мегарябь, дюны и песчаные волны*. Эти исследователи не считали отличия различных 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 течения, классифицировались по иерархической интерпретации Р.Дж. Джексона [Jackson, 1975] как мезоформы речного ложа из-за их предполагаемого соответствия глубине течения. Но на условных диаграммах фаз форм ложа образования, называемые «дюнами», в отложениях с диаметром частиц грубее 10 мм не образуются [Costello, Southard, 1981; Allen, 1983].

Наблюдения же поперечных «гравийных волн», образованных на дне подводных каньонов в пределах континентальных склонов на глубинах порядка 2000 м [Malinverno et al., 1988], показывают, что терминологическая категоризация «дюны» тем более может быть очень неточной [Rudoy, Baker, 1993]. 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 таких работах, которые посвящены не дилювиальному процессу в целом (когда речь идет о полях ряби и вообще о дилювиальном процессе), а отдельным формам, поскольку в русском языке отсутствует единственное число слова «рябь». В таких случаях, наряду с общим названием, автор предложил применять выражения «*дилювиальные (паводковые) дюны и антидюны*» [Рудой, 1987 а; 1995; 1997 а], что согласуется с используемыми для гигантской ряби терминами, применяемыми, например, в Великобритании и Германии: «*giant gravel*

dunes» (хотя замечу, что последний термин не точно отражает строение этого рельефа, поскольку в нем принимают участие, хотя и не всегда доминируют, и другие фракции). Возможно, для полей крупных знаков гигантской ряби (таких, например, как в Курайской и Чуйской впадинах на Алтае или тувинских форм) удобно применять термин «*дилювиальный бархан*».

Термин «*бар*» в понимании Дж. Х. Бретца – это валообразные или террасообразные толщи обломочного материала, сверхмощные для «нормального» аллювия данной долины, имеющие оригинальную литологию. Отложения «баров» сбрасывались суперпотоками в подходящих участках на путях стока озерных вод при резком падении транспортирующей способности дилювиальных потоков. Из-за очевидного неудобства этого термина, вызванного наличием широко известного в отечественной морской геоморфологии понятия «бар», автор применяет для таких толщ и форм рельефа адекватный термин «*дилювиально-аккумулятивная терраса, вал*», исходя при этом из общего названия экзогенных процессов, в результате которых эти валы и террасы сформировались.

Валунно-глыбовые прирусловые валы, косы и т.п. в западной литературе носят название «бермы (Boulder Berms)» [Carling, 1989]. Термин «*дилювиальные бермы*» употребляет и автор для общего обозначения таких образований, во всяком случае, до тех пор, пока морфологическая и генетическая классификация этих форм в аспекте дилювиальной теории не будет разработана подробнее.

Термин «*спиллвей*» обозначает просто «водослив» и в англоязычной литературе требует дополнительного пояснения: о водосливе какого рода идет речь. В российской научной литературе термин «*спиллвей*» уже уверенно утвердился для обозначения пути грандиозного сброса воды из ледниково-подпрудных озер через низкие водоразделы и перевальные седловины – сквозные долины в соседние бассейны.

К величайшим спиллвеям мира, например, относится Тургайский канал стока Великих сибирских приледниковых морей в бассейн Атлантики, а также Каз-Кетский спиллвей, соединявший Енисейское и Мансийское ледниково-подпрудные моря [Волков, Волкова, 1975; Гросвальд, 1999; Arkhipov et al., 1995].

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

ИЗВЕСТНЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ

«Отважмся дать совет: ищите следы подпрудных озер и йокульлаунов, ищите гигантскую рябь течения, и вы сможете решить многие из своих проблем. Дилеммальные образования развиты много шире, чем думают многие из нас, и чтобы их находить, недостает лишь одного – знания того, что именно надо искать!»

М.Г. Гросвальд.

Четвертичные ледниково-подпрудные озера в горах Сибири. 1996. С. 125.

В настоящее время известны местонахождения гигантской ряби течения на следующих территориях:

- 1) Колумбийское базальтовое плато (территория Channeled Scabland) в Северной Америке. Открыта Дж. Парди. Наиболее тщательно изучалась Дж. Х. Бретцем и В.Р. Бейкером (начиная с 20-х годов прошлого века). Основные местонахождения (более пятидесяти) связаны с прорывами ледниково-подпрудного озера Миссула в бассейне р. Колумбия (рис. 4, 5).
- 2) Горный Алтай (рис. 6). В Курайской котловине гигантская рябь была открыта в конце 1950-х годов Г.Ф. Лунгерсгаузенем и О.А. Раковец, в бассейне р. Башкаус – В.В. Бутвиловским [1982, и др.] и в долинах рр. Кагуни и Чуи – А.Н. Рудым [1984 и др.]. Наиболее тщательно изучалась В.В. Бутвиловским, А.Н. Рудым, П.А. Карлингом и Г.Г. Русановым.
- 3) Тува. Гигантская рябь была открыта М.Г. Гросвальдом и впервые описана им в 1987 (рис. 7) и Н.В. Лукиной в 1991 гг. Поля ряби закартированы, но недостаточно изучены.

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 XX веке. «Старые гипотезы»

«Отличительной чертой великих истин является то, что их противоположностью является не абсурд, как в случае с тривиальными истинами, а еще более великие истины».

Виктор Р. Бейкер. Каменные скрижали – десять заповедей или золотое правило? / 3 Международная геоморфологическая конференция. Гамильтон, 1993. С. 95.

Джон Харлен Бретц, автор гипотезы дилювиального происхождения Channeled Scabland, в качестве доказательства своей правоты кроме деструктивных форм скэбленда

(ущельев-кули, водопадов-катаракт – цепочки эвразийских «исполиновых» котлов, отмытых от рыхлых отложений потопами дилювиальных останцов) к дилювиально-аккумулятивным образованиям относил, главным образом, «гигантские гравийные бары» (дилювиальные валы и террасы). Лишь после доклада Дж.Т. Парди в 1940 г. в Сиэттле на сессии Американской ассоциации по прогрессу в науке [Pardee, 1942] в научный обиход вошло выражение «giant current ripples». Дж. Парди кратко охарактеризовал эти формы, которые он обнаружил еще в начале XX в. при исследовании позднплейстоценового оз. Миссула [Pardee, 1910]. Будучи первооткрывателем этого озера (он и дал ему название), 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 [Рудой, Бейкер, 1996], «официальная» американская геология в «лице» Геологической службы США, которая жестко контролировала все научные изыскания, в первой половине XX 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 позднчетвертичной 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 (в направлении которого происходили катастрофические опорожнения оз. Миссула и других ледниково-подпрудных озер) буквально повсюду. Специальная работа по изучению геоморфологии и палеогидрологии американского скэбленда была начата научным последовате-

лем Дж.Х. Бретца Виктором Бейкером [V.R. Baker, 1973]. 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 потоков [Baker, 1973; Baker, Nummedal, 1978]. Разумеется, для этого применялись (еще со времен Бретца) 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 (полученные величины, хотя и страдали неточностью, были колоссальны). В.Р. Бейкер рассчитывал палеогидравлические данные над полями ряби, т.е. на участках, отнесенных от стрежня и (или) на спаде паводка, где скорости течения дилювиальных потоков заведомо должны были быть меньше максимальных (но расходы все равно составляли сотни тысяч кубических метров воды в секунду)

Почти шесть десятилетий в мировой литературе существовало мнение об уникальности уже ставшего хрестоматийным и вошедшим во все учебники ледниково-подпрудном озере Миссула (и о других известных североамериканских ледниково-подпрудных озерах) 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 Америке¹. Катастрофические прорывы позднечетвертичного приледникового озера Миссула, таким образом, вошли в ряд еще одного из «чудес света», присущих Америке.

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.)

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 XX века², причем – попутно, при геологических и ботанических исследованиях, вопрос о том, каков был механизм опорожнения этих озер, даже и не ставился. Собственно, такой вопрос предполагался (да и сейчас некоторыми полагается) 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 [1958] первыми дали верное объяснение «загадочному» грядово-западинному рельефу в Курайской межгорной котловине на Алтае (рис. 8, 10)³. Именно эти исследователи впервые правильно определили генезис этого рельефа в котловине и по ориентировке дилювиальных дон 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 (цель статьи указанных авторов была иной).

2. Эти открытия связаны с именами В.А. Обручева и В.В. Сапожникова.

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, [Carling, 1996; Carling et al. 2002]) заимствовано из работ отечественных авторов, в первую очередь С.В. Парначева и И.С. Новикова [Парначев, 1998; Новиков, Парначев, 2000]. 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.

Происхождение направления самих водных потоков в статье объяснялось неотектоническими причинами.

Замечание Г.Ф. Лунгенгаузена и О.А. Раковец о дилuviальном происхождении курайской ряби опроверг Е.В. Девяткин [1965], 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 правом берегу р. Тете в Курайской впадине – *размытый пролювиальный конус* [Петкевич, 1973].

Против этой гипотезы свидетельствуют все до одного перечисленные в соответствующем разделе диагностические признаки гигантской ряби. Против этой гипотезы свидетельствует и петрографический состав крупнообломочного материала в знаках ряби, чуждый в коренном залегании породам бассейнов рек Тете и Актру.

Кроме этого Г.Г. Русанов [2004 а] во время многолетних геолого-разведочных работ в Курайской впадине в шлихах знаков ряби обнаружил 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» ([Окишев, 1970], с. 49). 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 привел свою гипотезу в книге [Окишев, 1982] и в докторской диссертации (1984), 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, мелко-грядовые, полигрядовые» морены ([Окишев, Петкевич, 1988], с. 36). Причем, если в работе 1982 г. подпись к рисунку по фотографии ([1982], рис. 13) гигантской ряби в Курайской котловине (не так давно еще бывшей «инверсионным рельефом») гласит «Позднеплейстоценовая ребристая морена...», против которой он не менее десятка лет боролся с Б.А. Борисовым, обосновывая строение ряби именно флювиальной текстурой и формой дюн, а ниже ([Окишев, 1982], рис. 14) он все таки оставил место и для «старых добрых» озов (но только на рисунке), то во второй цитируемой работе этот исследователь был более тверд – никакая не рябь, а ребристая морена, да не простая⁴. «Инверсионный рельеф» забыт навсегда и более этим автором не упоминался.

Малопонятные объяснения этим автором сущности второй гипотезы (а будет у него и третья), в общем можно расценить как попытку «внести новое» в работы Б.А. Борисова и Е.А. Мининой, которые при многолетней геологической

⁴ Хочется напомнить, что Р.Ф. Флинт [Flint, 1938], оспаривая паводковое происхождение гигантских знаков ряби в Америке в дискуссии с Дж.Х.Бретцем, тоже писал о «странных» моренах, «необычных» обстановках осадконакопления с «обычными» водными потоками...

съемке гор Южной Сибири обнаружили и описали рельеф «стиральной доски» (фацию *ребристой морены*, по классификации Ю.А. Лаврушина [1976]). 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 продолжают доказывать это и сейчас) и рельеф гигантских знаков ряби течения во всех районах, где он обнаружен, описан и более или менее исследован, т.е. и в Туве, и на Алтае, в том числе – в Курайской впадине, и в предгорных районах Алтая у поселков Платово – Подгорное ([Борисов, Минина, 1973, 1998], и др.).

Гипотезу о *ребристых моренах* в Курайской впадине разделяли и некоторые молодые сибирские геологи. В частности, И.С. Новиков, посвятивший свою кандидатскую диссертацию геоморфологии бассейна Курайской впадины, везде откартировал гигантские знаки ряби течения как ребристую морену. В некоторых последующих статьях в конце 80-х и первой половине 90-х годов он, без особых, впрочем, объяснений, придерживался именно этой точки зрения.

Первым исследователем в России, который не только правильно определил генезис гигантских знаков ряби течения (это, напомним, сделали Г.Ф. Лунгерсгаузен и О.А. Раковец за четверть века до этого), но и описал их строение и реконструировал (в комплексе с другими паводковыми формами) палеогляциогидрологию района геолого-съёмочных 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 [Бутвиловский, 1982]. 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. Чульшман.

Он подчеркнул, что по долине Башкауса и Чулашмана прошел всего один, но очень мощный суперпоток с максимальным расходом около 880 тыс. м³/с (определение производилось по формуле Шези). Впоследствии В.В. Бутвиловский широко развил свои представления и защитил их в докторской диссертации [Бутвиловский, 1993].

Автор, работая в Центральном и Юго-Восточном Алтае, занимался изучением режима крупнейших на Алтае Чуйского, Курайского и Уймонского ледниково-подпрудных озер ([Рудой, 1981 а, б, в], и др.). 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 [Рудой, 1984]. В расширенных тезисах доклада (так же, как у Бутвиловского, на местной конференции в г. Бийске) было подробно описано строение рельефа гигантских знаков ряби течения в предгорьях, а также была сделана первая попытка по морфометрическим особенностям гряд и их вещественному составу определить палеогидравлические характеристики дилювиальных потоков.

В начале и середине 80-х годов под руководством автора проводились специальные полевые работы на выявленных 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 периферии⁵.

5. 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 [Барышников, Платонова, Чичагов, 2003])

В полевых исследованиях принимали участие студенты и молодые сотрудники Томского университета (рис. 9). При этих работах были произведены десятки горных выработок вкрест и по простиранию знаков ряби и в межрядовых понижениях на всех участках, проведена крупномасштабная топографическая съемка, отобраны образцы на различные виды анализов, в общем – проведен 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 (табл. 1).

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 этом смысле перспективными были признаны Байкальский регион, Саяно-Тувинское нагорье, плато Путорана и некоторые другие. Рельеф гигантских знаков ряби течения играл в этих экстраполяциях огромную, а на Алтае и в Туве первоначально – и доминирующую роль, поскольку позволил понять и доказать пути и механизмы катастрофической реализации громадных масс воды из котловинных ледниково-подпрудных бассейнов.

Результаты именно этих, начатых еще в конце 70-х годов, но особенно интенсивно проводившихся в первой половине 80-х годов исследований, легли в основу первой в СССР диссертации, посвященной механизмам сбросов и геологической деятельности котловинных позднечетвертичных ледниково-подпрудных озер [Рудой, 1987 а].

В это же время М.Г. Гросвальд [Гросвальд, Рудой, 1986; Гросвальд, 1987] впервые описал и физически интерпретиро-

вал поля гигантской ряби течения не только Алтая, но и межгорных котловин Тувы, в долинах Верхнего Енисея. Сейчас эти поля также изучаются международными экспедициями.

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 публикации, посвященные этому рельефу и связанным с его происхождением событиями. Правда, эти публикации принадлежали перу, в основном, 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.

В 90-е годы дилювиальный генезис гигантских знаков ряби Алтая стали признавать и некоторые другие российские исследователи. Так, Г.Я. Барышников писал о том, что на участке Платово-Подгорное «поразительное сходство песчаных микроформ в мелководных потоках с вышеописанными макроформами не оставляет сомнения в природе грядового рельефа. Так же, как и в долине Бии, эти образования имеют водный генезис» ([Барышников, 1992], с. 107–108). Чуть позже он защитил докторскую диссертацию, в которой содержатся сведения о дилювиальной природе паводковых дюн Алтая в связи грязе-каменными селями, которые проходили по рекам Бии и Катунь в конце последнего оледенения.

Весной 1994 года в Томске выходит монография В.В. Бутвиловского, в которой на примере плейстоцена Алтая предлагается концепция катастрофического развития природы в целом [Бутвиловский, 1993]. В этой книге целый раздел посвящен исследованию известных и вновь открытых полей гигантской ряби течения Алтая.

В начале 90-х годов по инициативе и под руководством автора состоялись первые международные экспедиции,

посвященные специальному изучению азиатского дилювиального морфолитоологического комплекса с целью сравнения основных палеогидроморфологических характеристик горных скэблендов Центральной Азии, уже разработанных к тому времени в России [Рудой, Кирьянова, 1990; Rudoy, 1991], и известных равнинных дилювиальных ассоциаций территории Channeled Scabland Северной Америки. В этих первых экспедициях, кроме российских специалистов (М.Р. Кирьяновой и А.Н. Рудого), принимали участие ученые из США (В.Р. Бейкер), Великобритании (П.А. Карлинг), Германии (К. Фишер и М. Кууле) и Швейцарии (К. Зигенталер). Во второй половине 1990-х годов и в начале 21-го века (вплоть до полевого сезона 2004 г.) П.А. Карлинг провел еще несколько специальных алтайских экспедиций, результаты которых обобщил в коллективной работе [Carling et al., 2002].

Во время российско-американской экспедиции 1991 года были выполнены уточненные расчеты парных параметров дилювиальных дюн в названных районах и, по формулам Бейкера, получены основные гидравлические характеристики над полями гигантской ряби на участках Платово, Мал. Яломан-Иня и в отдельных местонахождениях гигантской ряби в Курайской впадине. При этих расчетах, как и в моей статье 1984 г., учитывались зависимости между парными параметрами дилювиальных дюн (высотой и длиной волны), их гранулометрического состава и профилей склонов с глубинами и скоростями потоков. Результаты первых работ, выполненных в 80-х годах, таким образом полностью подтвердились.

Зимой 1995 г. автор был приглашен в Цюрих (ETH) для проведения семинара о палеогляциогидрологии Алтая. Сообщение о сибирской гигантской ряби течения вызвало наибольший интерес и много вопросов. В результате ключевые участки рельефа гигантских знаков ряби течения на Алтае были просканированы разработанным в Институте водной экологии (Дюбендорф) группой П. Хуггенбергера радаром [Huggenberger et al., 1998]. Опубликованные результаты строения дилювиальных дюн показали то же самое,

что и данные горных выработок, произведенных томскими специалистами за 15 лет до этого. Однако сам метод дистанционного изучения текстуры поверхностных форм ряби был интересен и нов.

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 Катуня [Herget, Agatz, 2003; Herget, 2004].

В 1998 г. С.В. Парначев, на основании анализа известных разрезов дилювиальных террас в Катуня 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. В основу своих заключений С.В. Парначев положил определение расходов йокульлаунов П.Э. Карлинга – $750\,000\text{ м}^3/\text{с}$, 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 [Новиков, Парначев, 2000]. Эти геологи сделали вывод о том, что «ледники не могли» сами подпруживать 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.

Семь прорывов – это семь заполнений, то есть не менее семи оледенений, совпадавших к тому же с возникновением тектонических плотин, за последние 150 тыс. лет. Семь климатических событий, вызвавших ледниково-тектоническое подпруживание межгорных котловин Алтая авторами не объясняются и не комментируются. Просто они пишут, что «если для более мощного среднечетвертичного оледенения можно допустить чисто ледниковую природу подпруды, то механизм последнего позднечетвертичного замыкания канала, дренирующего впадины, по-видимому, комплексный – ледово-тектонический» [Новиков, Парначев, 2000, с. 235]. Можно было бы спросить у авторов: что это за «озерно-тектонические» события? Что происходило во время этих событий со снеговой линией, как возникали одновременно ледниково-подпрудные озера в других впадинах? Так же, как у И.С. Новикова с С.В. Парначевым: ледники выдвигались одновременно с тектоническими выступами по всей Южной Сибири? Ведь геологические следы позднечетвертичных котловинных ледниково-подпрудных озер установлены сейчас десятками.

Самым наглядным морфологическим эффектом быстрого движения больших масс воды в Курайской впадине является формирование... ряда полей гигантской ряби течения, пишут цитируемые авторы, и далее повторяют известные описания гигантской ряби в центральной части Курайской котловины (ссылаясь на работу Б.Ф. Сперанского, который про эту рябь никогда не писал). Наглядно, согласен. Но ведь, как сказано выше, во всех своих работах, включая кандидатскую диссертацию, И.С. Новиков не только ни слова не писал о прорывах котловинных озер, он везде, включая самые последние статьи, картировал гигантскую рябь течения в Курайской котловине как ребристую морену. Если И.С. Новиков изменил свои взгляды, то нужны же комментарии, надо же объяснить –

почему это произошло. В ином случае, его взглядам нельзя доверять – ни старым, ни новым.

Авторы пишут о взвешенном характере транспортировки дресвяно-щебнистых отложений дилювиальных террас. Это действительно так. На это обстоятельство я лично обратил внимание П.Э. Карлинга и С.В. Парначева в июне 1993 г. в разрезе «высокой» правобережной террасы у р. Малый Яломан, а опубликовал эти данные в десятках работ, включая кандидатскую и докторскую диссертации. Взвешенный характер грубообломочных, слабоокатанных и пестрых по петрографическому составу отложений – это ведь очень важный показатель высоких скоростей водных потоков [Рудой, 1987 а, 1988 а, 1994, 1995 и др.]. С текстом этих моих работ С.В. Парначев знаком, экземпляр диссертации был в его пользовании более года, но ссылок он не делает. Зато теперь, описывая этот факт, ссылки делаются на него самого (например, [Carling et al., 2002], ну, да в этой работе С.В. Парначев ведь соавтор).

Вернемся к цифре П. Э. Карлинга [1996b]: действительно ли И.С. Новиков и С.В. Парначев правы, и расходы позднечетвертичных алтайских дилювиальных потоков над полями гигантских знаков ряби «не превосходят или превосходят менее чем на порядок расходы современных рек», пусть даже в их половодном режиме? Взглянем на максимальные секундные расходы самых крупных современных рек в их самых больших створах – в устьях. Они таковы: у Оби – 42 700, Енисея – 154000, Амазонки – 220 000 м³/с (Географический энциклопедический словарь, 1990). П. Э. Карлинг для Курайской котловины на левобережье р. Тете получил цифру, как сказано, в 750 000 м³/с (этой единственной цифрой, полученной для единственного участка, авторы и оперируют с первой страницы до последней). Это означает, что в зоне обратных течений в Курайской впадине гидравлические параметры водного потока в три с половиной раза превосходили максимальный расход крупнейшей реки мира, да еще в ее устье. И в самом деле – меньше чем на порядок, но неужели авторы

не понимают, что для узких речных долин горных стран такие потоки – это суперэкстремальные, сверхгигантские паводки? Ведь печально знаменитый гляциальный сель из приледникового озера Иссык в верховьях р. Малой Алмаатинки имел расходы «всего» $10000 \text{ м}^3/\text{с}$, то есть в 75 раз меньше, чем установил по знакам ряби для Алтая Пол Карлинг. И если в долины Чуи и Катунь поместить всю воду из устья половодной Амазонки, то что, полагают И.С. Новиков и С.В. Парначев, – получится современная горная река?

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» ([Новиков, Парначев, 2000], с. 236), дословная ссылка с изменением одной буквы в первом слове, в оригинале – «позволяет».

Новые альтернативные гипотезы происхождения гигантских знаков ряби течения

«Вообще замечено, что во время сильных морозов люди начинают беспричинно врать. Врут даже кристально честные и правдивые люди, которым в нормальных атмосферных условиях и в голову не придет сказать неправду. И чем крепче мороз, тем крепче врут. Так что при нынешних холодах встретить вконец изовравшегося человека совсем не трудно».

Илья Ильф и Евгений Петров.
Собачий холод.

Гигантская рябь в долинах Алтая (кроме Курайской котловины) – обычная рябь, подобная современным речным дюнам крупных рек (т.е. – «ничего особенного»). Автор – А.В. Поздняков, наблюдавший образование такой ряби в долинах Дальнего Востока, к нему примкнули Д.А. Тимофеев [2003] и участники школы-семинара Геоморфологической комиссии РАН [2002], включая Г.Я. Барышникова, доказывавшего за 10 лет до этого катастрофическое происхождение гигантских знаков ряби в предгорьях Алтая и в среднем течении Катуня. 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» [2003] подписана Г.Я. Барышниковым, С.Г. Платоновой и В.П. Чичаговым, но со ссылкой на мнение участников упомянутой школы-семинара, принятого после обсуждения. Любопытно, что пояснения делал в том числе и П.А. Окишев. Интересно о чем, об «инверсионном рельефе», ребристых моренах или еще о трех взаимоисключо-

чающих гипотезах, приведенных ниже? Поскольку здесь все непонятно, то и возражать нечему.

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 метеориты, и упругие колебания, и астроблемы... Авторы – А.В. Поздняков и А.В. Хон [Поздняков, Хон, 2001].

Гигантская рябь в Курайской котловине – криогенно-эрозионные образования. Авторы – опять А.В. Поздняков, А.В. Хон [2001] и тот же П.А. Окишев [Поздняков, Окишев, 2002].

А.В. Поздняков, А.В. Хон и П.А. Окишев для иллюстрации новых гипотез приводят в нескольких статьях якобы мою (а в статье А.В. Позднякова и П.А. Окишева якобы мою и якобы В.В. Бутвиловского – а они очень сильно отличаются) плохо отсканированную схему Курайской впадины, где стрелки водоворота, не очень точно заимствованные из схемы В.В. Бутвиловского ([1993], рис. 42), 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 (середина котловины)» ([2001], с. 31). Но именно из моей схемы (а она много раз опубликована, здесь – рис. 23) ничего этого не следует, а на рисунке В.В. Бутвиловского, повторюсь, кроме участка крутоворота, палеогидрологическая ситуация вообще отличается от той, которую ему приписали почему-то А.В. Поздняков с соавторами.

Принимая во внимание приведенные в настоящей работе диагностические признаки гигантской ряби течения, эти последние три исключают 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 акаде-

мических институтов⁶. Поэтому в дополнение к нашим данным можно кратко привести аргументированное рассмотрение этих гипотез Г.Г. Русановым [2004 а].

Дилuviальные 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 (рис. 8) 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 козезит, 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 [Геологический словарь, т. 1, 1978]. 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,

6. Так, анонимный рецензент журнала «Геоморфология», сославшись на статью А.В. Позднякова и П.А. Окишвава [2002], в своем отзыве на мою рукопись усомнился в дилuviальном происхождении гигантской ряби в Курайской котловине.

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.

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 толще 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 [Русанов, 1991]. 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 (1–2 мм) 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 керн из буровых скважин, ни пластических деформаций, ни разрывных нарушений не установлено. Напротив, все горизонты и прослой, включая тонкие, горизонтальны.

Сущность «криогенно-эрозионной гипотезы» Позднякова-Окишева состоит в том, что дилuviальные 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» ([2002], с. 88). 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 [Тимофеев, Втюрина, 1983; Геокриология..., 1983; Геокриология..., 1988; Русанов, 2004а].

Полигональные грунты, пятна-медальоны и туфуры развиты на озерно-аллювиальных супесчано-глинистых (с участием разноокатанной гальки и песка) пониженных поверхностях Чуйской и Курайской котловин, где отмечаются и другие формы современного и голоценового криогенеза – тебелеры (пинго) и термокарстовые западины. Отложения этих поверхностей в результате криотурбаций дислоцированы в пределах современного и голоценового деятельного слоя соответствующего возраста [Рудой, 1988б]. 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...» ([2004 а], с. 52).

Совсем недавно главный оппонент диллювиального происхождения гигантской ряби П.А. Окишев вернулся к своим прежним методам ведения дискуссий с оппонентами. В частности, в одной из последних работ [Окишев, 2004 а] он, кроме прочего, пишет, что палеогляциологическая ситуация на представленной в данной работе (рис. 6) схеме заимствована из его работы [Окишев, 1982]. Правда почти тут же он пишет, что под реконструкциями контуров некоторых ледников на моей схеме он бы не подписался. Так же он не согласен с определением возраста указанных на моей картосхеме ледников. Кроме этого все выделенные и показанные на карте формы диллювиального морфолитокомплекса он таковыми не считает. Разумеется, никаких спиллвеев и направлений сбросов ледниково-подпрудных озер, показанных на моей схеме, по П.А. Окишеву, нет, и не было. То есть все не так. И правильно. Потому что никакого отношения к моей палеогляциогидрологической схеме П.А. Окишев не имеет.

П.А. Окишев пишет, что для ряда районов Алтая моя схема совпадает со схемами предшественников. Ну, и что? К моменту составления схемы я работал на Алтае более 20 лет, и естественно, что со многими реконструкциями на некоторых участках я согласен. Да и ссылок в моих статьях всегда более чем достаточно, редколлегии журналов часто даже просят сократить библиографию. И П.А. Окишев, кстати, у меня – один из самых цитируемых писателей. Но ведь и карта П.А. Окишева тоже часто и во многом совпадает с представлениями предшественников, равно как и с моими. Но вот только десятков ссылок под этой схемой 1982 года у него нет, автор один.

П.А. Окишев просит, чтобы я не публиковал его схему без ссылок. Мне это и в голову никогда не приходило, схема П.А. Окишева, мягко говоря, устарела. Я публикую свою схему, и полностью у нас совпадает разве что лишь простирание горных хребтов, что не удивительно, да контуры оледенения в отдельных участках, но в другое время (к слову, палеогляциологическую ситуацию для схемы П.А. Окишева на Восточный и Северо-Восточный Алтай восстанавливал в середине 1970-х годов именно я по результатам своих пеших маршрутов и дешифрирования аэрофотоснимков в бассейнах р. Чулышман и Телецкого озера в середине 70-х годов).

П.А. Окишев утверждает, что он является автором палеогляциологической карты Алтая для Атласа снежно-ледовых ресурсов мира. При этом, полагаю, он может надеяться лишь на то, что его ложь не откроется, потому что этот атлас не каждый желающий может быстро увидеть: это издание – многотомное, имеет большой формат и немалую цену. Настоящими же авторами карты последнего оледенения Алтае-Саянского нагорья и Монгольского Алтая (карта № 185 [Атлас..., 1997]) являются П.А. Борисова, М.Г. Гросвальд, М.Ю. Гнедовская и В.Н. Орлянкин, а отнюдь не П.А. Окишев.

П.А. Окишев ([2004 а], рис. 7) приводит схему якобы по В.В. Бутвиловскому в подтверждение того, что я у последнего заимствовал. Но это – не схема В.В. Бутвиловского, это на самом деле недобросовестная компиляция П.А. Окишева по рисунку В.В. Бутвиловскому. В первоисточнике ([1993], рис. 42, с. 151) – совсем другая схема, из которой видно, что наши с В.В. Бутвиловским материалы очень во многом не сходятся и даже иногда полярны. Действительно близка лишь реконструкция палеотечений дилювиальных потоков в центральной части Курайской котловины. А направление палеотечений в Курайской котловине, в междуречье рр. Тете и Актру, а также в правобережье р. Тете, было восстановлено мной еще в кандидатской диссертации [1987 а]. Круговорот воды большого диаметра в Курайской впадине был показан

нами также в статье «Sedimentary effects of cataclismic late Pleistocene glacial outburst flooding, Altay Mountains, Siberia, принятой к печати журналом *Sedimentary Geology* в июне 1992 года и исправленной 30 ноября 1992 года ([Rudoy, Baker, 1993], рис. 2). Книга же В.В. Бутвиловского была подписана к печати в октябре 1993 года. И ведь П.А. Окишев прекрасно обо всем этом знает, он рассчитывает на то, что читатель не сможет проверить.

К схожим результатам для центрального участка котловины мы пришли с В.В. Бутвиловским независимо, и к такой палеогидрологической реконструкции здесь придет любой грамотный специалист, потому что она получена на основе анализа морфологии расположения гигантских знаков ряби, существующих в природе независимо от П.А. Окишева. Но, для последнего – рябь рябью не является.

И наконец, об этом последнее. Все и эти, и многие другие претензии, мелочные поиски опечаток, просто ошибок, неудачных выражений, которые, к сожалению имеются в моих работах, но присущи и другим авторам, бесконечные подтасовки, «сбивания лбами», прямая ложь имеют в основе своей несложную, агрессивную и уже почти совсем истаявшую, в виду своей закоружлости, идею: «...да потому что не было никаких суперпотоков!» ([Окишев, 2004a], с. 40).

Как будто в работах П.А. Окишева нет описок. Ведь ссылался он на мою работу 60-х годов, что лестно, потому что в это время я учился в средней школе. Ведь придумал он несуществующий журнал «Pergamon Quaternary International», что, как минимум говорит о том, что тогда он не знал ни о существовании престижного международного издательства, ни о престижном международном журнале...

П.А. Окишев имел много возможностей критиковать, пусть и в свойственной ему манере⁷, меня очно 10 лет назад во время нескольких представлений докторской диссертации в Томском университете (весной 1995 года), в Новосибирске (в котором двумя годами раньше защищался

В.В. Бутвиловский, и против которого, как член совета, долго выступал П.А. Окишев). Он мог направить официальный отзыв в Москву, в Институт географии РАН в диссертационный совет, в котором я защищался (осень 1995 года). Такой абсолютно нормальный для нормальных людей путь вызвал бы публичное обсуждение его претензий, я мог бы ответить непосредственно и гласно, а главное – тотчас. Но издания, в которых П.А. Окишев выступает против работ В.В. Бутвиловского, В.П. Галахова и моих [Окишев, 2003; Окишев, 2004 а, б], возможности отреагировать нам здесь же, как это принято, не дают. Это вынуждает делать подобные краткие отступления в этой публикации.

Подводя итог данному 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 гигантской ряби Алтая открыли такой рельеф на Марсе и даже подсчитали гидравлические параметры дилuviальных потоков [Burt, Carling, Beyer, Lancaster, 2004].

Приведенная очень краткая сводка состояния проблемы будет исчерпывающе дополнена в соответствующих разделах.

7. Вот один из примеров прежних «научных дискуссий», подлинник которого храню в архиве и который, пользуясь случаем, здесь воспроизвожу: «В «Известиях Всесоюзного географического общества» том 122, вып. 1 за 1990 год опубликована статья А.Н. Рудого. Как следует из «Правил для авторов», помещенных в этом же номере журнала, печатание в изданиях Географического общества СССР является исключительным правом членов Общества. В связи с этим считаем необходимым поставить редакцию журнала в известность, что тов. Рудой А.Н. не является членом Общества как прекративший с 1987 г. уплачивать членские взносы в территориальный /Томский/ отдел ГО СССР. Мы возмущены фактом обмана тов. Рудым редакции журнала и просим больше не принимать к публикации его материалы. Председатель Томского отдела ГО СССР профессор Окишев П.А. 14. 04.90». Заведующая редакцией Известий ВГО Н.Р. Шевченко переслала мне оригинал этого вранья, из Томского отдела ВГО я после этого ушел и вступил в Алтайский В Известиях РГО публикуюсь до сих пор.

ДИАГНОСТИКА

«Мы будем по-настоящему счастливы, если геология также преуспеет в следующие тридцать лет, как это произошло с физикой. Но чтобы совершить такой прогресс, потребуется насилье над многими нашими общепринятыми представлениями».

Уильям Моррис Дейвис.
Значение экстремальных геологических гипотез. Science, 1926. Вып. 63. С. 463

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 местонахождения исчерпывающе охарактеризованы в работах Дж. Парди [1942], Дж. Х. Бретца и др. [1969], В.Р. Бейкера [Baker, 1973; Baker, Nummedal, 1978]. 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 (рис. 8, 10–13, 16). Межрядовые понижения обычно имеют вытянутую мульдообразную форму. На *платовском* и *яломанском* участках такие мульды обычно разделены небольшими перемычками, понижения платовской ряби, открывающиеся к Катуню, трансформированы растущими оврагами. Оврагами часто освоены и разомкнутые мульды в других местонахождениях. Курайская рябь на участках *Актру-Тете* и *правобережье Тете* имеет более вытянутые (на сотни метров) межрядовые 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 (рис. 11). Ниже по течению р. Катуня 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 (профиль «житовой спины»). Дистальные склоны имеют слабовогнутые в пригребневой части профили. Проксимальные склоны всегда более пологие и длинные, вогнутые – крутые и короткие. Углы падения проксимальных склонов колеблются в интервалах $3-11^\circ$ до 1° в пригребневых участках. Дистальные склоны падают под углами $5-20^\circ$. Самые контрастные значения этих характеристик – на поле гигантских знаков ряби Тете (рис. 16).

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 (10–60 м) и в урочище Кара-Коль в западной части Курайской котловины (5–20 м). 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.Э. Карлинга (рис. 14).

Поверхность гряд и межгрядовых понижений покрыта тонким слоем лессовидного суглинка, межгрядовые понижения иногда слабо заболочены (участок *Платово-Подгорное*). 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 в нескольких десятках километров выше по долине Катуня.

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 дон, 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 (не более 10%) крупнозернистых буроватых полимиктовых песков (рис. 15). Редко попадаются маломощные линзы таких песков, длиной в несколько десятков сантиметров. В песчаных линзах намечается тонкая косая слоистость за счет чередования более- и менее крупнозернистого материала. Крупнообломочный материал имеет среднюю и хорошую окатанность (за исключением ряби в урочище Кара-Коль), 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 (48–90%) и гравием (10–43%). В заполнителе полностью отсутствует глинистая и алевроитовая фракции, так же, как и в составе платовской ряби, очень незначительно содержание крупнозернистого песка (1–23%). В некоторых прослоях песок отсутствует.

В составе валунной и грубогалечниковой фракций *ряби Тете* (В.П. Парначев, [полевое определение] 1990 г.) 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 (до 0,77%) на глубинах 10–15 м в основании

отложений курайской ряби, залегающей на плотно сцементированных суглинистых галечниках [Русанов, 2004 а]. Нижние грани обломков во всех местонахождениях имеют толстую карбонатную пленку, а в яломанском местонахождении некоторые обломки полностью одеты в карбонатную «рубашку».

Обломочный материал везде 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 (фракции гальки и мелких валунов) 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 $26\text{--}27^\circ$ (рис. 18). Для мелкой песчаной ряби этот факт отмечен во многих специальных работах [Знаменская, 1968; Сниценко, 1980, Рейнек и Сингх, 1981; Кондратьев и др., 1982; Allen, 1963 и др.].

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 диллювиальных дюн варьирует от 1,5 до 8 м, длина ряби по простиранию – 25–30 м. Гряды сложены косо-слоистыми щебнистыми галечниками, почти не содержащими тонкого цемента. Пористость отложений в стенках канав достигает 20%. Для башкаусской ряби характерны наклонные горизонты мелких и средних валуников и дресвяно-галечниковые, чередование которых подчеркивает слоистость,

согласную падению дистального слоя. Длинные оси обломков ориентированы по течению, а их наклон также согласен наклону прослоев (рис. 19).

Проксимальные склоны имеют падение 4–12°, а дистальные – 15–35°. Резкая асимметрия склонов подчеркивается характерным выпуклым профилем «житовой спины» у проксимальных склонов. На поверхности пологих склонов также часто залегают крупные слабо обработанные дилuviально-эратические глыбы [Бутвиловский, 1982].

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 правом берегу 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 (рис. 6) показаны лишь основные местонахождения этого рельефа.

Не совсем понятным является отсутствие дилuviальных дюн в долинах бассейна Джасатера-Аргута. Одним из не очень, впрочем, удовлетворительных объяснений может служить их морфология – глубокие относительно узкие каналы, где рыхлые отложения уничтожались позднейшей, возможно – дилuviальной, эрозией (это предполагала в свое время для долины Джасатера еще З.А. Титова [Титова, 1957]). Другая возможная причина – малая изученность с дилuviальных позиций в связи с малой, относительно Катунь 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 (устные сообщения), а известно о «странном» грядовом рельефе было еще раньше. В середине 1970-х годов автору довелось принять участие в специальной аэровизуальной съемке и наблюдать этот рельеф с воздуха (совместно с В.С. Ревякиным и П.А. Окишевым). Понятно, что в то время удовлетворительного объяснения гигантской ряби на берегах Верхнего Енисея в районе г. Кызыла мы дать не могли.

Позднее Б.А. Борисов и Е.А. Минина подробно описали все поля ребристого рельефа и диагностировали его (как и на Алтае, и на Памире) 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 грядовой рельеф на берегах верхнего Енисея как гигантскую рябь и представил его фотографию на 30-метровой террасе р. Ка-Хем выше Кызыла (фотограф – П.А. Окишев). 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 [1991].

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. Тувинская рябь принципиально не отличается от таковой на Алтае и в Северной Америке и представляет собой следующее (рис. 20).

Диллювиальные дюны и разделяющие их ложбины имеют изогнутую и извилистую в плане форму («напоминающие застывшие волны», – пишет Н.В. Лукина [1991]). Профили паводковых дюн асимметричны, вогнутые дистальные склоны ориентированы вниз по долинам и имеют падение около 20° , выпуклые проксимальные склоны падают под углами $3\text{--}5^\circ$. 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 ([1987], с. 168) 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 (рис. 21). 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 (рис. 7). В частности, А.В. Мацера [1993] упоминает о широком распространении в Тоджинской котловине «сетчато-ячеистых озоз», 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 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 диллювиальным потокам. Они четко и закономерно асимметричны. Проксимальные склоны, ориентированные навстречу потоку, более пологие и имеют слабовыпуклые профили (профиль «китовой спины»); 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 (обычно – время последнего поздне-последледниковья) 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.

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 (например, обнажение в карьере в приустьевой части р. Иша и др.), в природе выглядят не так замечательно, как это рисуется автором

([Бутвиловский, 1993], рис. 30). Мне много лет приходилось работать на этом и других подобных разрезах (у пос. Карлушка, например). Кроме факта косога падения флювиальных валунных галечников ничто, пожалуй, определенно 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 диллювиальных отложений в погребенном состоянии, то есть – без геоморфологического контроля, может быть решена не только и не столько на уровне текстурных особенностей диллювия, 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 диллювия ничем не отличается от вещества аллювия [Парначев, 1999]. С.В. Парначев был вынужден ввести новое понятие «диллювиальный (паводковый) аллювий». Это, конечно, невозможное сочетание, так как физические характеристики сред, в которых формируются аллювий и диллювий 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 ([Тришанин, 1969; Кондратьев и др., 1982; Рейнек, Сингх, 1981, и др.], рис. 22). 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 [Пушкарев, 1948; Сницеенко, 1980]. Эта зависимость сложна, хотя в отдельных интервалах парных параметров гряд и потока может быть линейной: $V = 4,2D$, где V – длина волны, а D – глубина потока [Гришанин, 1969; Сницеенко, 1980]. Близкие взаимоотношения приводит и М.С. Ялин: $V = 5D$ [Yalin, 1972].

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. Однако, 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 (табл. 2).

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 периодическим изменением гранулометрии влекомых наносов [Рудой, Карлинг, Парначев, 1994]. П.А. Карлинг [Carling, 1996] полагает, что поскольку падение слоистости в паводковых дюнах близко к состоянию покоя, то гряды в русле перемещались в основном не обваливанием и оползанием, а перекачиванием подвижных слоев через изгиб в вершине гребней и отложением их на дистальном склоне.

Таблица 2.

Морфометрия русловой ряби течения и гидравлические характеристики потоков в 4-х пунктах исследований [Rudoy, Baker, 1993; Rudoy, 2002]^в

Район	р. Сев. Татл, Вашингтон	р. Медина, Техас	Колумбий- ское 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 вол- ны, м	6-15	80	120	200
Высота вол- ны, м	0.2	3	6	20
Глубина потока, м	1,4	10	100	400-500
Средняя скорость те- чения, м/с	2.5	3.5	18	32.5
Напряжение сдвига ложа, н/м ²	100	300	1800	до 20000
Мощность, вт/м ²	250	1000	32000	до 1000000
Расход, м ³ /с	175	7000	10000000	свыше 18000000

Для роста ряби в условиях соответствующего потока требуется очень небольшие интервалы времени. Р.Д. Дайнхарт [Dinehart, 1992] 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 [Gustavson, 1978] наблюдал на современных реках Техаса, как в половодье речная рябь вырастала до 2 м

^в 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 гидравлические 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 потока все гидравлические параметры и должны быть меньше. Но и расчеты П.А. Карлинга показывают, что правило М.С. Ялина для гигантской ряби не корректно, а Р.Б. Дайнхарт совершенно прав.

при длине волны около 100 м. Хотя прямые физические аналогии между современной песчаной рябью и гигантскими валунно-галечниковыми дилuviальными донными формами не могут быть корректными (табл. 2), все же можно предположить, что и формирование рельефа гигантской ряби течения в дилuviальных 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 также, 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 дилuviальных 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 околоталявеговых 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 косо-слоистых промытых гравийно-галечниковых отложений с участием окатанных валунов и глыб. 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, слабоогнутый в пригребневой части, склон, находится в зоне относительной русловой тени. Гигантские знаки ряби являются морфологическим и генетическим макроаналогом мелкой песчаной ряби течения.

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 (дилювиальных потоков, потопов, фладстримов) из ледниково-подпрудных озер, оставивших оригинальные эрозионные, эвразионные и аккумулятивные природные образования, по которым возможно определить гидравлические параметры водных потоков, реконструировать историю скэбленда и дать прогноз [Рудой, 1995]. Скэбленд – это площадь, рассеченная параллельными ложбинами, изобилующая каплевидными в плане холмами, водобойными котлами и следами кавитации; геоморфологический ландшафт, созданный гидросферной катастрофой [Гросвальд, 1999].

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 (взрывным) таянием криосферы и (или) катастрофическими прорывами вод под мерзлотой и между ее слоями как на Земле, так, в частности, и на планете Марс.

СТРОЕНИЕ СКЭБЛЕНДОВ

*«Чуйские Альпы, богатыри алтайские
плечом в плечо стояли каменной стеной.
Но не удозорили, не усмотрели: обмануло
их озеро, убаюкала их зыбун-волна, уснули
они крепко. А вода прорвала себе ход,
проточила горы и хлынула».*

Вячеслав Шипшов. Чуйские были.

Как отмечалась, гигантские знаки ряби течения находятся в парагенетической связи с другими типами и формами скэбленда. Достоверная палеогляциогидрологическая реконструкция скэблендов возможна только на основании анализа всего комплекса дилювиальных парагенетических ассоциаций. Именно в контексте такого анализа может быть понятно палеогеографическое значение рельефа гигантских знаков ряби течения, как одного из важнейших элементов этого комплекса.

В настоящем разделе кратко рассмотрим другие известные типы и формы дилювиального морфолитокомплекса (см. табл. 1), созданные дилювиальной эрозией, эвразией, а также в результате дилювиальной аккумуляции. Совокупность набора форм дилювиального морфолитокомплекса и преобладание одних форм над другими определялись объемами сброшенных озер, мощностью ледниковых плотин, исходным рельефом и количеством и энергией дилювиальных потоков.

Формы дилювиальной эрозии

Дилювиальная суперэрозия приводила в первую очередь к выработыванию глубоких ущельев на путях стока воды (ущелья прорыва). Крупнейшими ущельями прорыва на Алтае являются большинство каньонов Башкауса, Чульшмана, верховьев Катуня, а также - молодое ущелье Чуи на участке между урочищем Ештыккель от устья р. Маашей

до пос. Чибит (рис. 23). Ущелья прорыва имеются и в устьях многих других долин бассейна Чуйской котловины: Чаган-Узуна, Чаган-Бургазы, Тархаты и др. (рис. 24). Большинство так называемых эпигенетических ущельев гляцигенного происхождения, описанных ранее ([Ивановский, 1967], и др.), в действительности являются долинами прорыва дилювиального происхождения, образованными, как и все дилювиально-эрозионные формы, мощными потоками воды за очень короткое время.

На прямолинейных участках магистральных долин стока частично или полностью вымывался обломочный материал, разрушались выпуклые склоны, интенсивно подрезались древние конусы выноса, долины переуглублялись. Например, в долине р. Чульшман, особенно в среднем и нижнем течении, подрезанные пролювиальные конусы являются характернейшим элементом долины.

Перевальные седловины, по которым излишки воды при переполнении озерных ванн сбрасывались в соседние бассейны, превращались в сквозные долины-спиллвеи, имеющие каньонообразные, реже – узкие ящикообразные поперечные профили. Некоторые спиллвеи, например, - спиллвей Кокоря-Кокорю (верхний левый исток Башкауса), Тобожок (правый приток верхней Чуи) – Карасу (левый исток Башкауса), были подготовлены потоками льда, перетекавшими в максимумы оледенения из Чуйского наледного ледоема в бассейн Башкауса.

О сквозном трое Тобожка в 1937 году писал Б.Ф. Сперанский, который, в частности, отмечал, что практически все притоки верхней Чуи (включая правые истоки) служили каналами стока льда из Чуйского ледоема в долину Башкауса. Позднее эти представления были опровергнуты на том основании, что Чуйская впадина в четвертичное время ледниками не занималась [Щукина, 1960], поскольку на ее дне нет морены. Последнее же обстоятельство выдвигалось в качестве основного доказательства существования четвертичных ледоемов. Соображения Б.Ф. Сперанского были опровергнуты и забыты, а сквозная долина осталась.

Сквозные долины в верховьях Башкауса были исследованы специальными маршрутами. Было установлено, что в неглубокие (60–100 м), плоскодонные, относительно широкие (1,2–1,5 км) долины, прорезающие выположенную поверхность восточного окончания Курайского хребта, врезаны эрозионные ущелья, иногда очень узкие (до 10 м шириной по верхним бровкам), со ступенчатыми со стороны Башкауса продольными профилями.

С появлением концепции наледных ледоёмов [Рудой, 2001 б] стало ясно, что механизм возникновения некоторых разновидностей ледоёмов вообще принципиально отличается от того механизма заполнения межгорных впадин ледниками горного обрамления, который в СССР был предложен в 1930 году В.П. Нехорошевым [1930], а в США в 1942 году – В. Мэтьюзом (*intermountain glaciers* по [Mathews, 1942]). Авторская концепция о горных ледоёмах изложена в соответствующем разделе. Здесь же отмечу, что правота Сперанского, таким образом, подтвердилась. Чуйская котловина была ледоёмом, продуцировавшим ледниковые потоки в соседние бассейны. Сквозные трог были использованы на этапах деградации оледенения в качестве спиллвеев для сбросов части вод из Чуйского ледниково-подпрудного озера в соседние бассейны.

В тех случаях, когда долина стока не вмещала проходящие массы воды, поток заплескивался через местные водоразделы и вырабатывал серию дилювиально-эрозионных долин и ущельев заплеска. При этом поток транспортировал и аккумуляировал высоко на склонах и водораздельных пространствах эрратический материал иногда очень больших размеров: валуны и глыбы весом в десятки тонн. В отличие от эрратических валунов ледникового происхождения дилювиальный эрратический материал, как правило, весьма слабо окатан.

Очень интересная в палеогляциогидрологическом отношении система разнообразно ориентированных ущельев прорыва и заплеска располагается на плато Ештыккель (рис. 23). Ущелья прорыва пересекают низкий водораздел между

озером Кара-Коль, депрессия которого через узкий, извилистый в плане, канал через лесницу предгорных дилловиальных уступов соединяется с Чуей непосредственно выше ее поворота на юго-запад, и депрессией озера Джангысколь (собственно плато). Эти ущелья (их не менее пяти) имеют протяженность от 500 м до 1,5 км, глубину по почти вертикальным склонам – 120–300 м при ширине от десятков до ста метров. В настоящее время все эти ущелья – сухие, их днища приподняты на небольшую высоту относительно обеих депрессий; по крайнему северному ущелью проходит грунтовая дорога-тропа от стоянок Курайского колхоза к пос. Чибит. Все ущелья обильно залесены.

Канал стока и заплеска из котловины оз. Кара-Коль в долину Чуи используется сейчас тальми водами как временный в период обильных дождей и весеннего снеготаяния, однако ни развитого современного русла, ни руслового аллювия в этом канале на всем его протяжении нет. Канал имеет облик настоящего каньона глубиной в 80–100 м и шириной не более 50 м с крутыми, часто почти вертикальными стенками. Продольный профиль канала, как сказано, осложнен ступеневыми уступами, фиксирующими катаракты, образованные при сбросах воды вниз по уклону. Высота таких ступеней – 2–3 м. В тальвеге каньона на всем его протяжении вплоть до оз. Кара-Коль, кроме обломков местных пород, обнаружены слабоокатанные глыбы долеритов и гранодиоритов. Их размеры – от валунов до глыб трехметровой длины. Правый по уклону склон каньона порос лиственницей.

Еще два дилловиально-эрозионных каньона гораздо большей протяженности исследованы чуть восточнее. Строение их в общем подобно описанному. На дне этих каналов также обнаружен дилловиально-эратический материал. Вероятно эти каналы-каньоны использовались дилловиальными потоками неоднократно: и как ущелья прорыва, и как ущелья заплеска. Это подтверждает и ориентировка гигантских знаков ряби в урочище Кара-Коль.

Выделенные в Северной Америке дилювиально-эрозионные каналы-кули (рис. 25) в горах Центральной Азии встречаются редко. Возможно, их существование пока просто не доказано. Дальнейшие полевые исследования покажут реальность существования таких каналов в областях распространения четвертичных базальтовых покровов в Восточной Туве и в бассейнах Хубсугульской и Дархатской межгорных впадин. В частности, М.Г. Гросвальд [Гросвальд, Рудой, 1996] определенно указывает на дилювиально-эрозионный генезис глубокого каньона Кызыл-Хема, который прорезает, помимо гранитов и метаморфических пород, мощную толщу четвертичных базальтов (рис. 26). Очень перспективен в смысле обнаружения дилювиальных каналов стока, судя по палеогеографической ситуации, обширный район плато Путорана. Кроме этого, возможно, что крупнейшими каналами-кули на Алтае являются долины рек Чульшмана, Башкауса и Аргута. Морфологически они очень похожи на дилювиальные каньоны Северной Америки, палеогеография Восточного и Центрального Алтая также не противоречит этому предположению. Однако для решения этого вопроса требуются дополнительные исследования.

Пока в горах Алтая обнаружен один не вызывающий сомнений участок скэбленда, где система ветвящихся, изломанных в плане и глубоких (50–70 м) каналов-кули осложняет центральную часть долины р. Чаган [Рудой, Кирьянова, 1994]. Здесь, выше слияния рр. Ак-Кол и Кара-Оюк, долина на протяжении почти 8 км заполнена ленточными озерными отложениями с видимой мощностью около 30 м (рис. 27). Современный сток из оз. Ак-Кол выше устья Кара-Оюка подпружен моренным валом, который внешним краем прислонен к борту тектогенного ригеля, перегораживающего долину Чагана на протяжении почти 10 км вниз по течению. На этом участке река протекает в узком глубоком (около 50 м) ущелье, имеющем в плане вид ломаной кривой. Поверхность ригеля носит ясные следы ледниковой шлифовки и представляет собой совокупность сглаженных денудационных останцов,

сложенных вертикально залегающими верхнедевонскими слабометаморфизованными глинистыми сланцами. Местные понижения между останцами присыпаны некрупными валунами и галькой хорошей окатанности. Отдельные моренные валуны и глыбы можно увидеть и на экзарированных поверхностях останцов.

На экзарированной поверхности останцов имеются две системы ледниковых борозд, ориентированные на северо-восток 25 и 50° (рис. 28). Характерной чертой этого отрезка долины является широкое развитие второстепенных сухих каналов и ложбин, разделяющих поле курчавых скал на отдельные (иногда извилистые в плане) ряды и колонны останцов. Ложбины и каналы заполнены обычно прозрачным слоем песков, гальки, щебня и ледниковых валунов. Многие сухие каналы являются висячими по отношению к нижележащим эвразийно-кавитационным колодцам. Следы мощных водопадов здесь можно наблюдать повсеместно.

Этот изрезанный каналами-кули 10-километровый участок долины Чаган получил в геоморфологической литературе название «чаганского скэбленда». Экзотический ландшафт чаганского скэбленда был сформирован не позднее 3 тыс. л.н. в результате одного или нескольких прорывов Ак-Кольского приледникового озера, которой блокировалось ледниками долины р. Кара-Оюк и левобережного трога-притока [Рудой, Кирьянова, 1994; Галахов, 2001]. Такое заключение сделано на основании следующих фактов и выводов.

Морена, подпруживающая современное оз. Ак-Кол, относится по алтайской терминологии к кочурлинской стадии последнего оледенения Алтая. Если следовать известной хронологической схеме А.В. Шнитникова, морены этой стадии формировались 5600-5700 л.н. Формирование аккольской толщи ленточных осадков, по данным А.А. Свиточа с соавторами [Разрез..., 1978], началось около 5000 л.н. и закончилось, судя по подсчетам годовых лент, около 3000 л.н. [Рудой, 1981б]. После этого Ак-Кольское ледниково-подпружное озеро сбросило большую часть своих вод

и начало функционировать в своем современном режиме – как моренно-подпрудное. В настоящее время озерный седиментогенез неактивен, на днище озерной впадины обнаружен лишь грубообломочный материал. Это неудивительно, так как период осадения ледниковой муки, в изобилии поставляемой в водоем ледниками, очень велик, а моренный вал, хотя и затрудняет сток из озера, все же полностью не перекрывает последний, и большая часть взвешенных наносов беспрепятственно транспортируется вниз по долине, отчего вода в реке до самого устья имеет плотный грязно-белый цвет. Следовательно, для продолжительного существования древнего озера Ак-Кол, являвшегося конечным бассейном тонкодисперсного материала, требовалась сплошная плотина. Подобные моренно- и обвальное-подпрудные озера повсеместно встречаются в горах и сейчас. Сомнительно, чтобы такой плотиной служила морена «кочурлинской стадии», потому что следов окончательного прорыва озера, который, как сказано выше, произошел сравнительно недавно, не обнаружено. Кроме этого, поверхность моренного вала находится гипсометрически ниже поверхности верхних пачек ленточных отложений. В связи с этим нельзя согласиться с тем, что голоценовое оз. Ак-Кол было моренно-подпрудным, как полагал П.А. Окишев [1982]. Плотиной служили выдвигавшиеся в долину Ак-Кола концы ледников-притоков: правого, Кара-Оюка, и левого – безымянного висячего трога, либо одного из них. Моренный вал, именуемый стадильной конечной мореной Софийского ледника, является в действительности остатками краевой морены отступающих ледников притоков. Деградивовавший язык Софийского ледника опускался в середине голоцена в оз. Ак-Кол, акватория которого увеличивалась одновременно с уменьшением длины ледника.

Формы дилювиальной эвразии

Дилювиально-эвразийские формы генетически и пространственно связаны со спиллвеями и дилювиально-эрозийными долинами прорыва и заплеска. Эвразия — это разрушение горных пород, обусловленное донным вращением субвертикально падающей воды. Судя по данным лабораторных исследований, эвразия коренных пород дилювиальными потоками-фладстримами, особенно на участках со сверхкритическими скоростями течения, могла происходить очень быстро. Причина этого — в процессах кавитационного разрушения пород, которые развивались на контакте ледя с воздушно-водяной смесью. Гидродинамические кавитационные каверны возникают в жидкости из-за местных понижений давления в результате увеличения скорости течения. Перемещаясь с потоком в зоны более высокого давления, каверны захлопываются, излучая при этом ударную волну, которая разрушает субстрат. В таких условиях даже при небольших скоростях потока (около 5 м/с) разрушительная сила кавитации отвечает скоростям 100 м/с (Физический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983). Скорости же дилювиальных потоков были гораздо больше 5 м/с. Кавитационные процессы очень характерны для дилювиальной эрозии, а дилювиально-эвразийские образования вообще правильнее называть дилювиальными эвразийно-кавитационными.

При сбросах части озерных вод через местные водоразделы и перевальные седловины нередко возникали кратковременные, но исключительно энергичные водопады, продуцировавшие огромные, в сотни метров в диаметре и в десятки метров глубиной, водобойные ванны, воронки и котлы высверливания. Некоторые из таких дилювиально-эвразийских впадин сейчас заняты озерами, другие же в настоящее время безводны.

Примером дилювиально-эвразийских котлов, ныне заполненных водой, может служить известное на Алтае оз. Ая. Котловина этого озера, как и рядом располагающиеся

эвормионные впадины «Мохового болота» и Пионерской, находится на левом берегу Катуня выше по течению от пос. Платово. Все эти впадины выбиты в поверхности 60-метровой галечниковой террасы и имеют размеры соответственно 1200 x 200, 400 x 390 и 200 x 70 метров. Воды сбрасывались через спиллвеи, пропиленные в узком, преимущественно гранитоидном гребне, вдающемся в долину Катуня выше впадин (рис. 29). А.М. Малолетко [Малолетко, 1980] обнаружил отмытый паводком денудационный останец, разделяющий ныне впадины оз. Ая и Пионерскую, а также отметил поля крупноглыбового эвратического материала, занесенного потоком на склоны долины почти до водораздела. А.М. Малолетко принадлежит открытие эвормионного происхождения системы котловин в районе оз. Ая (так называемых айских впадин). Изучение батиметрии Айского озера и общей геоморфологической ситуации, а также нетрадиционность мышления позволили ему правильно решить проблему происхождения ванны Айского озера и, несмотря на всеобщий скепсис, смешанный иногда с иронией, отстаивать свои открытия, в сущности, в научном одиночестве. Не будучи гляциологом, А.М. Малолетко не сумел верно объяснить возникновение больших масс воды, прорезавших местные водоразделы выше айских впадин и создавших спиллвеи и сами водобойные ванны, что сейчас некоторыми ставится ему в вину (хотя замечу, что прорывы обвального-запрудных озер в горах – тоже совсем не редкость). На мой взгляд, гипотеза А.М. Малолетко для своего времени была смелой необычностью, а его позиция являет еще один пример научной последовательности и упорства.

Кроме айских впадин в Горном Алтае весьма впечатляюще выглядят «сухие водопады» в центральной части долины р. Чульшман в районе урочища Катужарык, куда сбрасывались излишки воды из Улаганского ледниково-подпрудного озера в ледниковый постмаксимум вюрма.

Более мелкие, но также очень эффектные дилловиально-эвормионные формы можно наблюдать на юго-западном склоне Шапшалевского хребта в нижней части правого берега

каньона р. Чульча, в низовьях долины р. Шавла (приток Чульшмана), а также в нижней по течению правобережной части р. Чаган-Узун в Юго-Восточном Алтае (рис. 30).

В Горном Бадахшане очень красивы ступенчатые «сухие водопады» на левом склоне долины р. Ванч, расположенные непосредственно напротив конечно-моренного вала ледника Русского географического общества. На каждой из ступеней этого каскада имеется глубокий (до 10 м) водобойный котел округлой формы, заполненный талой снежниковой водой. Узкой перемычкой такой котел отделяется от нижеследующей ступени, где также имеется очередная заполненная водой ванна. От русла р. Ванч эвормионный каскад (он именуется «куйзопскими впадинами») отделен длинным узким гребнем так, что с реки незаметен. В сущности, «куйзопские впадины» выбиты в узком и глубоком маргинальном канале. Происхождение этого канала и водобойных ванн можно связать со временем прорыва ледниково-подпрудного озера в верховьях р. Ванч, возникавшего за счет подвижки ледника РГО в начале XX века (предположительно в 1911 году). Следы этого озера отчетливо сохранились в виде озерных террас, «супирающихся» в левобережную морену ледника РГО, и толщи ленточных «глин», уступом прижатых к этой морене с проксимальной стороны. Возможно, что «сухие водопады» верховьев Ванча возобновлялись и позднее при катастрофических сбросах ледниково-подпрудного озера Абдукагор.

На севере Горного Алтая Г.Г. Русанов при крупномасштабной геологической съемке недавно выделил несколько десятков эвормионно-кавитационных впадин, из которых только на небольшом пространстве между селами Манжерок и Ая находится двадцать таких образований общей площадью в 2 км². Размеры этих котлов от 30 м до 2000 м в диаметре, глубины – от 4 до десятков метров. Из известных и доступных для изучения диллювиально-эвормионных котловин выделяется Манжерокское озеро. Подобная ему котловина (600 x 250 м), частично занятая озером, обнаружена Г.Г. Русановым на относительной высоте 60 м в сквозной долине

на местном водоразделе рр. Устюбы и Катунь выше с. Нижняя Каянча. При прохождении дилювиального потока, полагает Г.Г. Русанов, часть воды перед крутым поворотом долины перехлестывала через местные водоразделы, а на противоположных склонах возникали энергичные водопады, формировавшие за короткое время огромные водобойные ванны и котлы высверливания диаметром в сотни и глубиной в десятки метров [Русанов, 2004 б].

Самым же ярким примером дилювиально-эвразийских «исполиновых котлов» по-прежнему остаются водобойные ванны территории *Channeled Scabland* (рис. 31).

Формы дилювиальной аккумуляции

Результаты аккумулятивной деятельности дилювиальных потоков представляют наибольший интерес, так как поддаются, в основном, однозначной геологической и морфологической диагностике, хорошо определяются в поле и дешифрируются на аэрофотоснимках, а также могут служить инструментом для расчетов гидравлических параметров дилювиальных потоков. Самыми информативными в палеогидрологическом отношении из изученных в настоящее время являются *дилювиально-аккумулятивные валы и террасы (бары)*, а также гигантские знаки ряби течения (дилювиальные гряды, дюны и антидюны). Определенный интерес представляют *дилювиальные бермы*, изученные, правда, недостаточно.

Дилювиально-аккумулятивные валы и террасы развиты во всех магистральных долинах стока из ледниково-подпрудных озер. Они особенно выразительны в нижнем течении долины р. Чуи и в среднем и нижнем течении р. Катунь (рис. 32). Эти образования представляют собой мощные, обычно около 240 м (до 340 м) над урезами рек, толщи ясно слоистых, чисто промытых гравийно-щебнисто-дресвяных отложений, включающих в себя как слои и линзы песков и супесей, так и угловатые валуны и глыбы весьма пестрого петрографического состава (рис. 33). Толщи накапливались при резком падении энергии потоков или в условиях

обратного течения в зонах эрозионной тени непосредственно ниже коренных выступов, изгибов основной долины, или в больших расширениях долин.

Отложения зон природных экранов, механизм образования которых подробно описан А.А. Чистяковым [1978], изучались в условиях крупных сибирских рек С.А. Лаухиным [1971], который предложил называть их лимноподобными фациями.

Осадки верхних уровней дилuviальных террас и валов действительно похожи на отложения слабопроточных озер, на основании чего, в пределах, по крайней мере, так называемой Яломанской впадины, их таковыми и считали. Г.Я. Барышников даже приводит карту границ подпрудного озера в долине Катуня, восстановленного по «галечникам» на склонах долин-притоков рр. Ини, Большого и Малого Яломана, Купчегеня и притоков последних ([Барышников, 1992], с. 117). Другие представления о генезисе толщ, слагающих высокие уровни дилuviальных террас: («камовые террасы» П.А. Окишева [1982], «аномально мощные толщи аллювия» в условиях тектонического опускания, на основании чего и была выделена собственно «Яломанская тектоническая впадина», – все исследователи 50–60-х годов), свидетельствуют о большом интересе специалистов к этим толщам и о необычности механизма их возникновения.

Как и в случае с отложениями застойных вод паводков из североамериканского четвертичного ледниково-подпрудного озера Миссула [Baker, Bunker, 1985; Smith, 1993], тонкозернистые слои ила и полимиктовых песков чередуются в этих толщах с более грубыми, преимущественно щебнисто-гравийными горизонтами, приуроченными к основным каналам стока – долинам Чуи и Катуня. Механический состав отложений становится тоньше вверх по долинам притоков, с удалением от магистральных долин. Погружающиеся под углами 6–8° под урез р. Малый Яломан передовые слои свидетельствуют о заплесках воды из долины Чуи. При этом горизонты песков, щебня и гальки, мощностью около 25 см, чередуются с прослоями илов мощностью около 10 см.

Нередко встречаются горизонты суглинков и илов с текстурами срыва. Отложения застойных вод несогласно перекрыты валунно-галечниковыми слоями с включением небольших глыб. Эти относительно грубозернистые образования являются следствием энергетических пульсаций потока, проходящего вверх по долинам притоков. Эти же мощные течения вверх по долинам рр. Малый Яломан и Иня во время прохождений паводков по основному каналу могли генерировать и текстуры срыва в илистых горизонтах.

В отложениях всех высоких дилювиальных террас обращает на себя внимание исключительно плохая окатанность щебнисто-дресвяной фракции, доминирующей в строении толщ, и ее пестрый петрографический состав (рис. 34). Последние два обстоятельства, в частности, говорят о том, что обломочный материал в потоке переносился преимущественно во взвешенном состоянии [Рудой, 1987а, 1988а]. В эти отложения вложены без нарушения слоистости крупные, до нескольких метров в диаметре, угловатые глыбы.

Поверхности дилювиальных террас в общем случае наклонены к коренным бортам долин (рис. 35), часто осложнены небольшими изометричными западинами, фиксирующими участки подводных водоворотов. Бровки террас подчеркиваются береговыми валами-бермами.

Вследствие более поздней эрозии и осыпания описываемые толщи представляют собой сейчас очень четкие террасовидные скульптурные формы с хорошо очерченными бровками и ясно выраженными уступами, имеющими падение, близкое к углам естественного откоса (углам покоя) для соответствующих фракций (рис. 36). Поэтому дилювиальные террасы и валы, строго говоря, речными террасами не являются, это именно толщи дилювия, имеющие террасовидную форму.

К предгорьям высоты дилювиально-аккумулятивных террас уменьшаются до 100, а в районе г. Горно-Алтайска — до 60 м (известный «майминский вал», разделяющий долины р. Катунь и ее правого притока р. Маймы). В их строении увеличивается доля хорошо промытых грубозернистых песков, возрастает окатанность гравия и гальки.

Формирование отложений “высоких террас” происходило в результате либо одного мощного суперпаводка, или, что вероятнее, в результате работы нескольких дилювиальных потоков. Судя по мощности отложений, минимальные глубины дилювиальных потоков в долинах Чуи и Катуня составляли по крайней мере 250 м, что хорошо коррелируется с данными, полученными из расчетов (об этом – в разделе «расчеты гидравлических характеристик»).

Отложения более низких террас (условно – стометровых и ниже над урезами рек) представлены обычно пачками галечников и гравия с дельтовидной слоистостью, разделенных мелковалунно-галечниковыми субгоризонтально слоистыми осадками нормальных русловых потоков. Мощность таких пачек в районе пос. Иня у старого моста через Катунь составляет 8–10 м, в обнажении левобережной террасы Чуи выше устья – 6–7. Количество их в долине Чуи в наиболее полных разрезах – 7–9, а в долине Катуня – более 10 (рис. 37). Верхние косослоистые серии в кровле большинства обнажений низких террас перекрыты «валунными мостовыми», представляющими собой русловую фацию аллювия, накапливавшуюся по инстративному типу. Эти отложения могут свидетельствовать о фазе врезания постпаводковых потоков в мощную толщу дилювия на фоне их деградации.

Дилювиальные толщи блокировали прежде долины рр. Ини, Яломанов и других притоков магистральных долин. Выше этих плотин иногда возникали дилювиально-подпрудные озера, которые, переполняясь, размывали дилювиальные валы и сбрасывались в магистральную долину. Некоторые такие озера оставили озерные отложения, литология которых помогает реконструировать палеогидрологию фладстримов.

Мощная сложно построенная толща желтовато-белесых субгоризонтально тонкослоистых отложений с карманообразным контактом переходит в толщу дилювия, в частности, в устьевой части долины р. Иня (рис. 38). Эта толща в общем случае состоит из трех пачек, разделенных дислоцированны-

ми дресвяно-галечниковыми горизонтами. Здесь очень хорошо фиксируется уровень дниц дилювиально-подпрудных озер (рис. 17), которые возникали в подпруженной дилувиом долине р. Ини как минимум три раза, а также следы катастрофической сработки его уровней. По этим озерным отложениям имеются ^{14}C - датировки в 23 350±400 лет и 22 274 ± 370 лет по средней и верхней озерным толщам соответственно [Барышников, 1992].

Следы дилювиально-подпрудных озер обнаружены Г.Г. Русановым в устьях всех притоков рр. Катуня, Бии и Иши в их нижнем течении [Русанов, 2004 б]. Особенности размещения, строения и образования террас в долине р. Бии и высокой террасы в долине р. Иши привело этого исследователя к выводу о том, что такие образования – генетические и морфологические аналоги катунских дилювиальных валов, созданных во фладстримах. Гипсометрически выше этих валов, в устьях притоков, так же, как и в описанном случае с долиной Ини, возникали дилювиально-подпрудные озера общей площадью в 322 км² и объемом в 8 км³. В восемнадцати озерных впадинах сохранились рыхлые толщи, анализ которых позволил Г.Г. Русанову провести корреляцию событий Юго-Восточного и Северо-Западного Алтая за последние 100 тысяч лет. Анализ этих интересных данных выходит за рамки данной публикации и заслуживает специального обобщения. Отмечу только, что на основе анализа датированных дилювиально-подпрудных озерных отложений и их взаимоотношения со вмещающими и окружающими фациями этот исследователь сделал вывод о том, что в хронологическом интервале примерно 20–10 тысяч лет назад долина р. Катуня испытала шесть катастрофических суперпаводков, а долина р. Бии – пять, причем четыре из них были синхронными [Русанов, 2004 б]

В Центральном Алтае дилювиальные валы и террасы известны как «высокие террасы» Чуи и Катуня. Их удивительными размерами и совершенной формой более 150 лет

назад восхищался русский геолог Петр Чихачев [Чихачев, 1973]. С тех пор генезис «высоких террас» служил предметом ожесточенных дискуссий [Ивановский, 1998], начинающих угасать в наши дни в связи с его очевидностью.

Механизм накопления дилювиальных отложений, слагающих террасы Центрального Алтая, является предметом текущих исследований. В целом, для объяснения своеобразия литологии дилювиально-аккумулятивных образований закономерности, справедливые для обычного руслового процесса, продуцирующего разнофациальный горный аллювий, не является, как показывает опыт, инструментом для палеогидрологических реконструкций. Мы имеем дело со следами принципиально иного физического процесса, масштаб которого на несколько порядков превышает гидравлические параметры даже самых мощных современных потоков.

Дилювиальные бермы – генетический макроаналог валуно-глыбовых валов и кос («бульжных мостовых» крупных современных рек) На Алтае самым известным их местонахождением является длинный вал, бронированный неокатанными глыбами различного, но не только местного, петрографического состава. Этот вал начинается у подножья «высокой» дилювиальной террасы левого берега Катунь ниже пос. Иня и пересекает долину под острым углом (рис. 32). Шириной в проксимальной части в 110 м, вал имеет здесь максимальное превышение над поверхностью террасы около 4 м. Далее (вниз по долине) его высота снижается. Уменьшается и крупность обломков, армирующих вал. Сами обломки, разубоживаясь, образуют ухвостье.

Самые крупные глыбы, залегающие на поверхности вала, имеют диаметр до 14 м по длинным осям, обычны глыбы в 2-3 м длиной (рис. 39). Глыбы почти не утоплены в мелкозем, сам вал отчетливой вытянутой ложбиной отделяется в головной части от тыльного шва террасы. По мере расширения вала в виде шлейфа вниз по течению Катунь его поверхность фуркирует на несколько более мелких гряд, вытянутых согласно общему простиранию вала. Граничное с «высокой

террасой» углубление периодически слабо заболачивается и покрыто кустарником крыжовника и барбариса.

Поскольку описываемое скопление грубообломочного материала находится в одном из самых посещаемых мест Алтая (поле глыб и валунов пересекает Чуйский тракт), все исследователи Алтая так или иначе делали попытки объяснить его происхождение.

По различным версиям, развалы глыб вдоль Чуйского тракта – это гигантский селевой выброс; перлювий по конечной морене; перлювий по отложениям «высоких террас» и т.п. Последним, не очень понятным, но интуитивно близким к действительности, было объяснение В.В. Бутвиловского. Он писал, что глыбовые скопления в долине Катуня – это «глыбовые шлейфы для низких уровней ложа, а для уровней гигантских валов (? - А.Р.) они являются глыбами аккумуляции в зонах эрозионной тени, выброшенными из взвешенного потока и затем перемытые и перлювиально сконцентрированные в отстойке на спаде паводка» ([Бутвиловский, 1993], с. 127). Удачно, на взгляд автора, определил генезис развала глыб в долине Катуня Г.Я. Барышников [1992]. Он установил, что кроме указанного участка такие скопления, почти не прерываясь, переходят с одного борта долины на другой вплоть до пос. Чемал. Глыбовые скопления, по мнению Г.Я. Барышникова, фиксируют наибольшие скорости транспортировки обломочного материала по долине потоком, который, правда, Г.Я. Барышников называет «грязе-каменным селом».

Между тем, в работах специалистов по русловым процессам механизм образования прибрежных крупнообломочных валов и бичевников, а также осередков и мелководных перекатов, подробно изучен и описан (труды А.А. Чистякова, Р.С. Чалова, Н.И. Макавеева и др.). В общем случае, согласно популярному обзору Р.В. Лодиной и Р.С. Чалова [1994], мгновенные скорости в условиях турбулентных потоков существенно отличаются от средних (до 40%). При этих импульсах скоростей потоки приобретают способность к массовому

переносу самого грубого материала, который в итоге начинает осаждаться в виде протяженных валов в расширениях долин или ниже их изгибов наподобие побочней. Наблюдения этих авторов на больших реках Сибири с полугорным режимом показали весьма высокую скорость перемещения прибрежных валуновых гряд вниз по течению – 3–4 м/год.

При нормализации течения в русловой тени самых крупных глыб в вале формируются водоворотные углубления. Последние заполнены сейчас склоновыми и эоловыми суглинками и супесями и окружают глыбы мелкими, серповидными в плане депрессиями, которые выпуклыми частями направлены вниз согласно палеопотоку. В некоторых случаях в катунской берме наблюдается обратная картина: непосредственно перед крупными глыбами потоком вымыты неглубокие серповидные понижения, направленные выпуклыми частями вверх по течению. В этом случае в дистальной части обломков намыты небольшие валики.

Определенную роль в сдвиге валунов, пишут Р.В. Лодина и Р.С. Чалов, играет вымывание из-под них мелких частиц. Этому же, как показывают наши наблюдения на катунской берме, способствуют и вихревые движения воды, формирующиеся вокруг крупных обломков.

Дилювиальные бермы располагаются на поверхности многих террас как дилювиального, так и речного происхождения. Тем не менее, при относительной древности и размывости их действительно легко принять за перлювий по морене или по русловому аллювию, как и наоборот: последние идентифицировать как бермы (что и произошло для ряда участков в бассейне р. Башкаус у В.В. Бутвиловского [1993]). Помимо самостоятельного научного интереса, который представляют дилювиальные бермы, весьма важным является наблюдение Р.В. Лодиной и Р.С. Чалова о том, что скорости потоков, в которых образуются эти формы, почти в полтора раза могут превышать скорости дилювиальных потоков на стрежне.

В заключение этого раздела резюмируем, что наряду с дилuviально-аккумулятивными террасами, валами и бермами гигантские знаки ряби течения являются исключительными доказательствами катастрофических прорывов огромных ледниково-подпрудных озер. Если ущелья прорыва и заплеска, спиллвеи и другие эрозионные и эвразионные формы скэбленда можно ошибочно диагностировать и с иных генетических позиций, то в наборе с описанными аккумулятивными образованиями они не оставляют сомнения в однозначности их дилuviальной интерпретации.

Четвертичные ледоемы гор Южной Сибири

«Современные ледники – лишь жалкие обрывки того мощного ледникового покрова, который некогда сплошь облегал эту горную страну».

В.И. Верещагин.
Очерки Алтая. 1927. С. 31.

Рассматривая все проблемы, связанные с гигантскими знаками ряби течения, нельзя не остановиться на особенностях эволюции котловинных ледниково-подпрудных озер в горах. Такие озера не всегда генерировали дилювиальные потоки. В определенные хронологические интервалы озера могли оккупываться «законсервированными» под снежно-фирново-ледниковой толщей. Новые парадигмы [Shaw, 2002] предполагают весьма энергичную геологическую работу подледниковых потоков, испытывающих стресс выпележащих масс льда.

В данном разделе также отмечается, что некоторые, похожие на гигантскую рябь, образования, в действительности таковой возможно не являются.

История и сущность проблемы

В 1930 г. на III съезде геологов в г. Ташкенте В.П. Нехорошев ввел в научный обиход понятие и термин «ледоём». Ледоёмами В.П. Нехорошев предлагал называть такие межгорные впадины и расширения речных долин, которые полностью заполнялись ледниками горного окружения. Соединявшиеся в ледоемах ледники формировали самостоятельные центры, поверхность которых, по современным представлениям, за счет ледникового подпруживания и саморазвития могла подниматься выше снеговой линии. Эти ледниковые центры, в свою очередь, питали мощные выводные ледники в выходящих из котловин речных долинах.

Главным аргументом в пользу реальности существования четвертичных ледоёмов считался факт присутствия ледниковых и водно-ледниковых отложений и рельефа на днищах межгорных впадин. По этому признаку в конце первой половины XX в. на Алтае были выделены ледоёмы плоскогорья Укок, а также Джулукульской, Чуйской, Курайской, Уймонской, Лениногорской, Май-Копчегайской и Марка-Кульской котловин [Нехорошев, 1930; Сперанский, 1937; Москвитин, 1946]. По существу, все межгорные впадины Алтае-Саянской области, кроме котловины Телецкого озера, были в то время отнесены к ледоёмам. Это объясняется тем, что по расчетам И. Г. Гранэ [1915] и Л.А. Варданянца [1938] депрессия снеговой линии в максимум последнего оледенения составляла 1150-1200 м, а такая депрессия не могла не вызывать выдвигание позднечетвертичных ледников во впадины, что рассчитывается по несложной формуле того же Л.А. Варданянца.

Позднее было установлено, что в некоторых межгорных котловинах Алтая, например - в Курайской и Чуйской, где должны бы были возникать плейстоценовые ледоёмы, ни очевидных морен, ни безусловно флювиогляциальных образований как будто нет, а значит и ледоёмов в них не существовало ([Девяткин и др., 1963; Лунгерстаузен, Раковец, 1958], и др.). В течение десятилетий это обстоятельство вызывало дискуссии, в которых участвовали все работавшие в горах Южной Сибири геологи и географы. Дискуссии обострялись еще и в связи с тем, что на склонах большинства межгорных котловин отчетливо сохранились озерные террасы. Это могло означать, что впадины служили вместилищем для озерных вод, которые, как считалось, не оставляли места для ледников.

Правда, некоторые геологи, например, А.И. Москвитин [1946], полагали, что из-за своеобразия механизма образования ледоёмов на днищах последних морены могли иногда и не откладываться. Так, в Чуйской котловине на Алтае, считал этот исследователь, нижняя часть льда в ледоёме оставалась малоподвижной и не формировала морен, а верхняя

часть и сама по себе несла очень мало моренного материала. Озерные же террасы в этой и в других котловинах были отнесены А.И. Москвитиным к доледниковым и послеледниковым озерам. Так же рассуждали и другие специалисты. В разгар дискуссии о границах четвертичных ледников, когда площади древнего оледенения в разных работах то сокращались почти до современных, то покрывали чуть ли не всю сушу, едва оставляя участки для предгорных озер и органического мира, увидели свет большие статьи Е.С. Шукиной [1960] и Л.Д. Шорыгиной [1960], в которых утверждалось, что внутригорные водоемы Южной Сибири существовали в межледниковое и доледниковое время. Но и в ледниковые эпохи, по представлениям этих авторов, ни Чуйскую, ни Курайскую, ни Уймонскую [Попов, 1962] котловины ледники полностью не занимали.

Дискуссия начала 60-х напоминает несколько парадоксальную ситуацию, сложившуюся в 30-х годах, когда в период увлечения идеями ледоемов Нехорошева А.В. Аксарин [1937] объяснил возникновение озер в Чуйской котловине на Алтае тектоническим опусканием Северо-Чуйского хребта, а Б.Ф. Сперанский [1937], один из самых горячих сторонников алтайских ледоемов, был вынужден к этому присоединиться и синхронизировать четвертичное Чуйского озеро с последней межледниковой эпохой. В ледниковые же эпохи, по Сперанскому и Аксарину, во всех межгорных впадинах были ледоемы.

Таким образом, свидетельства существования ледоемов в разных котловинах оказывались часто противоположными: в одних впадинах в качестве доказательства заполнения их льдом предлагались морены, а в других – их отсутствие и наличие озерных террас.

На это обстоятельство обратили внимание Е.В. Девяткин с соавторами [1963]. Они вновь подробно рассмотрели аргументацию предшественников и сформулировали главные геолого-геоморфологические признаки ледоемов: 1) наличие активных и достаточно мощных ледников в горном

окружении котловин; 2) площадное развитие в котловинах валунно-суглинистой основной морены, петрография валунов в которой одинакова с петрографией горных пород окружающих хребтов; 3) наличие интрагляциальных водно-ледниковых образований – камов, озов и камовых террас, которые свидетельствуют о «широком развитии мертвых льдов» в стадии дегляциации; 4) наличие в пониженных участках котловин озерно-ледниковых отложений и реликтовых, главным образом – моренно-подпрудных, озер; 5) наличие следов экзарации в котловинах и 6) наличие в краевых частях ледоемов маргинальных каналов стока талых вод деградировавших ледников. По совокупности этих признаков Е.В. Девяткин и др. [1963] выделили Бертекский, Тархатинский, Джулукульский ледоемы и ледоем плоскогорья Укок. Поскольку, как полагали эти геологи, в Чуйской, Курайской, Уймонской и им подобных котловинах ледниковых отложений нет, то и ледоемами они не являлись.

Нельзя не заметить, что из шести выделенных диагностических признаков ледоемов главным Е.В. Девяткин с соавторами считают все же второй. Если морен и флювиогляциальных форм в котловинах нет, то все остальные признаки, судя по статье, не играют роли и могут быть объяснены чем угодно, но только не работой ледников. Поскольку вопрос о возникновении ледоемов всегда ставился одновременно с вопросом о существовании в котловинах больших ледниково-подпрудных озер, то альтернативные объяснения генезиса «спорных» форм рельефа и отложений давались, как правило, с «озерных» позиций. Именно таким образом поступили в свое время с «озом Обручева» в Уймонской межгорной впадине [Рудой, 1990].

Однако существование и самих котловинных ледниково-подпрудных озер в ледниковом плейстоцене гор Сибири требовал специальных доказательств как их генезиса, так и их возраста. Понятно, что если во впадинах имеется «очевидный» моренный рельеф, как, например, на плоскогорье Укок, в Джулукульской, Тархатинской и Улаганской

котловинах, то скорее всего они были «классическими» ледоемами Нехорошева. Однако гораздо интереснее оказывается ситуация, когда в межгорных впадинах таких «очевидных» форм нет, но ледоемы, исходя из палеогляциологических соображений, должны были возникать. Еще интереснее становится ситуация, когда эти котловины имеют следы приледниковых озер. Ну, и, наконец, если следы озер (озерные террасы и отложения) диагностируются также не уверенно, не единодушно, но озера, как и ледоемы, исходя из тех же палеогляциологических моделей, все же должны были образовываться, реконструкции, на первый взгляд, вообще заходят в тупик. Причем дополнительные фактические данные (материалы бурения, новые карьеры, обнажения и т.п.) положения не меняют, а, как будет показано ниже, зачастую и усугубляют. В этом смысле показательна Уймонская котловина на Алтае. Здесь должны были быть и четвертичные ледоемы, и ледниково-подпрудные озера, но достоверных геологических следов ни тех, ни других в этой котловине нет.

В прежних работах уже приходилось доказывать одновременное существование в Уймонской впадине и больших озер, и ледоёмов ([Рудой, 1990], и др.). Однако, некоторые геологи в своих новейших публикациях (например, В.В. Бутвиловский и Н. Прехтель [2000], с. 44) начинают утверждать, что грядово-западинный рельеф в устьях долин бассейна Уймонской котловины (да и других территорий) – это гигантские знаки ряби течения, сама котловина ледоёмом никогда не была, а озы Обручева – это образования больших многолетних и мощных (свыше 30 м) наледных полей, сформировавшиеся «в условиях холодного резко континентального климата... в короткие периоды исчезновения во впадине водоема».

Уймонская межгорная впадина

Уймонская межгорная впадина относится к крупнейшим котловинам Алтая (рис. 6). С юга она ограничена высочайшим в Сибири Катунским хребтом, который несет мощное современное оледенение. Абсолютные отметки Катунского

хребта достигают 4500 м (высота г. Белухи – 4506 м). На севере впадина ограничивается Теректинским хребтом, также имеющим современные, преимущественно каровые и склоновые ледники. Речные долины обоих хребтов имеют в верхних частях форму трогов с разным набором хорошо развитых конечных корен. Большинство морен подпруживают озера, самые крупные из которых относятся к Катунскому хребту.

Днище котловины слабо наклонено к востоку. Оно заполнено рыхлыми полифациальными отложениями, среди которых протекает р. Катунь. Урез Катунь на выходе из котловины (гидроствор Катанда) составляет 904 м над у.м.

Бесспорно озерных террас в Уймонской котловине до сих пор не обнаружено. Правда В.В. Бутвиловский и Н. Прехтель [2000] отмечают, что озерные террасы в Уймонской котловине есть. Однако пишут они об этом так: «...Очевидно, что горно-таежная местность... Катунского хребта неблагоприятна для сохранения прибойных уровней, тем более, что на значительной своей части она неблагоприятна и для их образования. Поэтому их здесь и нет (! – А.Р.), но они все же есть (!! – А.Р.) в окрестностях пос. Маргала, где они и могли бы быть. Поэтому весьма скромное наличие прибойных уровней...(!!! – А.Р.) не является загадкой...» ([Бутвиловский. Прехтель, 2000], с. 40–41). В этих рассуждениях все «является загадкой», поэтому пока, видимо, преждевременно серьезно принимать их в расчет.

Заключение о возникновении большого озера постулировалось на следующем основании: поскольку ледники Катунского хребта переполняли долину Катунь ниже котловины, то сток из последней был подпружен и котловина заполнялась водой ([Верещагин, 1927; Гранэ, 1915; Нехорошев, 1930; Москвитин, 1946], и др.). Однако, это справедливое допущение до последнего времени не находило подтверждения надежным фактическим материалом. Напротив, еще в начале прошлого века В.А. Обручев обнаружил в центральной части котловины длинный извилистый в плане вал, охарактеризованный им как оз [Обручев, 1914]. Позднее Е.В. Девяткин

и др. [1963] писали, что оз. Обручева на самом деле имеет эрозионное происхождение, а в пределах Уймонской котловины ледниковых образований быть не может, потому что ледники бассейна Катунь и ее притоков вообще не доходили до впадины, а оканчивались в горах. Так же считали и Г.Ф. Лунгерсгаузен и Г.А. Шмидт, отмечая, что «оз. Обручева» - это береговой вал древнего озера (по [Девяткин и др., 1963]). В 1973 г. П.А. Окишев описал целую серию таких валов и доказал правоту гипотезы В.А. Обручева [Окишев, 1973]. Однако этим самым он показал и то, что Уймонская котловина заполнялась льдом, т.е. была ледоемом.

Таким образом, как и прежде, в настоящее время проблема сибирских ледоемов все еще решается по принципу «либо-либо»: либо ледоем, либо водоем. Поэтому, думается, целесообразно вновь обратиться к аргументации своих взглядов на механизмы образования ледоемов различного типа в свете прежних и новых материалов и идей.

Итак, в пользу существования в Уймонской котловине на Алтае больших ледниково-подпрудных озер и ледоемов свидетельствуют нижеследующие факты.

Строение озера в Уймонской котловине

В районе старого аэропорта пос. Усть-Кокса в стенке карьера высотой около 5 м вскрывается разрез (рис. 40 а): (1) суглинок покровный бурый, мощностью до 1 м; (2) пески ясно слоистые, грубо- и крупнозернистые, серые, рыхлые, промытые. Слоистость в общем случае согласна подстилающей скульптуре, иногда нарушена. Помимо ориентировки зерен согласно напластованию слоистость подчеркивается чередованием грубо- и крупнозернистых горизонтов. Часто встречаются карманы из вмещающих пород. Мощность слоя - до 3 м; (3) пески бурые, слоистые, включены во все горизонты в виде длинных лент, реже - линз; (4) гравий и галька неяснослоистые. Слоеватость намечается чередованием крупности обломков, независимо от ориентации разреза она имеет куполообразный, «антиклинальный», облик.

Галечники, в особенности в кровле пачки, рыхлые. К подошве пачки наблюдается увеличение крупности обломочного материала одновременно с уменьшением ясности текстур. Видимая мощность – до 4 м; (5) пески гравелистые, серые, горизонтально слоистые, включены в горизонт (4) в виде прослоев.

Описанный разрез является типичным для всех вскрытых естественными обнажениями или расчистками озон котловины [Рудой, 1990]. Однако ни в одном из них в подошве разреза не обнажается морена, образование которой предшествует или синхронно формированию камов и озон, и наличие которой в межгорных впадинах считается одним из главных аргументов в пользу ледоёмов [Девяткин и др., 1963; Нехорошев, 1930], хотя в некоторых работах отмечается, что озы могут подстилаться и коренными породами [Раукас и др., 1971].

Еще в 1975 г. я попытался вскрыть «корни» оза, расположенного в уступе левобережной эрозионной террасы р. Катунь. Канавами был пройден обращенный к Катунь склон оза, а также верхняя часть террасы, «вырезанной» в днище котловины. В стенке канавы было обнаружено (рис. 40 б): (1) дерн; (2) суглинок покровный, коричневато-серый с редкими пятнами темно-серой супеси. Мощность слоя – около 2 м; (3) песок темно-серый, крупнозернистый и гравелистый. Обнажается в виде линз, клиньев, карманов. Мощность прослоев – около 30 см; (4) супесь светло-коричневая, пылеватая, с прослоями и линзами валунных суглинков. Обломочный материал хорошо окатан, мощность – около 1 м. Ниже подошвы слоя (4) забой канавы опускается под площадку террасы, на которой находится описываемый оз. Здесь было вскрыто: (5) гравий и галька с редкими и мелкими валунами. Горизонт имеет отчетливую субгоризонтальную слоистость. Гравий и галька средне и хорошо окатаны. Подошва слоя уходит под забой. Видимая вскрытая мощность слоя – 2 м.

Исходя из строения озон, можно констатировать, что озы лежат не на основной морене, а на озерных галечниках.

Морфология и строение краевых ледниковых форм в устьях речных долин

В приустьевой части долины р. Мульты на юго-восточном склоне Уймонской котловины река подрезает морену, сложенную валунами с гравийно-галечниково-песчаным заполнителем. В целом для разреза характерно увеличение доли обломочного материала сверху вниз по разрезу. Обломки хорошо окатаны, имеют округлую форму, размеры валунов достигают 0,5 м в диаметре. Валунный материал значительно выветрен и представлен биотитовыми и биотит-рогово-обманковыми гранитами. Гравий и галька, напротив, имеют очень свежий облик. Мощность обнажения — около 4 м.

На междуречье рек Мульты и Акчана, на правом берегу р. Катунь, есть обширное поле субконцентрических цепочек взаимопараллельных валов и холмов высотой более 4 м (рис. 40 в), разделенных неглубокими ложбинами. По морфологическим признакам этот рельеф очень похож на ребристую морену (голичную морену Де Геера), однако его строение показывает иное.

Напротив с. Аккоба этот рельеф под острым углом к грядкам подрезается р. Катунью, где на протяжении 0,5 км вскрываются: (1) покровный суглинок серовато-коричневый, пылеватый, мощностью до 1,5 м; (2) гравий и галька с редкими мелкими валунами. Обломочный материал в основном имеет свежий облик, в северной части разреза попадают значительно выветрелые валуны биотитовых гранитоидов. Окатанность валунов средняя и хорошая. В целом горизонт хорошо промыт, заполнитель представлен грубозернистым и гравелистым песком, содержание его невелико. Лишь в северной части разреза встречены тонкие (10–15 см) вытянутые песчаные прослои. Внутри этих прослоев имеется очень тонкая субгоризонтальная слоистость. Изредка в основании северной части толщи встречаются линзы коричневого пылеватого суглинка. Общая слоистость горизонта повторяет профиль топографической поверхности и наиболее ясно

выражена в центральной и южной частях обнажения. Мощность горизонта — до 4 м; (3) суглинок темно-коричневый, водонасыщенный, горизонтально простирается по всему разрезу. Мощность — 20–30 см; (4) валунник с гравийно-галечниковым и песчаным заполнителем. Валуны хорошо и совершенно окатаны, имеют округлую форму, в диаметре не превышают 0,4 м. Какая-либо сортировка в слое отсутствует. Видимая мощность слоя — 3 м. Ниже — осыпь.

Как видно из описания и из рисунка, грядово-ложбинный рельеф с поверхности сложен флювиальными волнисто-слоистыми отложениями, что, в совокупности с пространственной ориентировкой гряд, позволяет классифицировать его как систему маргинальных озов, сформировавшихся в водной среде у края распластывавшегося в устьевой части р. Акчан ледника. В строении гряд принимает участие и моренный материал, причем контакт основной морены и гравелистых галечников не везде такой идеальный, как в описанном обнажении. Валунные суглинки в обнажении р. Мульты аналогичны слою (4) в обнажении р. Катуня, однако водно-ледниковый слой в кровле первого отсутствует. В полукилometре западнее мульгинской дороги, на правом берегу Катуня карьером вскрыта одна из отдельных гряд, в основании которой залегают слабоокатанные валуны, перемешанные с гравием, песком и суглинком. Кровля этого разреза представлена хорошо промытыми галечниками.

На основании рассмотренных обнажений и расчисток можно заключить, что в строении маргинальных озов юго-восточной периферии Уймонской котловины принимают участие и моренные отложения. Взаимоотношения водно-ледниковых и ледниково-аккумулятивных отложений, как было показано, складываются тройко: 1) гравийные галечники согласно перекрывают осадки основной морены (рис. 40 в); 2) отложения озов могут иметь моренное ядро с неровным, «рваным», контактом; 3) водно-ледниковые галечники вообще не участвуют в строении гряд.

Результаты изучения маргинального ледникового рельефа в Швеции и в Канаде показали, что маргинальные озы и ребристая морена, аналогичные описанным, возникают в условиях больших горизонтальных напряжений в концевой зоне ледника, который реагирует на них как хрупкое тело [Elson, 1957; Hoppe, 1959]. Дж. Элсон отметил парагенетическую связь морен Де Геера и маргинальных озов. Г. Хоппе полагал, что морены Де Геера могут формироваться только на контакте ледников с мелководным водоемами, что вызывает сезонную неустойчивость края ледника и ведет к возникновению здесь близко расположенных трещин, куда выжимается основная морена из ложа ледника. Одновременно, как показали наши наблюдения, в краевых трещинах откладывается и водно-ледниковый материал.

Таким образом, строение и морфология грядового рельефа в междуречье рек Мульты и Акчана указывают на то, что ледники из этих долин опускались в водоем, который существовал в котловине в ледниковое время. Тот факт, что развитые в центральной части котловины цепочки озов залегают непосредственно на озерных отложениях, а под озами и вокруг них отсутствуют синхронные им моренные образования, может объясняться только тем, что озы формировались на ледниковом покрове, который полностью бронировал зеркало озера. Это покров представлял собой соединившиеся на плаву «шельфовые» ледники подножий Катунского и Теректинского ледниковых центров. При распаде оледенения, спуске озера (или его выдавливании) ледниковый покров опускался на дно впадины. Возможно, и на этом этапе среди массивов мертвого льда формировались интрагляциальные озоподобные формы.

Во втором случае, зафиксированном в междуречье рек Мульты и Акчана, само строение и морфология грядового рельефа также как будто убедительно свидетельствуют о том, что горно-долинные ледники контактировали с водным бассейном.

В своих прежних работах [Рудой, 1990] я не синхронизировал эти два события и относил образование озоз в центральной части Уймонской впадины к среднему плейстоцену, а поле маргинальных озоз ее периферии – к позднему. Это, конечно, было ошибкой. Исходя из «свежести» морфологии краевых форм, а также на основании фактических данных (в том числе – и абсолютных датировок) по другим горнокотловинным районам (например, [Бутвиловский, 1993]), я сегодня полагаю, что события, запечатленные краевыми ледниковыми образованиями в этой впадине, относятся ко времени окончания последнего оледенения (18–12 тыс. л.н.), а маргинальные озоз Мульты-Акчана фиксируют самые финальные стадии вюрмского оледенения сибирских гор и являются более юными, чем «озоз Обручева». Конечно, полную ясность в этот вопрос могут внести абсолютные датировки, надежность которых, к сожалению, пока невелика [Агатова и др., 2004].

Изменение парадигмы. Типы ледоемов

Итак, к концу двадцатого века было выяснено, что («классические») ледоемы Нехорошева – это только лишь один, и далеко не самый распространенный, сценарий озерноледниковой истории межгорных впадин [Rudoy, 1998]. Разработка проблемы ледоемов стала производиться на основе совершенно иной парадигмы: «и водоем, и ледоем». Такой подход стал возможен потому, что расчетами объема талого ледникового стока [Рудой, 1981а; Рудой и др., 1989] было доказано: к моменту кульминации оледенения ряд крупных межгорных впадин уже был занят ледниково-подпрудными озерами.

В зависимости от морфологии межгорных впадин, величины депрессии снеговой линии в окружающих горах и в зависимости от энергии оледенения взаимоотношение четвертичных ледников и ледниково-подпрудных озоз складывалось в Южной Сибири по нескольким сценариям.

1. *Только ледоём, без озера* («классические» ледоёмы В.П. Нехорошева). К таким ледоёмам отнесены все высоко поднятые внутригорные котловины Сибири с моренным и водно-ледниковым рельефом на днищах. Это, в первую очередь, Улаганская, Джулукульская, Тархатинская и Бертекская впадины на Алтае.

2. *Водоём и ледоём вместе*. Эта модель рассматривает случаи, когда на поверхности большого ледниково-подпрудного озера спускавшиеся из гор долинные ледники сливались на плаву («шельфовые ледники» горных стран) и перекрывали озеро (рис. 41). Возникали так называемые пойманные озера («catch lakes»). При сбросах «пойманных озёр» (наиболее вероятен механизм подледного выдавливания воды) глетчерные льды опускались на дно и оставляли известные формы «мертвых льдов», а также проецировали на ложе озерных ванн ранее сформированные на поверхности «шельфовых ледников» камы и озы. Последние залегают сейчас не на основных моренах, как в типичных случаях, а на озерно-ледниковых галечниках (в том числе и известный, упоминавшийся выше «оз Обручева» в Уймонской котловине).

Механизм очень энергичного, катастрофического выдавливания подледных озёр и морей под огромной ледниковой нагрузкой становился, по-видимому, преобладающим на стадиях кульминации оледенений. Дилювиальные каналы подледниковых сбросов, сформировавшиеся под давлением позднеплейстоценовой (висконсинской) ледниковой лопасти, были описаны в уже упоминавшихся работах канадских гляциологов. Кроме этого, Я.А. Пиотровский исследовал дилювиальные подледные формы на германском побережье Северного моря. Под действием ледниковой нагрузки четвертичное подледниковое озеро Столпер оказалось здесь выдавленным в море, причем в процессе истечения, характер которого был катастрофическим, образовались глубокие дилювиально-эрозионные каналы, крупнейших из которых – канал Борнхёвд, имел глубину в 222 м при длине почти 13 км и почти

на 200 м располагался ниже современного уровня моря [Piotrowski, 1994].

3. *Наледные ледоемы.* Эта модель рассматривает случаи, когда граница питания ледников опускалась ниже зеркала воды (рис.42). На месте водоемов возникали сложные образования, состоявшие из мощной линзы талых вод, бронированной озерными, наледными и глетчерными льдами, а также свежно-фирновой толщей. Поверхности озер вовлекались, таким образом, в зону питания ледников и становились новыми ледниковыми центрами с субрадиальным оттоком льда (инверсионная ледниковая морфоскульптура).

В качестве дополнительных доказательств реальности существования наледных ледоемов можно привести особенности строения ленточных «глин» в крупнейших их алтайских местонахождениях – в долинах рр. Чаган и Чаган-Узун.

Специальные исследования [Рудой, 1981б, в] показали, что скорость накопления этих отложений в местонахождении Чаган составляла примерно 2–4 мм/год, а в разрезе Чаган-Узун – от 8–10 до 15 мм/год. Удалось также выяснить, что в разрезе Чаган имеются особые слои преимущественно глинистого состава, выдержанной (около 10 мм) мощности, с различными интервалами повторяющиеся во всей толще. Эти слои получили название «криохронных».

Криохронные горизонты были приняты А.А. Свиточем с коллегами [1978] за зимние сезонные слои, в связи с чем этой исследователи сделали вывод о том, что скорость накопления озерно-ледниковых алевропелитов Чаганского разреза составляла около 400 мм/год.

Через 15 лет В.В. Бутвиловский [1993], согласившись с такой оценкой и сославшись на мнение А.А. Свиточа, тем не менее назвал «зимние» слои А.А. Свиточа «летними», а скорость накопления алевропелитов в приледниковом четвертичном озере Чаган оценил еще выше, чем географы МГУ. Оно и понятно, ведь не могли же озерно-ледниковые отложения последней ледниковой эпохи накапливаться 10–15 тыс. лет, как считает Рудой, если продолжительность самого

последнего ледникового цикла (по Бутвиловскому) была всего 5–6 тыс. лет.

В.В. Бутвиловский пишет, что «А.Н. Рудой и другие исходят из того, что летний и зимний сезоны в динамике *озер* (выделено мной – А.Р.) всегда резко отличаются друг от друга, и что эквивалентные им части ленточных осадков должны тоже отличаться...» ([Бутвиловский, 1993], с. 63). Далее он пишет, что для исследования проблемы определения критериев годичности такого рода отправные посылки неверны. После этого В.В. Бутвиловский приводит 14 страниц таблиц, из которых, вообще говоря, ничего не следует.

Как обычно, В.В. Бутвиловский не точен в своих ссылках. В исследованиях литологии ленточных отложений я исходил из того, что летний и зимний сезоны резко отличны в динамике *ледников*, питающих приледниковые озера. Поэтому непонятно, почему такая посылка неверна, и почему неверна, как пишет В.В. Бутвиловский, конечная цель исследования – обнаружение в разрезах озерных отложений годичной слоистости [Рудой, 19976].

В подтверждение достоверности своих подсчетов В.В. Бутвиловский приводит данные двух работ [Наливкин, 1956; Elverhoietal., 1983] и говорит при этом об «обычных» темпах накопления осадков в современных водоемах. Такие темпы как раз необычны. Обычные темпы осадконакопления в современных приледниковых озерах приведены в сотнях оригинальных работ и они не превышают: 1 мм/год – оз. Ванда в Антарктиде (ряд за 30 тыс. лет [Бардин, 1990]); 0,02–7,6 мм/год – оз. Далекое в Антарктиде [Большаянов, Веркулич, 1992]; от 0,65 до 7 мм/год в особенно холодные и особенно теплые годы в оз. Изменчивом в Арктике [Большаянов, Веркулич, 1992]; около 0,5 мм/год в современных горных озерах [Севастьянов, Селиверстов, 1993], и т.д. Скорости осадконакопления в четвертичных приледниковых водоемах имеют такой же порядок. Например, С.С. Сухорукова с соавторами определили скорость осаднения в четвертичных приледниковых озерах Средней Сибири в 9 мм/год

и подчеркнули при этом сверхвысокий характер седиментации [Сухорукова и др., 1993]. Общая сводка скорости современного озерного седиментогенеза приведена в книге З. Кукала [1986], а для четвертичных приледниковых бассейнов — в работе Д.В. Севастьянова и Ю.П. Селиверстова [1993].

В целом мощность годовых лент в ленточных и ленточноподобных отложениях хорошо коррелирует с их гранулометрическим составом: чем толще годовая лента, тем грубее слагающий ее материал. Это отмечали все исследователи таких отложений. Для озерно-ледниковых осадков Алтая эта закономерность была проиллюстрирована в таблице ([Рудой, 1981 б]), из которой следует, что тонкая фракция (менее 0,01 мм) в зимних слоях годовых лент более чем в 2 раза превалирует над таковой в летних слоях. Гранулометрический состав криохронных слоев в разрезе Чаган показывает еще большее содержание фракции 0,01 мм, чем в зимних слоях разреза Чаган-Узун. Такой существенно глинистый состав криохронных слоев и привел А.А. Свиточа с коллегами к понятному, но ошибочному выводу о том, что эти слои являются зимними в годовых лентах.

В ленточных «глинах» долины Вайстрица в Альпах М. Шварцбах определил среднюю толщину годовых слоев в 5–6 см, отметив их преимущественно песчанистый состав [Schwarzbach, 1940]. Мои наблюдения литологии ленточных глин карьера Гнадевальд (правый приток р. Инн в Восточных Альпах) показали мощность годовых лент в 0,7 см при средней мощности зимнего слоя в доли миллиметра. При этом полевом изучении я исходил из ранее установленных критериев годичности для Алтая [Рудой, 1980, 1981 б, в]. Полевая оценка в точности совпала с теми, которые получили немецкие и австрийские седиментологи, использовавшие при подсчетах кроме литостратиграфических также и биостратиграфические методы расчленения летних, зимних и внутрисезонных ритмов в годовых парах (устное сообщение К. Фишера, 1993). Наконец, К.К. Марков [1927] продемонстрировал взаимосвязь между мощностью годовых лент

и их гранулометрическим составом таблицей, в которой изменение мощности годичных лент от 300 мм до 2 мм сопровождается изменением размера зерен от грубозернистого песка до тонкой глины. При этом оба параметра (толщина лент и механический состав) прямо зависят от расстояния до питающего ледника: чем ближе край ледника, тем толще годичная лента и грубее слагающий ее материал. Это естественно, так как именно ледник и снежный покров, являясь индикаторами изменений погоды и климата, определяют водность питающих приледниковые озера водотоков и определяют их мутность.

Криохронные слои соответствуют нескольким годам с очень коротким и холодным абляционным периодом, а вероятнее всего – вообще без него⁹. В течение этих периодов приледниковые озера не вскрывались ото льда вообще, и на их дне накапливались (отстаивались) преимущественно особенно тонкие осадки, не успевшие выпасть в осадок ранее. Это осаждение происходило на фоне практически полного прекращения талого стока с питающих озеро ледников и отсутствия поступления в приледниковые водоемы новых порций твердого вещества. Дальнейшее похолодание и увеличение увлажненности вызывали дальнейшее понижение границы питания ледников до тех пор, пока последняя не опустилась ниже уровня озер. Началось формирование наледных ледоёмов.

Еще одним подтверждением гипотезы наледных ледоёмов являются итоги работ последнего десятилетия на современных озерах оазисов Антарктиды [Бардин, 1990; Большианов,

9. По озерным отложениям Чаганского разреза имеются термолюминисцентные датировки, показывающие в основном их среднечетвертичный возраст. Надежность этих датировок, как уже отмечалось, очень невелика, а сами даты, полученные в разных лабораториях из одноименных горизонтов и даже образцов одними и теми же исследователями, а также даты, полученные из одноименных горизонтов разными исследователями, очень различны [Агатова и др., 2004]. Сейчас я склонен согласиться с В.В. Бутвиловским [1993], что ледниковые и водно-ледниковые комплексы всех так называемых опорных разрезов Алтая очень молодые и принадлежат времени последней ледниковой эпохи (юрму, вероятно – позднему). Исходя из того факта, что большинство контактов между слоями, ланками и горизонтами в разрезах Беле, Кубадру, Чаган, Чаган-Узун, а также в диплювиальных террасах Алтая близки к горизонтальным, и многие разрезы имеют протяженность от сотен метров до нескольких километров, я делаю вывод, что все эти толщи – посторогенные.

Веркулич, 1992]. Согласно этим работам, при среднегодовой температуре воздуха у поверхности до -20°C в одном из крупнейших антарктических озер, озере Ванда, существующем в подледном режиме, придонные слои воды могут нагреваться до $+25^{\circ}\text{C}$. Озерный лед мощностью около 4 м не только является своеобразным экраном, защищающим водоем от низких температур и ветра, но и природной ледяной линзой, увеличивающей тепловой эффект интенсивного притока солнечной радиации, составляющей здесь летом до $170 \text{ ккал/м}^2/\text{час}$.

М.С. Красс [1986] показал, что короткопериодические колебания климата воздействуют в основном на мелкие водоемы антарктических оазисов, но практически не влияют на тепловой режим крупных озер. Большой тепловой запас последних обеспечивает им большую инерционность. При дальнейшем понижении границы питания ниже уреза озер вода в них, как показывают уже примеры алтайских наледных ледоемов, может сохраняться очень долго за счет тепла, накопленного ранее, а по мере образования и накопления на поверхности замерзших озер снежно-фирновой толщи и ее диагенеза озера окажутся вне пределов влияния сезонных колебаний температуры воздуха, т.е. превратятся в водяные линзы.

4. Только ледниково-подпрудное озеро

Понятно, что при различных масштабах оледенения и в разное время одноименные котловины испытывали разную последовательность озерно-ледниковых событий. Например, Чуйская, Курайская и Уймонская впадины на Алтае переживали этапы и наледных ледоемов, и «пойманных озер». Оба этих этапа предварялись и заключались этапами ледниково-подпрудных озер. Такую же последовательность испытывали, возможно, впадины озер Байкала, Телецкого и Толбо-Нура в Северо-Западной Монголии. Д.В. Севастьянов [1998] к наледным ледоемам счел возможным отнести в некоторые стадии развития позднечетвертичные приледниковые озера Чатыркель и Сонкель на Тянь-Шане. Этот же исследователь полагает, что известное оз. Кара-Куль на Восточном

Памире также могло переживать в своей истории стадию наледного ледоема. Однако, полностью льдами эти впадины, по-видимому, не заполнялись.

Другие ледоемы, такие, например, как впадины плоскогорья Укок на юге Алтая, во время кульминации оледенения полностью занимались ледниками, т.е. становились классическими ледоемами Нехорошева. Ледниково-подпрудные озера существовали здесь также на начальных и конечных стадиях оледенения.

«Пойманные озера» и ледоемы наледного типа представляют большой интерес. Именно они во время максимального похолодания могли служить источниками наиболее крупных выводных ледников в среднегорье и низкогорье. Объединяясь на предгорных равнинах, последние образовывали обширные ледниковые покровы и ледниковые комплексы. Вероятными аналогами такой, кульминационной, фазы развития ледоемов различного типа могут служить огромные подледные линзы воды под более чем 4-километровой толщиной льда в районах Купола В, Купола С и станции Восток в Антарктиде.

Все межгорные впадины Центральной Азии пережили в плейстоцене этапы ледоемов. Собственно термин «ледоем» (ledoyom) подразумевает сегодня как межгорную впадину, занятую глетчерным льдом («ice body»), так и особый морфогенетический и динамический тип ледников [Rudoy, 1998].

Позднечетвертичная гляциогидрология и гидравлические характеристики дилювиальных потоков

Палеогидрология

«Ряд наиболее фундаментальных открытий был сделан и делается до сих пор без всякого применения сложной аппаратуры; эти открытия основаны на интуитивном постижении тех методов, которые использует Природа, и на способности проникать в ее тайны».

Ганс Селье. От мечты к открытию.
М.: Прогресс, 1987. С. 351.

Только на территории Горного Алтая общая площадь ледниково-подпрудных озер, подсчитанная по высотному положению сохранившихся береговых линий, спиллвеев и кровли 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 (вероятно, около 14–13 тыс. лет назад), представляли собой единый Чуйско-Курайский ледниково-подпрудный водоем. Обнаруженные во время полевых работ 1984 г. на абсолютных отметках свыше 2400 м новые перевалы-спиллвеев из Курайской котловины в бассейн р. Чаган-Узуна и из Чуйской – в бассейн р. Башкауса, а также комплекс дилювиальных валов на перевале Кызыл-Джалык (правый приток р. Тете) – Кызыл-Чин и Кызкыносор (левые притоки

р. Чаган-Узуна), 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 водохранилищ, сток из которых осуществлялся по крупнейшим дренажным системам, на Алтае – по долинам Чуи, Чульшмана, Башкауса, Кагуни, Бии, и, вероятно, Джасатера-Аргута. Это установлено по комплексу дилuviальных образований в этих долинах (кроме последней), но главным образом – по местонахождениям рельефа гигантских знаков ряби течения.

В случае повышенной мощности ледниковых плотин в каналах стока регулирование запасов воды в водохранилищах происходило путем частичной водоотдачи через дренажные каналы низших порядков – перевальные седловины в соседние бассейны. Сброс части вод через spillwei Тобожок-Башкаус должен был вызывать катастрофическое опорожнение ледниково-подпрудных озер в долинах рек Башкауса, Улаганов и Кубадру. Прорывы Чуйского, Курайского или Уймонских озер провоцировали сбросы воды из Яломанской впадины (рис. 6). Эта озерно-дренажная сеть была чрезвычайно динамичной. Каждый очередной сброс или всех озерных вод, или их излишков немедленно компенсировался интенсивным тальым стоком с ледников горного обрамления [Рудой, 1984].

Короткопериодические опорожнения и заполнения котловин (озерно-ледниковые микроритмы) 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» (рис. 42). 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 spillways, а также поверх плотин, которые в итоге опять-таки прорывались.

В магистральных долинах стока из некоторых котловин имеются фрагменты морен 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. Катунь 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 районах 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 (а их современное количество на всех континентах, кроме Африки с Австралией, но с Антарктидой составляет тысячи) 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 околледниковым 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 [Sturm, Benson, 1985]. Это озеро имело объем $7 \times 10^8 \text{ м}^3$. Скорости дилuviального потока были оценены авторами статьи в 14 м/с. После катастрофического сброса озера, который 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. [Mathews, 1973]. Это озеро было спущено по внутриледниковому туннелю правильной формы с максимальным диаметром 13,1 м и длиной почти 13 км. Максимальный расход воды составлял $3200 \text{ м}^3/\text{с}$.

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 озеро. Здесь можно встретить почти весь известный геоморфологический набор следов дилuviальных потоков: подрезанные конусы выноса (такие же, как и в долине Чулышмана на Алтае), выположенное днище самой долины, покрытое огромными, в несколько метров в диаметре,

глыбами, маргинальные каналы дилювиальных стоков по коренным бортам долины, эвразионные впадины «сухих водопадов» и т.п.

При кульминации оледенений механизм подледниковых катастрофических сбросов озер становился, по-видимому, преобладающим, хотя сами сбросы происходили реже. В частности дилювиальные каналы сбросов и геоморфологические следы работы напорных подледниковых вод под позднеплейстоценовой (висконсинской) ледниковой лопастью описываются для Южного Онтарио, провинций Альберта, Квебек и северо-западных территорий современной Канады [Brennard, Shaw, 1994; Shaw, 2002]. Формирование отдельных форм рельефа (в частности – некоторых друмлиноидов), 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, рассматривающие широкий их спектр от медленного просачивания воды через трещины (жилы) во льду и термоэрозии с дальнейшим прорывом до катастрофических взламываний, прорывов льда [Nye, 1973; Патерсон, 1984]. 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 дилuviальных 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 [1982], 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 ([Окишев, 1982], с. 39). Другими словами, ледники как губка впитывали ту малую воду, которая была, и котловины с подпруженным ледниками же стоком оставались сухими [Окишев, 1982].

Для оценки талого стока в максимум и постмаксимум (по П.А. Окишеву) последнего оледенения в бассейне крупнейшей на Алтае Чуйской котловины мы [Рудой, Галахов, Данилин, 1989] использовали данные самого П.А. Окишева о градиенте температур в эти периоды и предлагаемые им же величины депрессии снеговой линии (-5° и 800–850 м, и $3,8^{\circ}$ и 610–660 м, соответственно, относительно современных). В разработке модели учитывались рекомендации М.Б. Дюргерова [1976], В.Г. Ходакова [1978] и А.Н. Кренке [1982]. Погрешность полученных результатов, по-видимому, не превысила ошибки определения границ четвертичных ледников.

Наши расчеты показали, что объем современного ледникового стока в бассейне верхней Чуи (створ р. Чаган-Узуна) составляет около $0,3 \text{ км}^3/\text{год}$. В первую фазу позднечетвертичного оледенения (первый мегастадиал, по Окишеву) он составлял в среднем около $8,5 \text{ км}^3/\text{год}$. 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 [Рудой, Галахов, Данилин, 1989].

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 ($-10 - -12^{\circ}\text{C}$ – [Волков, Зыкова, 1993; Климанов, 1994, и др.]). 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 пльовиальных 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 ([1949], с. 45). На основании геоморфологических данных этот великий знаток Азии отмечал «несомненно более влажный, нежели современный», климат ледникового времени. Наши данные 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 [Рудой, Кирьянова, 1996].

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 (предельный уровень уверенно дешифрируемых береговых линий) 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 (изгиб, поворот, расширение и т.п.) 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 (рис. 23). Можно добавить, что предложенное объяснение не является откровением для специалистов по русловым процессам, но может оказаться небезынтесным 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 [Гросвальд, Рудой, 1996].

Гигантские знаки ряби течения, развитые в верхних истоках Енисея, позволяют наметить дилювиальную палеогляциогидрологию этой территории. Как видно из палеогляциологической схемы М.Г. Гросвальда (рис. 7), поля гигантской ряби расположены повсеместно по берегам Ка-Хема – Улут-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 (в Монголии – Шишхид-Гола) у выхода из котловины – 1543 м [Гросвальд, 1987]. А.И. Спиркин [1970], много работавший в бассейне Дархатской котловины, обосновал неоднократное возникновение в котловине плотинных озер. Большинство плотин Дархатского озера были вулканического происхождения, следы последнего же (сартанского, поздне-вюрмского) 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 (а их верхний уровень – 1720 м), 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 позднелийскую историю алтайских ледниково-подпрудных озер. Даже порядок величин скорости заполнения межгорных впадин тальми водами одинаков – около ста лет. Можно предполагать, что этот порядок справедлив и для других ледниково-подпрудных озер Центральной Азии, если иметь ввиду 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 рек Кызыл-Хема, Ка-Хема – Улут-Хема и Бий-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 лишённые рыхлых отложений склоны (кроме современных осыпей и обвалов), и часто вычищенные от рыхлых осадков верхние террасовые цокольные уровни. Отложения гигантской ряби района Кызыла залегают на дочетвертичном 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. Кроме 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. Совершенно прав был М.Г. Гросвальд, когда писал, что первооткрыватель Миссульских потоков Дж. Х. Бретц даже не догадывался о существовании гигантской ряби

течения; потратив годы на изучение скэбленда, он нигде не заметил этих образований. Зато узнав о гигантской ряби от других, Бретц кинулся в поле и обнаружил рябь течения, причем сразу в 40 местах ([Гросвальд, Рудой, 1996], с. 125).

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

«Гул пошел по Алтаю, земля затряслась, осыпались камни. Широко вода хлещет, опрокидывает скалы, грохочет и стонет и мчится вдаль бешеным потоком. Это Чуй, рожденная в снегах, горами плененная, вырвалась на волю и понеслась меж расступившихся в страхе Алтайских гор.

А озеро обсохло, и дно его превратилось в песчаную Чуйскую степь. Так стародавняя быль говорит».

Вячеслав Шишков. Чуйские были.

Первые определения расходов дилювиальных потоков позднечетвертичного североамериканского озера Миссула для различных участков производились по известной в гидрологии формуле Шези [Pardee, 1942]. Полученные результаты были огромны: 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 [18] на основании статистического анализа большого количества натуральных данных вывел эмпирические зависимости между размерами

гряд (высотой и длиной волны) и глубиной и скоростью потоков, в руслах которых эти гряды формировались:

$$H = 0.923V^{0.465}; B = 37.8V^{0.348} \text{ и } B = 8.24D^{0.87}, \quad (1)$$

где H – средняя высота волны ряби, B – 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 [Рудой, 1984] в связи с уточнением морфометрии грядового рельефа методом крупномасштабной топографической съемки.

Участок Платово-Подгорное находится почти в 300 км от возможных мест прорыва (рис. 6). Поток здесь распластался, его глубины и скорости падали. В горах скорости и глубины флювистримальны были гораздо больше. Для поля дилювиальных дюн и антидюн на участке рек 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.А. Карлинга, автора первых специальных работ по флювиальной геоморфологии и седиментологии грядового дилювиального рельефа на Алтае [Carling, 1996a,б], обычные расходы дилювиальных потоков над местами образования ряби в Горном Алтае к моменту стабилизации

фладстримов варьировали в интервале от 2×10^4 м³/с до 5×10^4 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 (междуречье рек Актру и Тете, правобережье р. Тете и в урочище Кара-Коль).

Как видим, расчеты П.А. Карлинга не противоречат данным, полученным по формулам В.Р. Бейкера (1), 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 [Clague, Mathews, 1973] (2), Дж. Бегета [Beget, 1986] (3) и Дж. Коста [Costa] (4), в которых предполагается прямая связь между объемами сброшенных озер и расходами йокульлаунов на створах прорыва плотин:

$$Q_{\max} = 0.0075 V^{0.667} \quad (2);$$

$$Q_{\max} = 0.0065 V^{0.69} \quad (3);$$

$$Q_{\max} = 0.0113 V^{0.66} \quad (4),$$

где Q_{\max} – максимальные расходы йокульлаунов, а V – объем озера. Согласно этим формулам, плейстоценовая система Чуйско-Курайских ледниково-подпрудных озер продуцировала йокульлауны с расходами от 4 до 9×10^5 м³/с.

В настоящее время предпочтение отдается формуле (2), как более точной [Friend, 1992]. В основе этой модели лежит уравнение регрессии, выведенное по результатам наблюдений десяти прорывов современных ледниково-подпрудных озер.

Недостаток этой модели (как и других, ей подобных) 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 [Рудой, 1995; Herget, 2004; O'Connor, Costa, 2004]. Тем не менее, при невозможности прямых измерений в дилювиальных потоках, автор исходит 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-продурдных озер [Baker, Benito, Rudoy, 1993]. В гидрологических расчетах профилей водной поверхности использовалась компьютерная программа HEC-2 [Feldman, 1981; The U.S. Army Corps..., 1985]. 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 йокульлауна оказался равен 18×10^6 м³/с. Эта оценка превышает таковую для максимального расхода дилювиального потока из ставшего уже хрестоматийным североамериканского озера Миссула, который был оценен в 17×10^6 м³/с [O'Connor, Baker, 1992]. 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 [Herget, Agatz, 2003; Herget, 2004] в целом подтверждают наши данные. При своих вычислениях эти специалисты приняли объем Чуйско-Курайской озерной системы всего в 607 км^3 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 (рис. 1 и 2). 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 км^3 . 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 диллювиальных валов. Для обработки результатов была использована программа HEC-RAS – Hydrologic Engineering Center of the US Army Corps of Engineers – River Analysis System [Brunner, 2001]. По всем профилям были получены расходы потоков в интервале $8 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ – $12 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$. Глубины потоков варьировали от 280 до 400 м, а средние скорости течения на разных створах были 9–37 м/с. Число Фруда колебалось в соответствии с энергией потока (топографией долины) от 0, 20 до 0, 85. Пик гидрографа стока на субкритическом участке показал расход воды в $20,5 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ при скорости 72 м/с [Herget, Agatz, 2003],

что превышает и данные наших расчетов для Чуйско-Курайской системы озер [Baker, Benito, Rudoy, 1993], и данные для оз. Миссула [O'Connor, Baker, 1992].

Наличие потоков с такими расходами, предполагающими катастрофический прорыв, разламывание ледниковых плотин, не препятствует сценарию множественных флэдстримов 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 йокульлауцы.

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. Строеение 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 [Herget, 2004].

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

$$\tau = \gamma DS \quad (5);$$

$$\omega = \gamma QS/W = \tau V \quad (6),$$

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 (ω).

Согласно формулам (5) и (6), при кульминациях фладстримов глубины диллювиальных потоков превышали 400 м, скорости варьировали от 20 до 45 м/с, а у Ю. Хергета – 72 м/с (субкритические и суперкритические значения, соответственно). Напряжения сдвига ложа составляли от 5000 н/м² (субкритическое) до 20000 н/м² (суперкритическое), 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 [Костриков, 2003]. В качестве основы для разработки модели он использовал представления М.Г. Гросвальда [1999] о происхождении грядово-ложбинного комплекса Северной Евразии. Результаты моделирования представляют интерес и для понимания физической характеристики потоков, которые испытали в конце плейстоцена долины Горного Алтая, Тувы и территории Channeled Scabland в Северной Америке.

А.К. Костриков пишет, что при таких скоростях (у него – 180 м/с) 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 плавное уменьшение средней плотности «жидкости» с высотой вследствие образования волн, всплесков, пены и водной пыли. Таким образом, заключает А.Н. Костриков ([2003], с. 26), 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 [Baker et al., 1987]. Сравнение энергии четвертичных дилювиальных потоков Центральной Азии с потенциальной работой, например, Оби дадут результаты никак не менее впечатляющие.

Возможная хронология

«По сравнению с созданными природой величественными чертами земного лика человек есть создание вчерашнего дня, и его воспоминания не идут далее сновидений минувшей ночи».

Джеймс Джорж Фрейзер.
Фольклор в Ветхом Завете.

Наблюдения в современных горно-ледниковых бассейнах показывают тесную связь изменений объема ледникового стока с площадью оледенения. На примере Центрального Тянь Шаня было установлено, что полный годовой сток рек возрастает одновременно с ростом площади оледенения [Диких, 1982, 1993]. Это подтверждается и материалами современного оледенения Кавказа и Памиро-Алая [Дюргеров, Поповнин, 1981; Панов, 1993; Оледенение..., 1993]. На реконструированных за 106-летний период инструментальных наблюдений интегральных кривых составляющих баланса массы репрезентативного для Кавказа ледника Джанкуат видно, что пики ледникового стока и аккумуляции вещества на леднике совпадают, а уменьшение стока происходит одновременно с уменьшением площади и массы льда. М.Б. Дюргеров и В.В. Поповнин полагают, что сразу же после кульминации оледенения объем стока должен увеличиваться за счет начавшегося потепления и усиления абляции. Но через какое-то время край ледника начинает более или менее устойчиво отступать, в результате чего сократится и физическая площадь ледника. Таким образом, возникнут две разнонаправленные тенденции: увеличение стока за счет климатического потепления с одной стороны, и уменьшение объема стока из-за сокращения ледника, с другой. В некоторый момент времени, пишут эти исследователи, обе тенденции скомпенсируют друг друга, рост стока прекратится, после чего наступит

преобладание второй тенденции, которое должно охватывать весь остаток регрессивной фазы ([Дюргеров, Поповнин, 1982], с. 80).

Многokратное увеличение талого ледникового стока было рассчитано и для времени позднеплейстоценового оледенения Алтая [Рудой, Галахов, Данилин, 1989]. Таким образом, выдвинутое автором почти 25 лет назад предположение о том, что в ледниковые эпохи объем речного стока должен был существенно превышать современный [Рудой, 1981 а], подтверждается как наблюдениями в современных ледниковых бассейнах, так и расчетами объема талого стока для ледникового максимума и постмаксимума позднего вюрма.

Итак, с понижением границы питания и ростом площади аккумуляции ледников одновременно, или с некоторым запаздыванием, будет увеличиваться и общая площадь оледенения, а значит — и объем талого стока в его абсолютном выражении. В ледниковые же эпохи, при больших депрессиях снеговой линии, на Алтае — свыше 1000 м, существенно вырастали и расходные части ледников относительно исходных или современных, и талый сток опять-таки увеличивался относительно исходного или современного. Отсюда следует, что межгорные котловины, имеющие по одному узкому и глубокому каналу стока, в ответ на ледниковое подпруживание немедленно отвечали концентрацией талых вод в котловине. Поэтому *приледниковые озера в горах и на равнинах существовали всегда, когда оледенение становилось достаточно большим, чтобы блокировать речные долины.*

Установив причинно-следственную связь между ростом оледенения и трансгрессиями озер, мы вправе синхронизировать увеличение и деградацию тех и других на всех основных этапах их эволюции и из этих соображений оценивать возраст и длительность существования ледниково-подпрудных озер и датировать их прорывы.

Это — важная теоретическая предпосылка, которая позволяет при ограниченном наборе абсолютных датировок восстанавливать хронологический ход озерно-ледниковых событий

преимущественно на основании математических моделей, что в сегодняшней ситуации с определениями абсолютного возраста представляется более надежным.

Полученные за последние 20 лет абсолютные датировки по ледниковым и межледниковым отложениям в горных сооружениях Центральной Азии в лучшем случае озадачивают. Если технология получения всех этих дат корректна, то в одном случае (выводы А.А. Свиточа с соавторами и Е.В. Девяткина на основании палеомагнитных, ТЛ- и ^{14}C - данных) среднечетвертичное оледенение было максимальным, а все последующие оледенения были по размерам меньше предыдущих («альпийская схема»). При этом Е.В. Девяткин устанавливает соответствие кульминаций оледенений с максимумами общей увлажненности климата [Свиточ и др., 1978; Девяткин, 1965; Девяткин, 1993; Девяткин и др., 1978]. В другом случае (работы В.С. Шейнкмана, ревизовавшим ТЛ-методом разрезы, проанализированные предыдущими исследователями, и работы В.В. Бутвиловского, основанные на большом количестве полученных им радиоуглеродных дат [Бутвиловский, 1993; Шейнкман, 1995]) максимальным было последнее оледенение. Замечу, что и датировки В.С. Шейнкмана и В.В. Бутвиловского также не совпадают, т.е. не совпадают и события последнего ледниково-последледникового времени в их реконструкциях.

Трудность определения абсолютного возраста прорывов озер заключается еще и в том, что продолжительность образования дилuviальных форм и длительность формирования датированных отложений иного генезиса, которые могли бы служить определенными возрастными реперами, совершенно несопоставимы: если для первых речь идет о минутах, часах или днях, то для вторых — о тысячелетиях, в лучшем случае — многих десятках и сотнях лет. Поэтому время накопления отложений нескольких паводков может уложиться в одну погрешность определения абсолютного возраста. Датирование отложений, относящихся к промежуточным между паводками событиями, в общем тоже может быть не более

успешным по двум причинам: во-первых, по вышеуказанной, а во-вторых, – исследователю предстоит решать геологическими или палеобиологическими методами, какие именно события имели место, и как они могут быть зашифрованы в конкретных разрезах и рельефе.

В этой работе автор опирается, в основном, на ранее приведенные гляциогидрологические зависимости, а также на некоторые авторские датировки и на данные Е.В. Девяткина, Л.Н. Ивановского, В.А. Панычева, Л.А. Орловой и А.М. Малолетко, которые представляются верными. Автор исходит также из того, что при любых возрастных оценках отложений, например, известных на Алтае разрезов Чаган и Кубадру, последовательность запечатленных в них событий не изменится.

Установив синхронность заполнения котловин тальми водами с ледниковыми эпохами по крайней мере до уровней, однозначно дешифрируемых как озерные террасы, установив через талый сток скорость этого заполнения до уровня 2200 м н.у.м. (она равняется в среднем около 100 лет для Чуйской и около 30 лет – для Курайской впадин), мы приходим к выводу, что дальнейшее заполнение впадин водой прекращалось потому, что озера опорожнялись, и (или) потому, что снеговая линия опускалась к зеркалу водоема и ниже.

Максимальные трансгрессии озер, т.е. максимальные запасы воды по времени совпадали с максимумами оледенений. Однако именно в это время ледниковые плотины были настолько мощными, что маловероятно, чтобы озера прорывались с той околоречевой периодичностью, о которой говорилось выше. Регулярные сбросы воды из озерных бассейнов должны были происходить в начале и конце оледенений, когда ледяные дамбы были неустойчивы. Кроме этого, при кульминации четвертичных оледенений депрессия снеговой линии вызывала консервацию озер, превращавшихся в наледные ледоемы. В эти интервалы озера, погребенные под озерными, наледными и глетчерными льдами, а также под снежно-фирновой толщей, тысячелетиями не вскрывались вообще.

Реконструкция Курайского и Чуйского ледниково-подпрудных озер всеми исследователями проводится по сохранившимся озерным террасам. Очевидно, что эти древние береговые линии не могут фиксировать самые большие запасы воды в котловинах, потому что максимальные ее объемы достигались, как сказано, за исключением времени наледных ледоемов и пойманных озер, почти одновременно с максимальными размерами ледников. На этих этапах в береговой полосе водоемов разрушались в основном ледники подножий и «шельфовые» ледники из питающих котловины долин. Это были озера в ледяных ваннах, почти не оставившие материальных следов, потому что стенки этих ванн в процессе деградации оледенения растаяли.

С такой же мерой точности и достоверности мы можем рассуждать и о количестве «суперпрорывов» Чуйско-Курайской озерной системы, имевших расходы более 1 млн. м³/с. Такие, максимальные, расходы рассчитывались для случая, когда озера сбрасывали весь объем воды. В.В. Бутвиловский [1993], по аналогии с современными ледниково-подпрудными озерами, пишет, что раз начавшись, опорожнение озер происходит до полного осушения котловин (сами эти примеры современных озер он не приводит). По-видимому, В.В. Бутвиловский не совсем прав. Как раз примеры современных приледниковых озер, в том числе и самых крупных, показывают, что полное опорожнение происходит значительно реже, чем сбросы части воды при самых различных механизмах деформации ледниковых плотин [Post, Mayo, 1971; Nye, 1976; Виноградов, 1977]. Поэтому наиболее вероятным для обсуждения представляется сценарий редких, единичных (быть может даже – единичного) феноменальных йокульлаупов с расходами более 15-20 млн. м³/с на фоне систематических, с околоречевым периодом, прорывов ледниково-подпрудных озер с расходами менее 1 млн. м³/с.

Задача состоит в том, чтобы найти достоверные геологические подтверждения этому, возможно, в виде пачек или слоев

диллювия в паводковых террасах. Не исключено, что такими пачками могут быть описанные ранее косослоистые серии в разрезе условно «средней» террасы Катуня ниже устья р. Чуи. Еще более плодотворными могут быть поиски повторяющихся серий в геологических разрезах диллювиального предгорного конуса на Предалтайской равнине, Приобском плато и на юге Западной Сибири.

Попытки литологически обосновать многократность катастрофических прорывов оз. Миссула предпринимались четверть века назад Р.Л. Чамберсом и Р.Б. Уэйтом [Chambers, 1978; Waitt, 1980] по песчано-алевритовым ритмитам, обнаруженным в штатах Монтана и Орегон в США (формация «таучет бэдз»). Эти ритмиты состоят из 35-40 чередующихся слоев, каждый из которых, начинаясь снизу слоистым алевритом, замещается к кровле слоя тонкозернистым песком или ленточными глинами. Р.Л. Чамберс предположил, что каждый такой слой-ритмит маркирует один цикл «заполнение-опорожнение» Миссулы, а варвы несут информацию о минимальной деятельности воды в период накопления. Р.Б. Уэйт уточнил, что 40 ритмитов соответствуют 40 отдельным паводкам, причем главный довод Р.Б. Уэйта заключался в том, что отдельные ритмиты имеют следы субаэрального размыва на поверхности напластования, и некоторые ритмиты имеют скелеты животных, а также биотурбационные текстуры.

Исследования ритмитов северного Адайхо и северо-восточного Вашингтона показали наличие переслаивания поздневисконсинских диллювиальных и непаводковых отложений (рис. 43). Последние представлены ленточными песками и глинами, насчитывающими по 20–55 слоев в промежутках между ритмами. Р.Б. Уэйт и Р.М. Торсон поспешили заключить, что это подтверждает гипотезу «сорока паводков», так как доказывает наличие длительных перерывов между катастрофическими потоками [Waitt, Thorson, 1983].

Р.Б. Уэйт предположил также, что после катастрофических опорожнений озера Миссула заполнение озерной впадины

происходило в течение 30–60 лет, сами же сбросы озера происходили за счет всплывания ледниковой плотины [Waitt, 1983].

Ход рассуждений американских сторонников 40 прорывов оз. Миссула полностью повторен В.В. Бутвиловским, который в заключение декларирует: «...имеют место два сценария катастрофического осушения подпрудных озер: однократный (бассейн Башкауса) и многократный. Тот и другой доказаны!» ([Бутвиловский, 1993], с. 147). Во втором сценарии, для Чуйского и Курайского озер, В.В. Бутвиловский называет и количество прорывов – пять.

Свои умозаключения В.В. Бутвиловский делает на основе изучения текстур субаэральных, «флювиогляциальных» и ленточных отложений долины р. Чаган-Узун, длительность накопления которых, как установлено [Рудой, 1981 а, в], занижена им на порядок. Но ведь «флювиогляциальные» отложения В.В. Бутвиловского, как и формация «таучет бэдз», являются отложениями относительно низких скоростей течения воды!

Гипотеза «40 паводков», на которую часто и неточно ссылается В.В. Бутвиловский, базируется на ряде допущений: если подпруживание депрессии Паско носило только гидравлический характер, если каждое такое подпруживание приводило к отложению отдельного и различного ритмита, если субаэральная экспозиция одного ритмита означает осушение водоема и если ритмиты образовывались на большой глубине (не доказываемой при этом характером самих отложений) [Baker, Bunker, 1985], то тогда «...ритмиты фиксировали скачок паводковых вод вверх по сухой долине, сопровождавшийся стремительным ростом глубины потока. После этого в течение нескольких часов происходило постепенное увеличение глубины, стационарирование и осушение озера» [Waitt, 1980].

Почти все здание «водно-ледникового апокалипсиса» В.В. Бутвиловского, включая и «пятикратные» прорывы котловинных озер Восточного Алтая, построено на хрупком

фундаменте таких и подобных допущений. Это, разумеется, приемлемо, если бы эти допущения не носили в последних работах характера утверждений или доказанных фактов.

Критическое рассмотрение гипотезы «сорока паводков» озера Миссула предпринималось сразу же с момента ее появления. В.Р. Бейкер и Р.С. Банкер, в частности, писали, что отложения низкоэнергетических потоков, в том числе и формация «гаучет бэдз», не могут служить качественным материалом для палеогидравлических моделей прорывов оз. Миссула хотя бы уже потому, что связь этих отложений с паводками не строго доказана.

По-видимому, можно согласиться с В.Р. Бейкером и Р.С. Банкером [1985], что характерные черты Колумбийского скэбленда были сформированы в результате одного супермощного потопа. Геологические же следы менее мощных потоков следует искать в заведомо дилювиальных отложениях высокоэнергетических течений, т.е. в дилювиальных валах и террасах и в гигантских знаках ряби.

Полевое изучение дилювиально-аккумулятивной террасы в устьевой части долины р. Малого Яломана позволили наметить в более чем стометровой толще дилювия осадочные пакки и серии, которые как будто указывают на то, что вся Яломанская терраса сформировалась в результате трех крупных паводков. Последний, самый крупный, имел семь пульсаций (т.е. гидрограф стока имел семь пиков). С этим согласен и П.Э. Карлинг [1996 а, в]. Однако, хотя эти отложения изучались в течение нескольких полевых сезонов, эти предварительные результаты требуют проверки на других створах. Более успешным, на мой взгляд, может быть датирование озерных отложений из дилювиально-подпрудных серий Северного Алтая. Работы Г.Г. Русанова показывают, что такая корреляция прорывов ледниково-подпрудных озер высокогорья, с одной стороны, и образование дилювиальных плотин в устьях притоков рр. Катунь и Бии в низовьях – с другой, корректна, а данные датирования могут быть более надежными, чем датировки по ледниковым и водно-ледниковым отложениям в Центральном и Юго-Восточном Алтае.

Понимая синхронность дилювиальных процессов с начальными и конечными стадиями оледенения, мы также должны отдавать себе отчет и в том, что строение скэбленда, которое мы сегодня наблюдаем, обусловлено все же работой последних суперпотоков из последних ледниково-подпрудных озер, прорванных во время деградации последнего оледенения.

Сейчас имеется несколько надежных радиоуглеродных датировок из различных районов Алтая от предгорий до высокогорных котловин, которые показывают, что последний феноменальный катастрофический прорыв Чуйско-Курайской системы ледниково-подпрудных озер, который оставил, в частности, гигантскую рябь течения в Курайской и, возможно, в Яломанской впадинах, а также в предгорьях Алтая на участке Платово-Подгорное, произошел не позднее 13 тыс. л.н. Этот вывод делается на основании двух фактов. Возраст растительных остатков из озерных суглинков в буграх пучения плато Ештыкколь в западной части Курайской впадины составляет, по определению В.А. Паньчева, 10845 ± 80 лет (СО АН-236). Это означает, что позднее примерно 11 тыс. лет назад воды в этой части Курайской впадины не было. По мергелям и растительным остаткам в отложениях Северного Алтая были получены абсолютные датировки в 13890 ± 200 и 12750 ± 65 лет (СО АН-779). Эти даты А.М. Малолетко связывает со временем образования Айских кавитационно-эвразийских впадин и разноса дилювиально-эвразийских глыб в предгорьях [Rudoy, 2002]. Таким образом, соответствующий фладстрим происходил в долине Катунь около 13 тыс.л.н. После этой геологической даты озера деградировали одновременно с деградацией питающих ледников. Это не исключает, конечно, их катастрофических сбросов, но гидравлические параметры этих сбросов были, вероятно, не такими грандиозными.

В центре Чуйской межгорной впадины в разрезе крупного бугра пучения (пинго) автор обнаружил растительные остатки, по которым В.А. Паньчев и Л.А. Орлова определили

абсолютный возраст вмещающих пород: 3810 ± 105 лет (СО АН-2146). Есть основания полагать, что сами бугры пучения формировались еще позже – около 2140 л.н. [Рудой, 1988 б]. Таким образом, в это время озера в Чуйской котловине *уже* не было, как не было ледниково-подпрудных озер и в других межгорных впадинах Южной Сибири, поскольку и ледниковых плотин, замыкавших межгорные впадины, также по-видимому уже не существовало. Очевидность этого простого вывода возможно и не заслуживала бы упоминания, если бы в начале 1980-х годов не появились работы [Окишев, 1982], в которых утверждалось, что в период формирования бугров пучения озера в котловине *еще* не было.

Таким образом, можно уверенно говорить о том, что окончательное исчезновение ледниково-подпрудных озер межгорных котловин произошло позднее 5 тыс. л.н., когда обширные некогда приледниковые водоемы распались на ряд небольших озер, реликты которых сохранились и поныне.

Диллювиальный рельеф на Марсе

Новой страницей в истории изучения скэбленда является открытие диллювиальных форм на Марсе. Как известно, марсианские каналы были открыты Д. Скиапарелли в 1877 г. с помощью телескопа. Лишь после запуска первой автономной межпланетной станции в 1965 году стало возможно изучение крупномасштабных фотографий этих феноменов. Общее количество марсианских каналов – несколько десятков тысяч. Как правило, они начинаются в древних «кратерированных» местностях, а наиболее крупные из них – в пределах полигонально-блокового или хаотического рельефа. Большинство крупнейших марсианских долин открываются на обширные океанические равнины или в талассоиды, причем в устьях некоторых из них хорошо дешифрируются гигантские конусы выноса – сухие дельты [Марченко, 1993]. В днищах долин развиты типичные флювиальные формы – острова, прирусловые отмели, перекааты и террасовидные поверхности, каплевидные останцы обтекания.

По морфологическим признакам марсианских каналов А.Г. Марченко различает пять основных типов долин:

1) прямолинейные долины или русла истечения – самые крупные долины до 2000 км в длину и до 100 км в ширину. К этим долинам относятся каналы-пропасти Касэй, Маджа, Арес и Тиу. Каналы-пропасти этого типа полностью сформированы уже в истоках. Они имеют мало притоков, и, в общем, весьма напоминают собственно ложа земных водотоков с характерными русловыми формами (но на порядок и более превышающими последние по размерам). Каналы этого типа изолированы друг от друга на тысячи километров и почти лишены притоков, которые образовывали бы водосборные воронки. В эту же группу А.Г. Марченко отнесла и морфологически подобные, но меньших размеров, каналы шириной до 15 км при длине 100–200 км. Визуально долины этого типа чрезвычайно похожи на ущелья-кули Северной Америки, а также на некоторые так называемые транспуторанские

долины Средней Сибири, долины-бреши гор Бырранга и каньоны магистрального стока Алтае-Саянской горной области.

2) «Извилистые» долины шириной в 1–15 километров и длиной в несколько сотен и первые тысячи километров. Эти долины также разделены друг с другом и с долинами других типов широкими плоскими междуречьями. Верховья притоков этих долин не имеют водосборных воронок и начинаются ярко выраженными циркоподобными формами, имеющими в поперечнике 30–40 км. Характерным примером долин этого типа является долина Нергал, проанализированная С.Г. Геворкяном [1996]. Глубина долины-пропасти Нергал составляет 1 км, а средняя ширина – 2,8 км (до 15 км). В плане ущелье Нергал можно представить как совокупность прямолинейных отрезков юго-восточного и северо-восточного направлений, образующих извилистую систему коленообразных изгибов. Длина разноориентированных прямолинейных участков: 100–200 и 30–40 км соответственно. С обеих сторон в долину Нергала обрываются ущелья-притоки, более узкие и короткие (в несколько десятков километров при ширине в 1–2 км). Эти притоки имеют V-образные или, чаще, U-образные поперечные профили. Преимущественно развитые в верховьях Нергала, такие притоки создают ветвистый рисунок, внешне сходный с рисунком земной речной сети.

3) У «дендритовых», по А.Г. Марченко, долин длина не превышает десятков километров при ширине до 1 км. Поперечные профили этих долин также V- или U-образные. К четвертому и пятому типам отнесены оврагообразные и каньонобразные каналы самых низких порядков.

Все исследователи марсианских каналов сегодня не сомневаются в их флювиальном происхождении. С одной стороны, такой генезис на первый взгляд входит в противоречие с современными физическими условиями на поверхности Марса: вода в жидком виде существовать здесь не может. Однако в качестве возможных источников потоков некоторые исследователи указывают на глобальную криолитосферу, которая около 1,5–0,7 млрд. л. н. подвергалась внезапному

таянию, и (или) на прорывы подмерзлотных вод ([Геворкян, 1996; Karr, 1988; Carr, Clow, 1981; Sharp, Malin, 1975], и др.).

С.Г. Геворкян предпринял попытку определить гидрологические характеристики водного потока, сформировавшего долину Нергал. В своих расчетах С.Г. Геворкян использовал формулы С.М. Исакяна, П.Н. Вернера и К.В. Гришанина, связывающие шаг излучины канала, ширину пояса меандрирования и ширину потока с глубиной и скоростью воды. Согласно этим расчетам, для формирования такой долины требовалась работа потока с расходами 46 тыс. м³/с в течение не менее 6 тыс. лет.

П.Э. Карлинг совместно с американскими планетологами обнаружил и предварительно проанализиров первое для Марса поле гигантских знаков ряби течения в системе каналов Атабска на Плато Цербера [Burr, Carling et al., 2004]. Анализ марсианской гигантской ряби основывался на сравнении с курайской рябью на Алтае. В плане дилювиальные дюны и антидюны Атабска 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 2×10^6 м³/с.

Более крупные марсианские пропасти – Кэсэй, Маджа, Арес, Тиу и др., достигающие в длину не менее 2000 км при ширине около 100 км и глубине в первые километры, должны были образовываться дилювиальными потоками с расходами в 10^8 м³/с [Karr, 1988]. В работах других специалистов расходы катастрофических водных потоков, сформировавших гигантские марсианские каньоны-пропасти, были оценены уже в 10^9 м³/с [Sharp, Malin, 1975; Robinson, Tanaka, 1990]. Такие грандиозные потоки могли, вероятно, оказывать влияние и на климат, вызывая при этом ряд связанных с климатом глобальных геоморфологических реакций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные реконструкции поздней четвертичной ледниковой гидрологии 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, были крупные ледниково-подпрудные озера. И были систематические и грандиозные их прорывы, которые за часы-дни-недели кардинально меняли исходную топографию. 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 официальному реестру Американской геологической службы [196], 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.

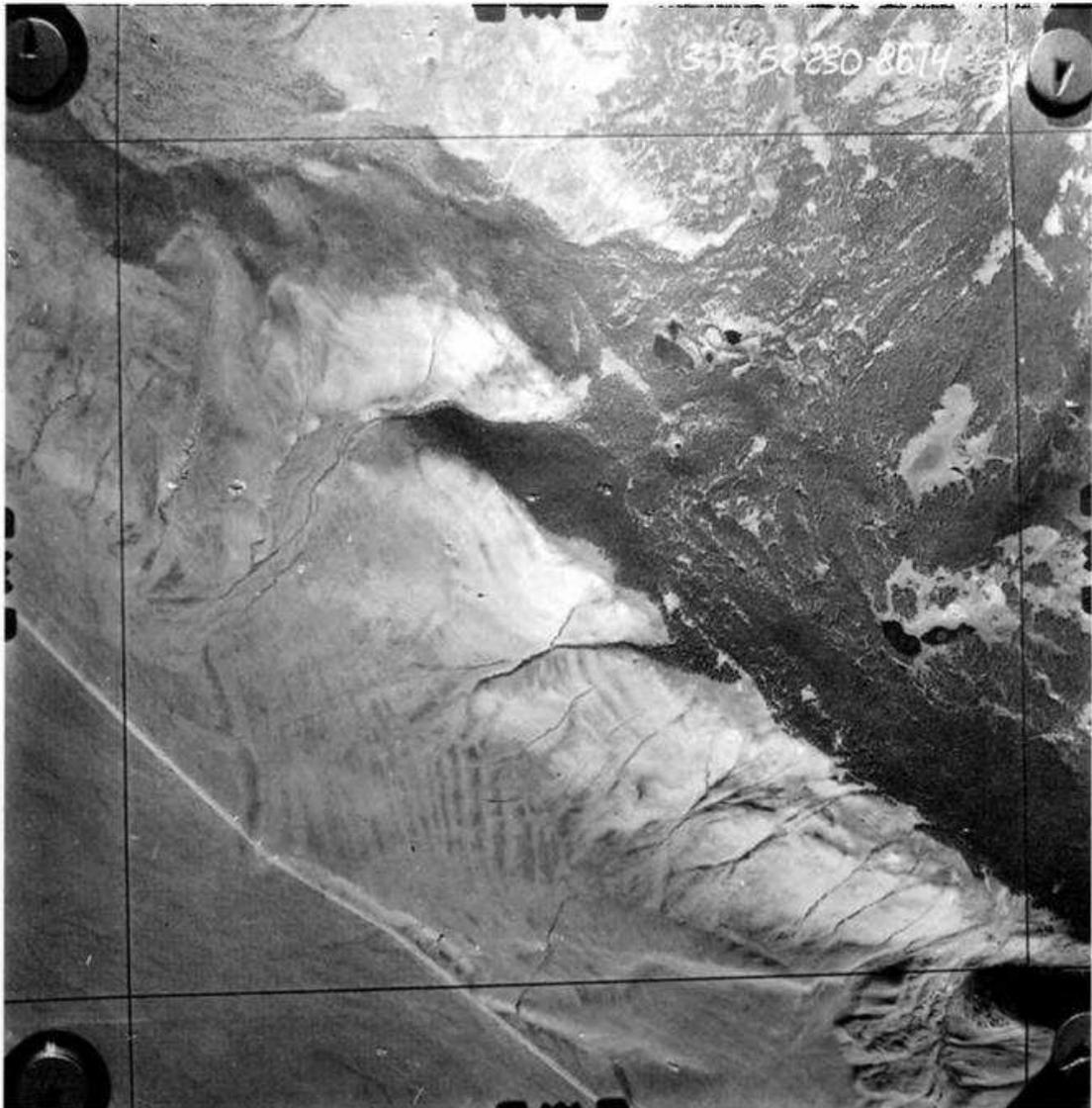


Рис. 1. Береговые линии Курайского ледниково-подпрудного озера на южном склоне Курайского хребта. Верхние террасовые линии превышают 2100 м н.у.м.

Fig. 1. Shore lines of Kuray ice-dammed lake on the southern slope of the Kuray Ridge. The upper terrace lines reach the height of 2100 m above sea level.

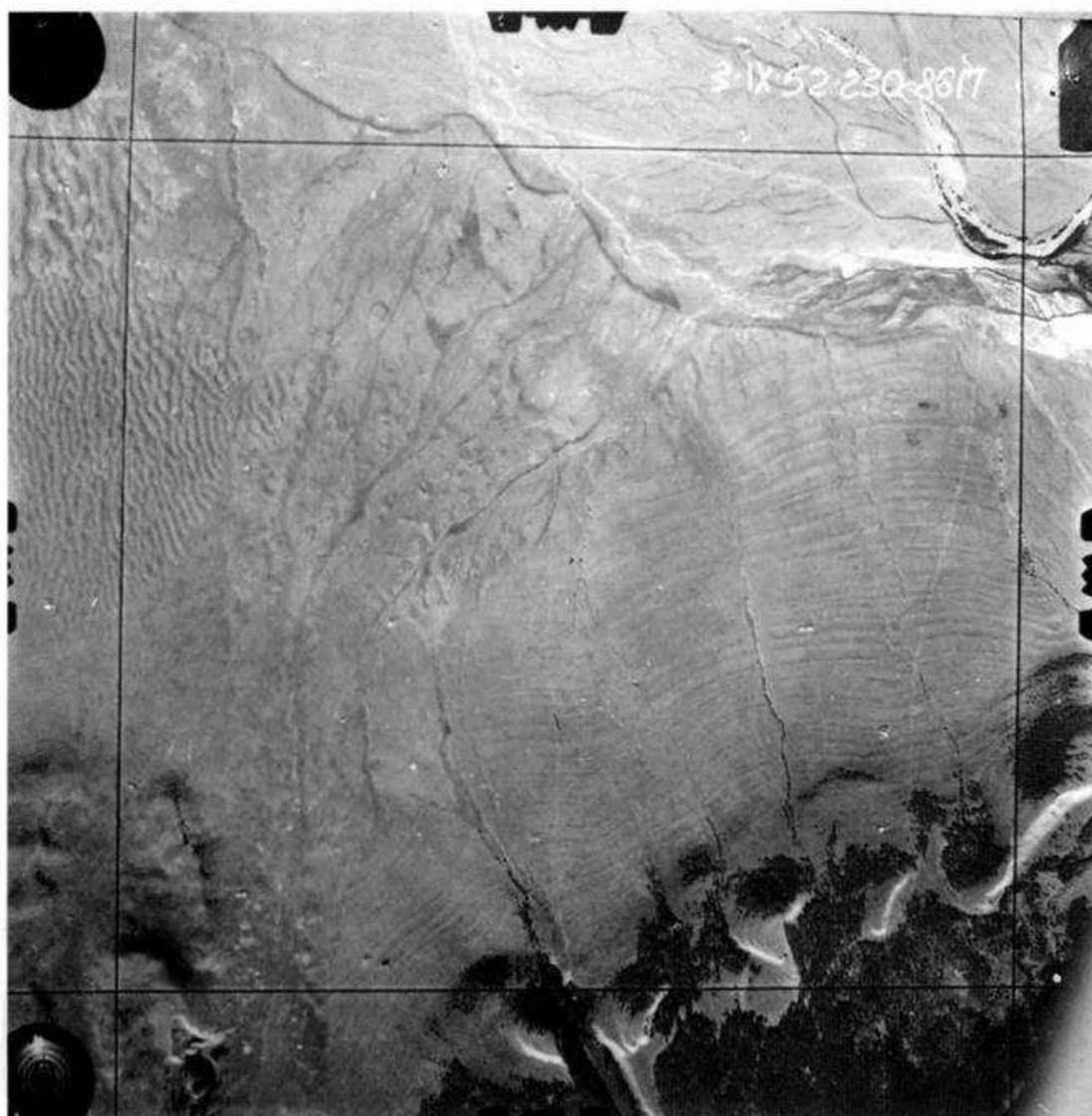


Рис. 2. Лестница озерных террас Курайского ледниково-подпрудного озера на северном склоне Северо-Чуйского хребта. Около левой рамки снимка сверху – гигантская рябь.

Fig. 2. Steps of the lake terraces of Kuray ice-dammed lake on the northern slope of the North-Chuya Ridge. Giant current ripples are situated at the left side of the picture frame.



Рис. 4. Гигантская рябь течения у пос. Малага (Вашингтон). Этот рельеф был образован фладстримом, прошедшим по долине р. Колумбия около 13 тыс. л. Н. (По [Baker, Nummedal, 1978]).

Fig. 4. Giant current ripples near the settlement of Malaga (Washington). The relief was produced by the floodstream that passed through the valley of the Columbia River about 13,000 yr. BP. (according to [Baker, Nummedal, 1978]).



Рис. 5. Скэбленд в средней части долины р. Колумбия с гигантской рябью течения [Baker, Nummedal, 1978].

Fig. 5. Scabland with giant current ripples at the middle current Of the Columbia River [Baker, Nummedal, 1978].

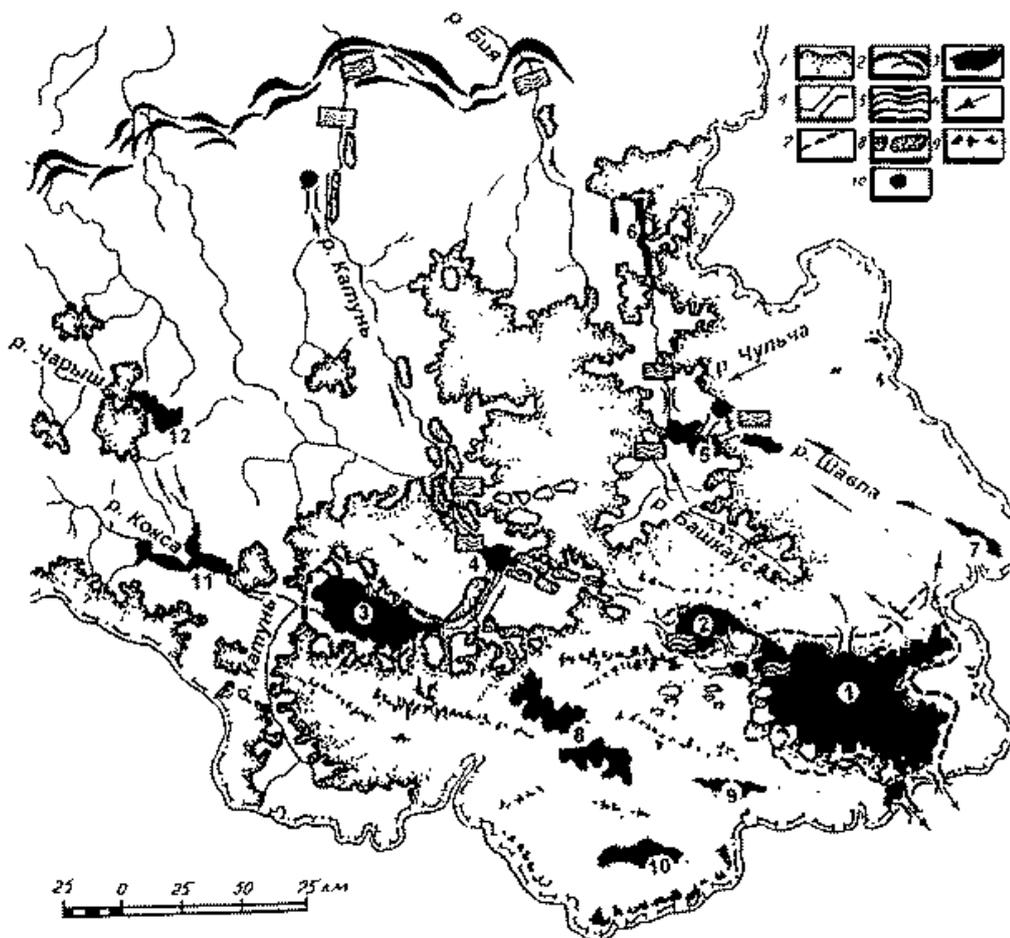


Рис. 6. Палеогляциогидрологическая схема Алтая [Рудой, 1995].
Хронологический срез – около 14 тыс. лет назад.

Условные обозначения: 1 – границы ледниковых комплексов; 2 – вероятный предел распространения льда; 3 – ледниково-подпрудные озера; 4 – спиллвеи; 5 – гигантская рябь течения; 6 – направление дилювиальных потоков; 7 – максимальные границы озер; 8 – местонахождение крупнейших дилювиальных террас и валов; 9 – современные ледники; 10 – "сухие водопады".

Цифры на карте – название реконструированных озер (даны по названию соответствующих котловин): 1 – Чуйское, 2 – Курайское, 3 – Уймонские, 4 – Яломанское, 5 – Улаганские, 6 – Телецкие, 7 – Джулукульское, 8 – Джасатерское, 9 – Тархатинское, 10 – Бертекское, 11 – Абайское, 12 – Канские. Размеры озер восстановлены по озерным террасам и отложениям, а также по отметкам следов подпруживавших озерные впадины ледников и спиллвеев, а также дилювиальных валов на водоразделах. Границы ледниковых комплексов нанесены исходя из положения снеговой линии на 1200 м и 800 м 18–20 и 14 тыс. л.н. соответственно.

Fig. 6. Palaeoglaciohydrologic sketch of the Altai [Rudoy, 1995].

Chronological section – about 14,000 yr. BP.

Legends: 1 – boundaries of glacier complexes; 2 – probable limit of the ice spread; 3 – ice-dammed lakes; 4 – spillways; 5 – giant current ripples;

6 – directions of the diluvial floods; 7 – maximum lake boundaries;

8 – locations of the biggest diluvial terraces and ramparts;

9 – contemporary glaciers; 10 – "dry" waterfalls.

Figures on the map stand for the names of the reconstructed lakes (named after the corresponding intermountain depressions):

1 – Chuya Lake; 2 – Kuray Lake; 3 – Uymon Lakes; 4 – Yaloman Lake;

5 – Ulagan Lake; 6 – Teletskoye Lake; 7 – Julukul Lake; 8 – Jassater Lake;

9 – Tarkhat Lake; 10 – Bertek Lake; 11 – Abay Lake; 12 – Kan Lakes.

The dimensions of the lakes have been reconstructed according to the lake terraces and deposits as well as the marks left by the glaciers which dammed lake depressions, their spillways and diluvial ramparts on the watersheds. The boundaries of the glacial complexes are drawn according to the position of the snow-line at 1200 m and 800 m 18,000–20,000 and 14,000 yr. BP. Correspondingly.

Palaeoglaciohydrologic sketch of the Altai [Rudoy, 1995, 1998].

Chronological section - about 14,000 yr. BP. Legends:

1 – boundaries of glacier-complex; 2 – probable limit of ice spread at the stage of the last glacial maximum; 3 – glacier-dammed lakes; 4 – spillways;

5 – giant current ripples; 6 – directions of diluvial floods; 7 – maximum lake boundaries; 8 – locations of the largest diluvial terraces and ramparts;

9 – modern glaciers; 10 – "dry" waterfalls.

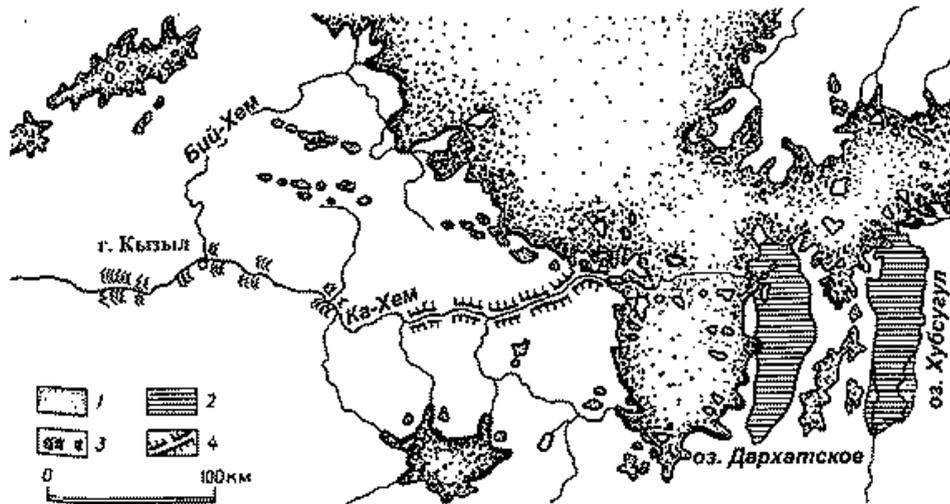


Рис. 7. Южная часть Саяно-Тувинского нагорья в начале позднеледникового; Восточно-Тувинский горно-покровный комплекс и Дархатское ледниково-подпрудное озеро. 1 ледники; 2 крупнейшие озера; 3 гигантская рябь течения; 4 участки ущелий, выработанные флэдстримами [Гроссвальд, 1999].

Fig. 7. The southern part of Sayany-Tuva table-land at the beginning of the late-glacial age; Eastern-Tuva mountain-cover complex and Darkhat ice-dammed lake. 1 glaciers; 2 largest lakes; 3 giant current ripples; 4 parts of the gorges excavated by the floodstreams [Grosswald, 1999].

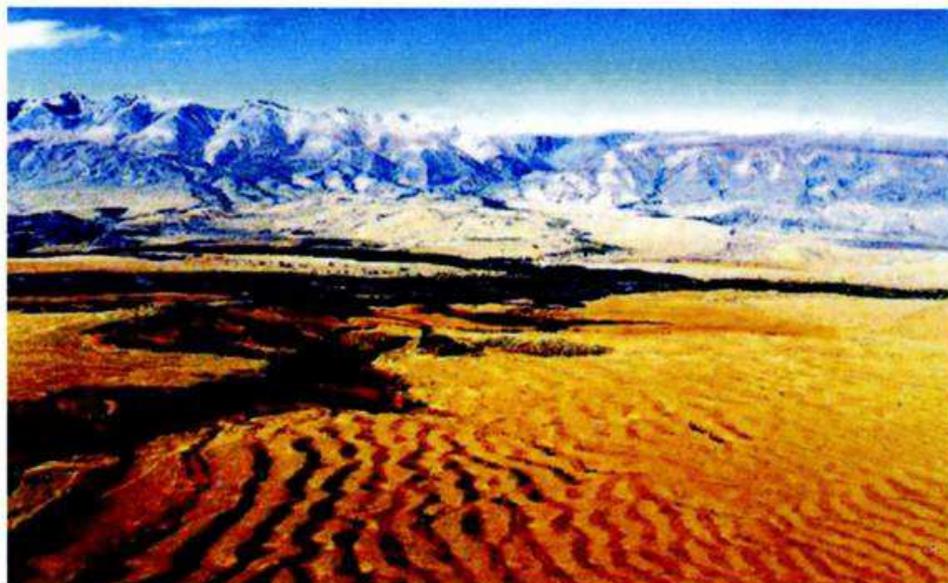


Рис. 8. Гигантские знаки ряби течения в Курайской впадине на Алтае. Снимок сделан с вертолета с юга на север. Залесенная полоса слева лиственничная пойма р. Теме. Фото В.В. Рудского.

Fig. 8. Giant current ripples in Kuray depression in the Altai. The photo was made from a helicopter from south to north. The wooded line on the left is the larch-grown water-meadow of the Tetio River. Picture by V.V. Rudskiy.



Рис. 9. Студенты Томского университета проходят канавы вкост простиранию диллювиальной дюны. Участок Платово-Подгорное, 1987 г.

Fig. 9. The students of the Tomsk University are digging pits across the stretch of a diluvial dune. Platovo-Podgornoje location, 1987.

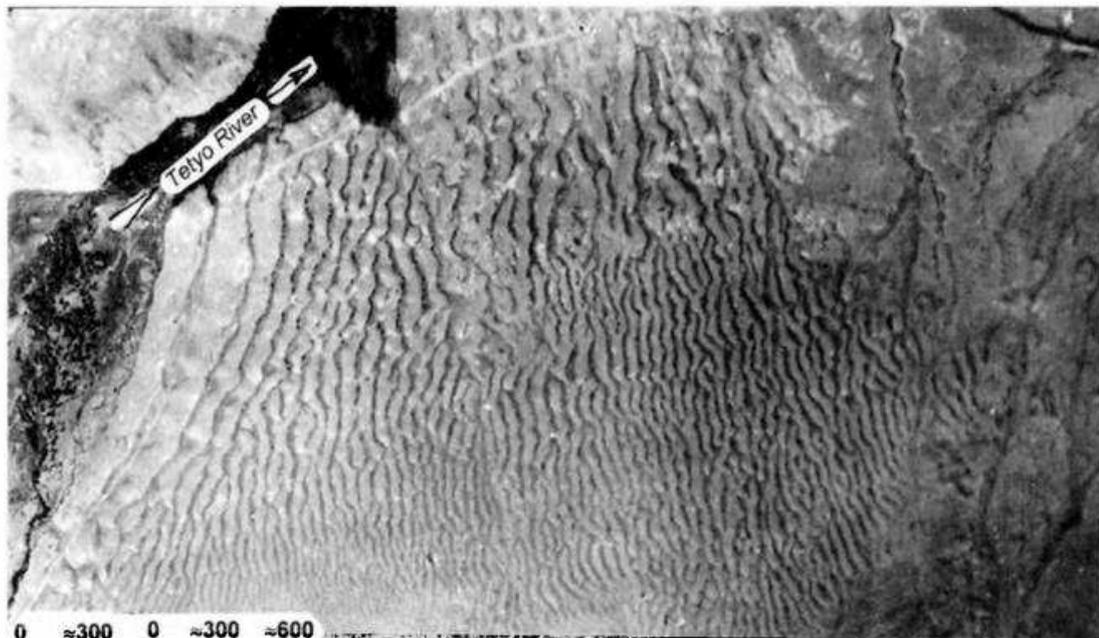


Рис. 10 Аэрофотография курайской ряби в центральной части котловины на правом берегу р. Тете (см. рис. 6 и 8) одно из величайших полей гигантских знаков ряби в мире.

Fig. 10. Air photo of Kuray ripples in the middle part of the depression on the right bank of the Tetio River (see Fig. 6 and 8) one of the largest fields



Рис. 11. Гигантская рябь течения в предгорьях Алтая на участке Платово-Подгорное. На рисунке видно, что соседние гряды почти до деталей повторяют друг друга.

Fig. 11. The giant current ripples in the Altai foothills at the location of Platovo-Podgornoje. It is well-seen in the picture that neighbour ridges are nearly identical to each other.



Рис. 12. Диллювиальные дюны и антидюны на 80–100-метровой террасе Р. Катунь между селами Малый Яломан и Иня.

Fig. 12. Diluvial dunes and antidunes on an 80–100-meter terrace of the Katun River between the settlements of Little Yaloman and Inia.

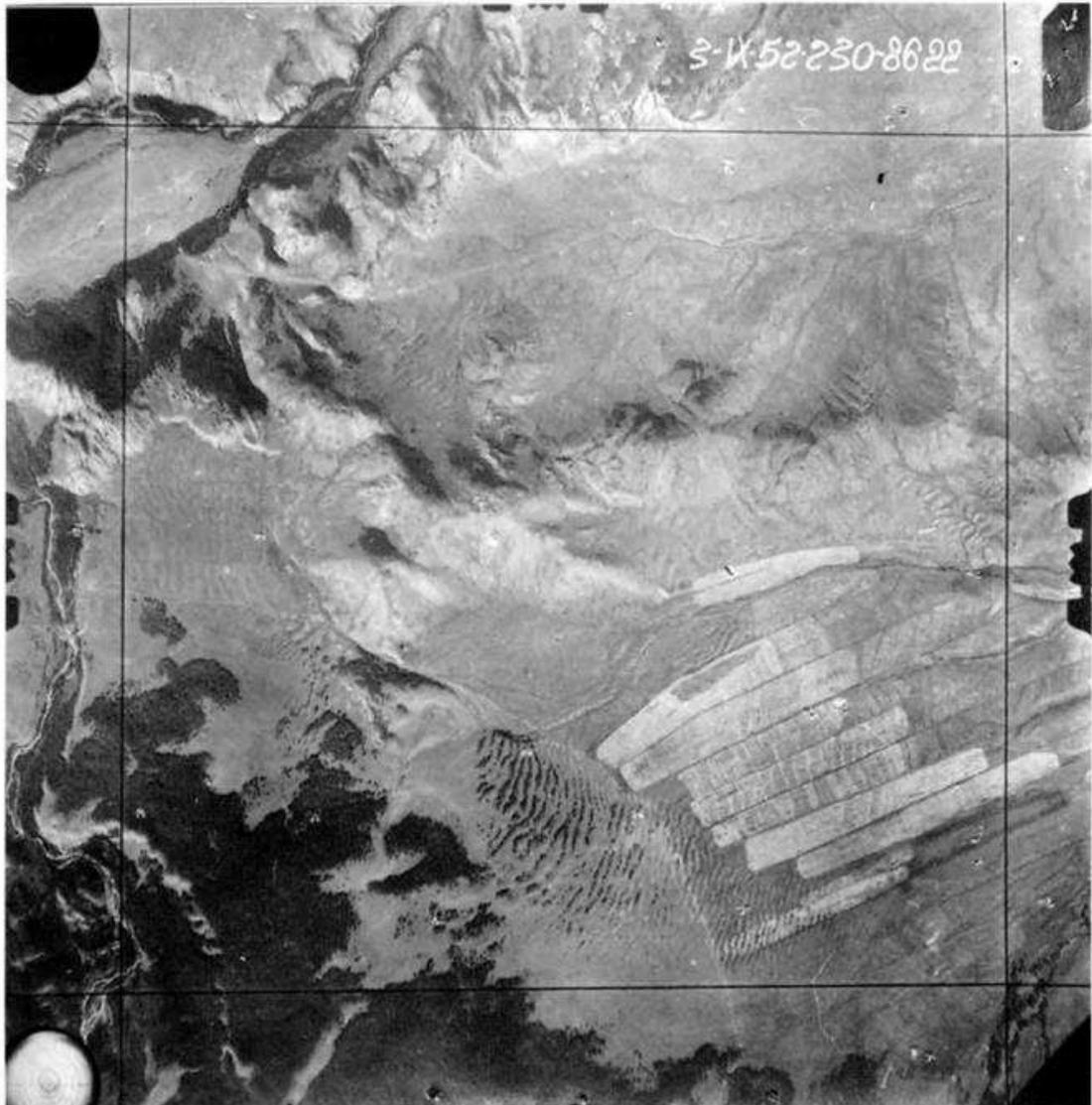


Рис. 13. Аэрофотография гигантской ряби течения в южной части Курайской котловины в междуречье рр. Актру и Тете.
Fig. 13. Air photo of the giant current ripples in the southern part of Kuray depression between the Aktru and the Tetio Rivers.

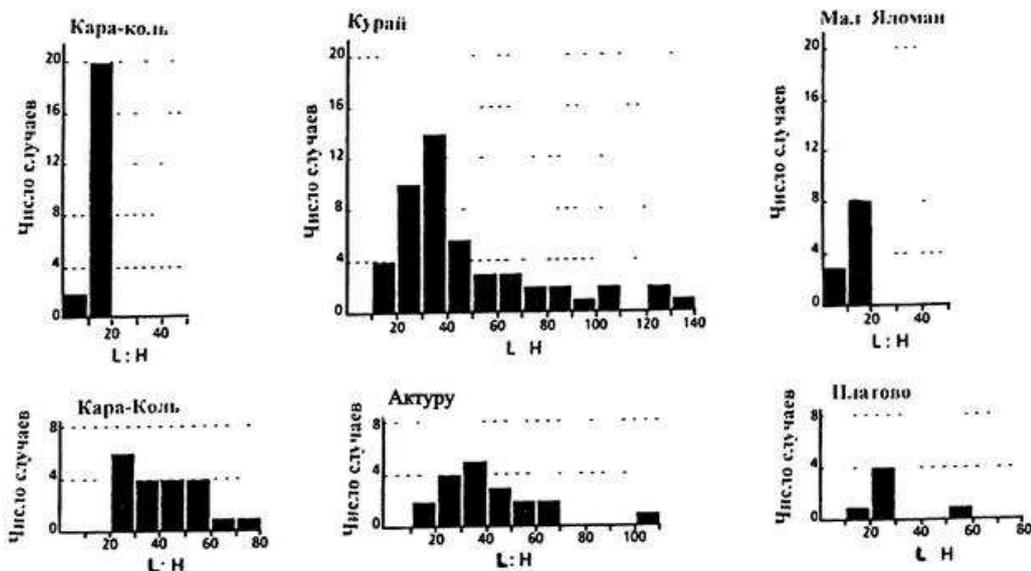


Рис. 14. Гистограммы взаимоотношения длины волны к высоте на опорных участках развития алтайский гигантской ряби [Carling, 1996a].

Fig. 14. Gystogramms of the correlation between the wave length and the wave height at the key development sites of the giant ripples in the Altai [Carling, 1996a].

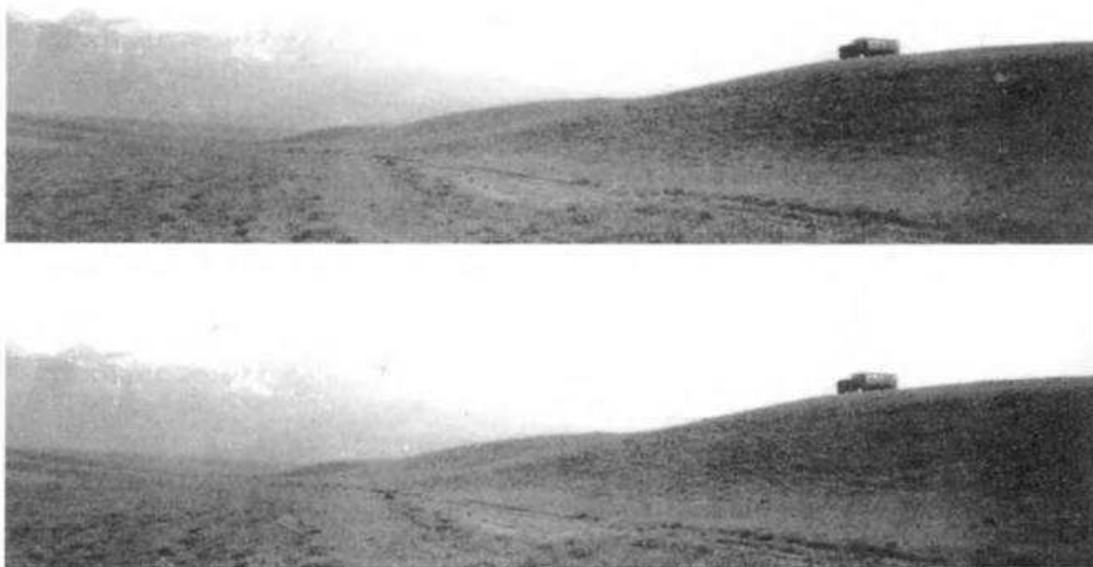


Рис. 15. Автомобиль «Урал» на дистальном склоне паводковй дюны Курайского поля гигантской ряби правобережья р. Тете.

Fig. 15. A cross-country vehicle "Ural" on the distal slope of a flood dune of the field of giant current ripples in Kuray on the right bank of the Tetio River.

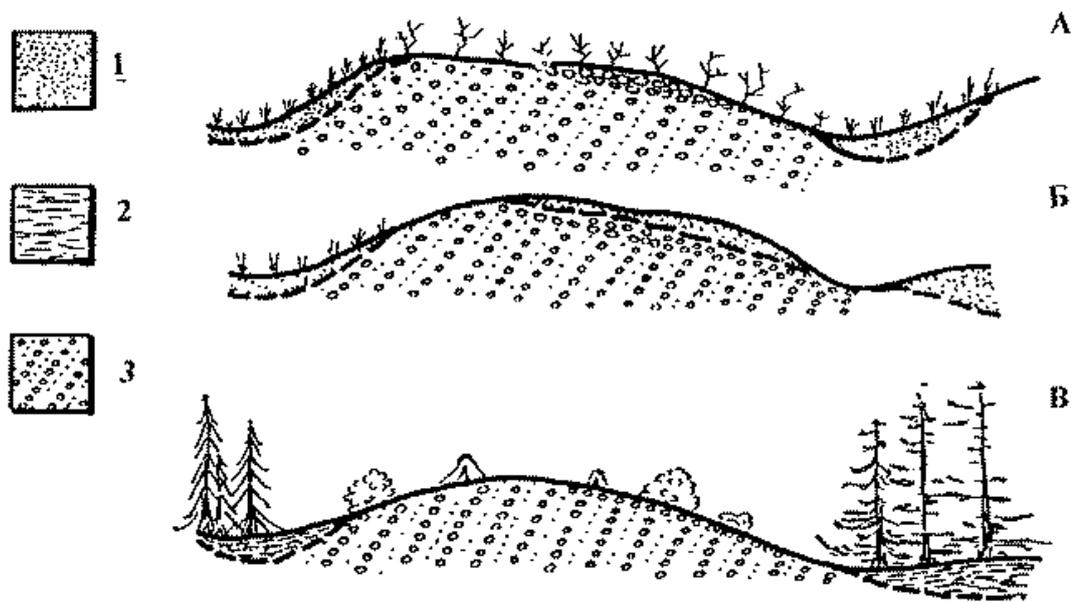


Рис. 18. Типичные профили и строение гигантской ряби течения в Линд-Кули (северо-запад США) с незначительно укрепленной поверхностью гряд (1), неукрепленной поверхностью (2) и заболоченными межгрядовыми понижениями (3). 1 – лесс; 2 – торф; 3 – валунные галечники [Baker, 1993].

Fig. 18. Typical profiles and structures of the giant current ripples at Lind-Coolie (north-west of the USA) with an insignificantly-strengthened surface of the ridges (1), with non-strengthened surface (2) and with water-logged inter-ridge hollows (3). 1 – loess; 2 – peat; 3 – boulder pebbles [Baker, 1993].

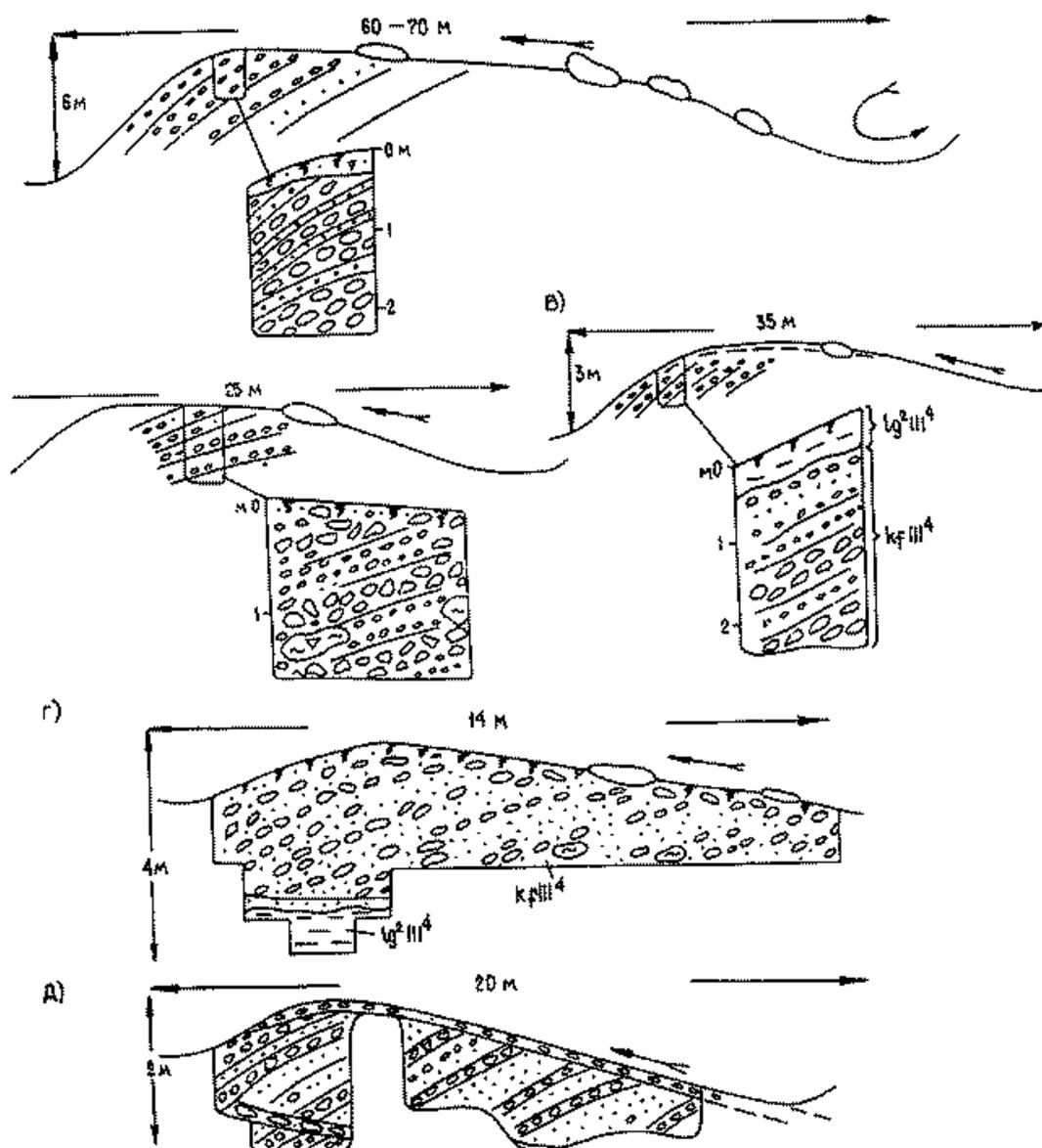


Рис. 19. Рисунок гигантской ряби в долине р. Башкаус на Алтае (по Бутвиловскому, рис. 29 [1993]).
 Fig. 19. Drawing of the giant current ripples in the valley of the Bashkaus River in the Altai (according to Butvilovsky, Fig. 29 [1993]).

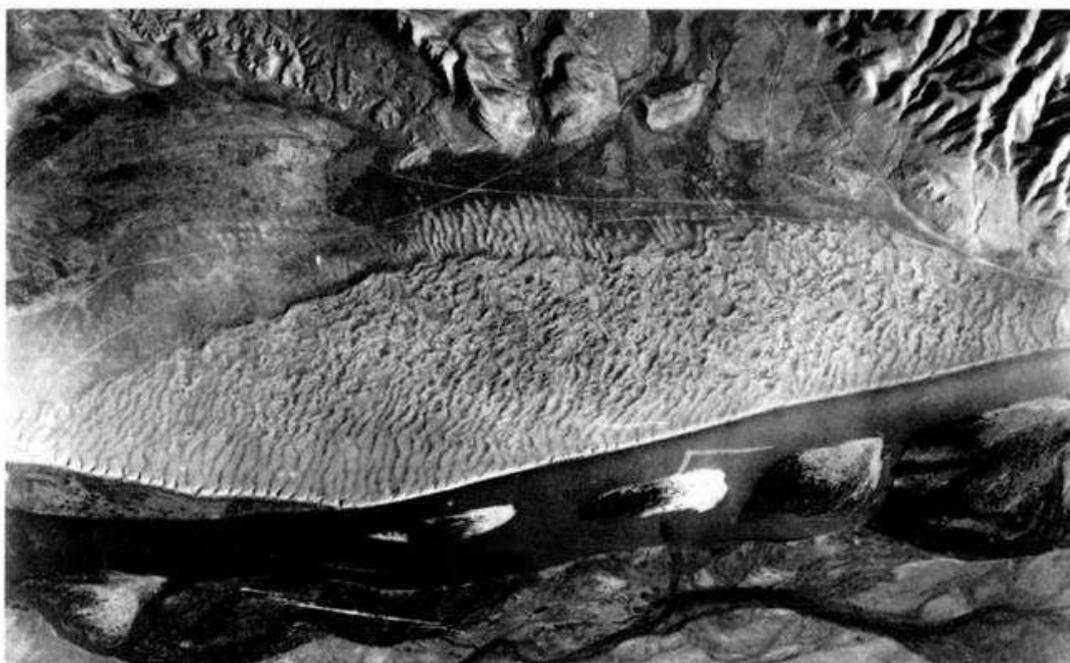


Рис. 20. Гигантские знаки ряби на поверхности второй террасы Бий-Хема, сложенной косослоистым материалом. Фрагмент планового снимка (представлен М.Г. Гроссвальдом [2003]).

Fig. 20. Giant current ripples composed by cross-layered material on the surface of the second terrace of the Bey-Khem. A fragment of a plan photo (introduced by M.G. Grosswald [2003]).



Рис. 21. Фрагмент обнажения паводковой дюны бий-хемской ряби, представленной на предыдущем рисунке.

Fig. 21. An outcrop fragment of a flood dune of the Bey-Khem ripples shown in the previous figure.

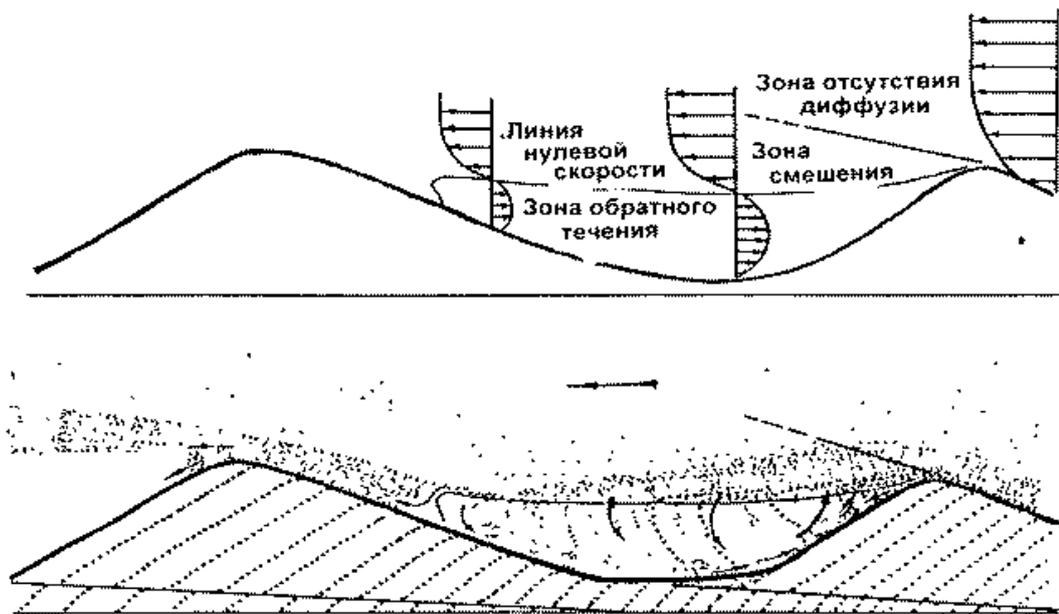


Рис. 22. Характер течения и процессы осадконакопления на «подветренной» стороне ряби [Рейнек, Сингх, 1981]. Показаны скорости, разделение потока на три главные зоны, а также идеализированный путь зерен осадочного материала.

Fig. 22. The character of the currents and the processes of the deposit accumulation on the "lee" side of the ripples [Rheinek, Singh, 1981]. The picture shows velocities, splitting of the flood into three main zones and an ideal way of the sediment grains.

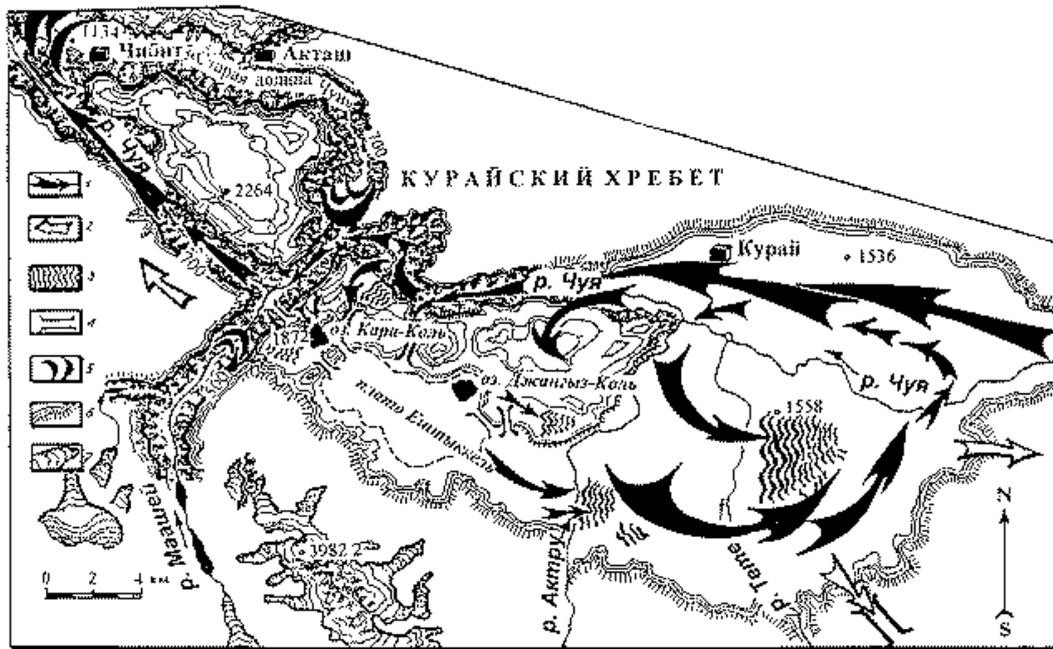


Рис. 23.

Рис. 23. Палеогеологическая схема Курайской межгорной впадины на Алтае [Rudoy, Baker, 1993; Рудой, 1995]. Хронологический срез – около 11. 5 тыс.л.н. Условные обозначения: направление диллювиальных потоков; 2 – возможное направление диллювиальных потоков; 3 – поля гигантских знаков ряби течения; 4 – спиллеи, ущелья прорыва и заплеска; 5 – конечные морены; 6 – границы впадины; 7 – современные ледники

Fig. 23. Palaeohydrologic sketch of Kuray intermountain basin, the Altai Mountains. [Рудой, 1995; Rudoy, Baker, 1993.

Chronological section – about 11,500 yr. BP. Legends: 1 – directions of diluvial floods; 2 – probable directions of diluvial floods; 3 – fields of giant current ripples; 4 – spillways, gorges of outbursts and oversplashes; 5 – end moraines; 6 – boundaries of intermountain basins; 7 - modern glaciers.

The palaeoflood direction has been reconstructed according to the orientation of the fields of diluvial dunes according to the spillways and oversplash gorges. Another field of the ripple marks within the backwater zone in the central part of the basin is represented also in Fig.8. The superflood maximum discharges of $18 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ have been calculated for the site between the settlements of Chibit and Kuray. Maximum flood velocities equalled here 45 ms^{-1} , the flood depth at the hydrograph peak exceeded 400 m, the flood magnitude reached $10^8 \text{ Watt} \times \text{m}^2$ [Baker et al., 1993; Rudoy & Baker, 1993].



Рис. 25. Ущелья-кули в штате Вашингтон. Главный каньон занимает р. Палоуз [Baker, Nummedal, 1978].

Fig. 25. Gorges-coolies in State Washington. The main channel is occupied by the Palouse River [Baker, Nummedal, 1978].



Рис. 26. Дилювиально-эрозионный каньон-кули Кызыл-Хема выше слияния с р. Ка-Хемом. Превышение бровки межледниковой базальтовой террасы над руслом около 150 м. Рис. М.Г. Гросвальда.

Fig. 26. Diluvial-erosional canyon-coolie of the Kysyl-Khem river above the junction with the Ka-Khem river. Excess of the edge of the interglacial basalt terrace over the channel is about 150 m. Picture by M.G. Grosswald [Grosswald, Rudoy, 1996].

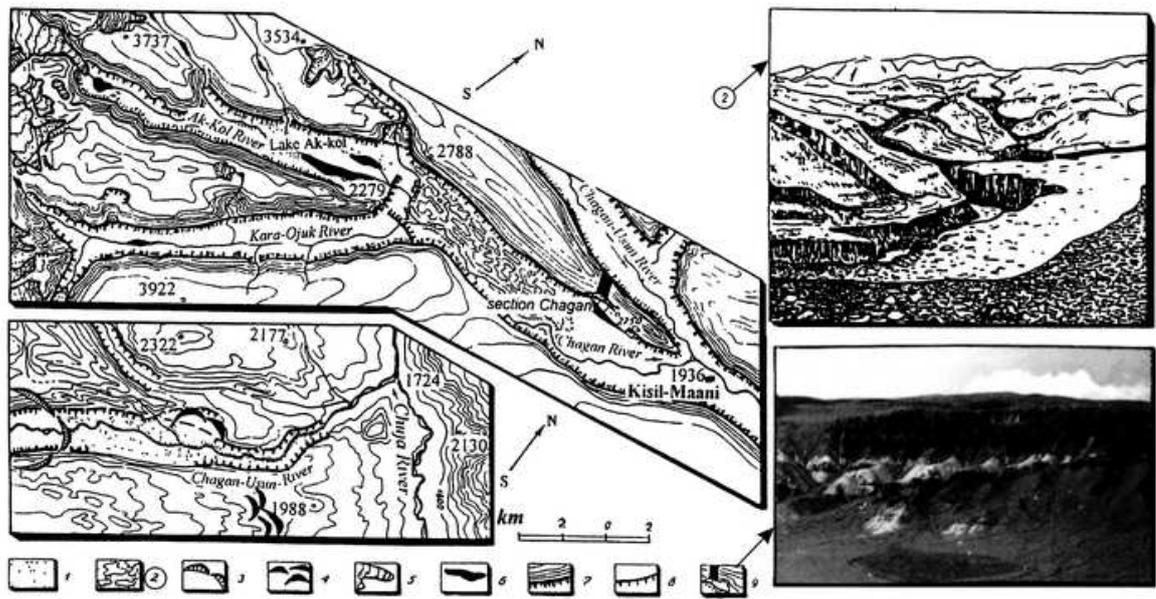


Рис. 27.

Рис. 27. Карто-схема долины р. Чаган-Узун [Рудой, Кирьянова, 1994].

Условные обозначения:

- 1 – ленточные озерно-ледниковые отложения разного возраста;
- 2 – «чаганский скэбленд»;
- 3 – конечные морены второго по П.А. Окишеву мегастадиала позднечетвертичного оледенения (моложе 25 тыс. лет);
- 4 – конечные морены с возрастом $58 \pm 6,7$ тыс. лет (МГУ-KTL-93);
- 5 – современные ледники;
- 6 – современные озера;
- 7 – субвертикальные склоны трогов;
- 8 – ущелья;
- 9 – местонахождение разреза Чаган.

На рисунке-врезке представлен участок «чаганского скэбленда» (на карто-схеме условный знак «2»).

Fig. 27. Map-sketch of the Chagan-Usun. Legends:

- 1 – varved lake-glacial deposits of various age;
- 2 – the “Chagan Scabland”;
- 3 – end moraines of the second (which was last, younger than 25 thousand years) phase of the Late Quaternary glaciation;
- 4 – end moraines dated 58 ± 6.7 thousand years (MSU-KTL-93);
- 5 – modern glaciers;
- 6 – modern lakes;
- 7 – subvertical trough slopes;
- 8 – gorges;
- 9 – location of a Chagan section.

The inset picture shows a fragment of the “Chagan Scabland” (legend figure “2” on the map-sketch).



Рис. 28. Экзарированная поверхность девонских глинистых сланцев, поставленных «на голову»
 Ледниковые борозды ориентированы на СВ 25 и 50°. На верхнем рисунке изображены фигурки маралов и козерогов, по стилю отнесенные к концу 1 тысячелетия до н.э. На нижнем рисунке в центре изображен ветвистый олень (5-й 8-й века н.э.) и кабаны (конец 1 тысячелетия до н.э.).



Современные ареалы распространения всех этих видов располагаются гораздо севернее и северо-восточнее. Приустьевая часть долины р. Чаган (Горный Алтай).

Fig. 28. Exarated surface of the Devon clay slates put "onto the top". The upper picture depicts some figures of Siberian deer and capricorns, according to their style they belong to the end of 1st millennium BC. The lower picture presents a deer in the centre (5-8 centuries AD) and wild boars (end of 1st millennium BC). The river mouth area of the Chagan [Рудой, 1988a].

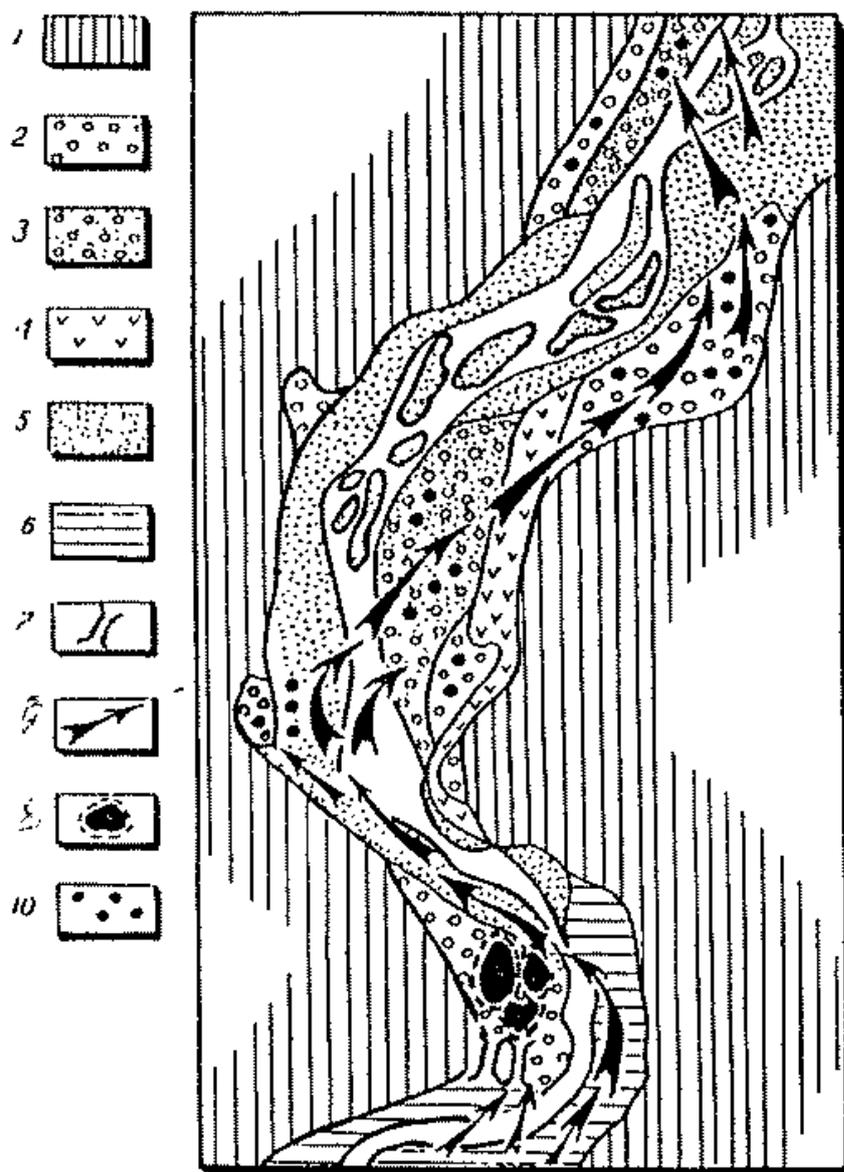


Рис. 29. Геоморфологическая схема долины р. Катунь ниже «айских впадин». По А.М. Малолетко [1980], с уточнениями. Условные обозначения: 1 – коренные склоны долины; 2 – 60-метровая терраса; 3 – 40-метровая терраса; 4 – 12-14-метровая терраса; 5 – высокая (до 5 м) пойма; 6 – низкая пойма с маломощным аллювием; 7 – каналы сброса воды; 8 – эвормионно-кавитационные впадины; 9 – направление дилувияльного потока; 10 – скопления эвратических глыб.

Fig. 29. Geomorphologic sketch of the Katun river valley below the "Aya depressions". According to the specified data [Malonemko, 1980]. Legends: 1 – bed slopes of the valley; 2 – a 60-meter terrace; 3 – a 40-meter terrace; 4 – a 12-14-meter terrace; 5 – high (up to 5 m) flood-meadow; 6 – low flood-meadow with thin alluvium; 7 – water runoff channels; 8 – evorsional-cavitation depressions; 9 – direction of the diluvial flood; 10 – accumulation of the erratic blocks.

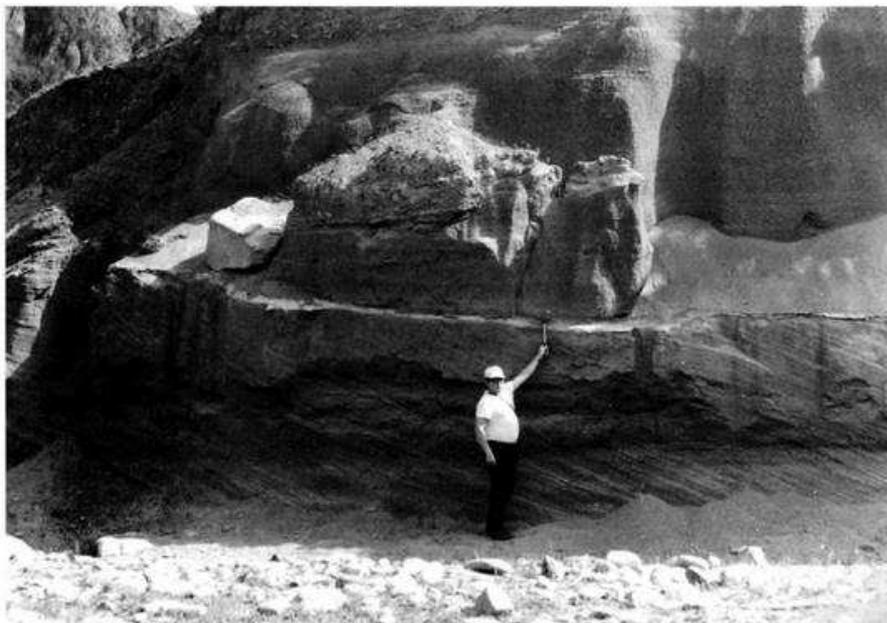


Рис. 33. Текстуры заплеска в подошве дилuviальной толщи Яломанской террасы (см. рис. 32).

Fig. 33. Oversplash textures inside the foot of the diluvial thickness of a Yaloman terrace (see Fig.32).



Рис. 34. Параллельно-слоистые текстуры щебнисто-дресвяных отложений с присутствием гравия и гальки в средней части Яломанской толщи (см. рис. 32).

Fig. 34. Parallel-layered textures of detritus-grass sediments with some percentage of gravels and pebbles in the middle part of the diluvial layer of the Yaloman (see Fig.32).

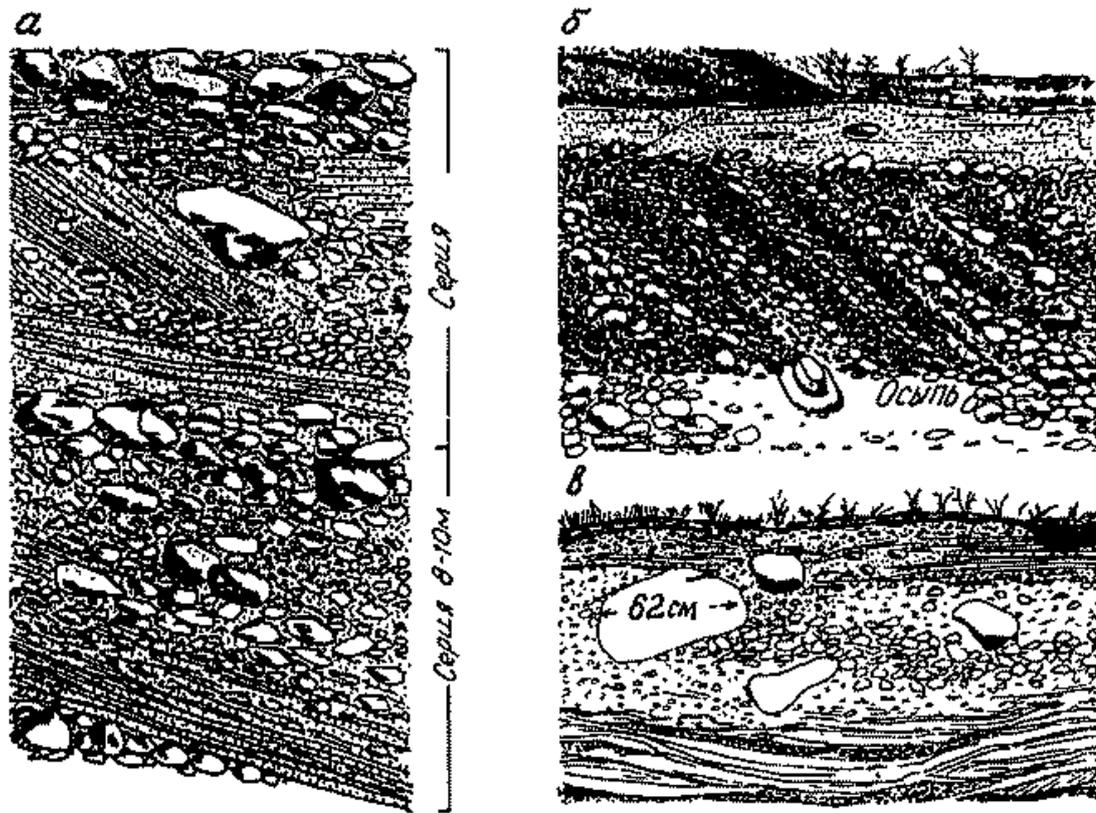
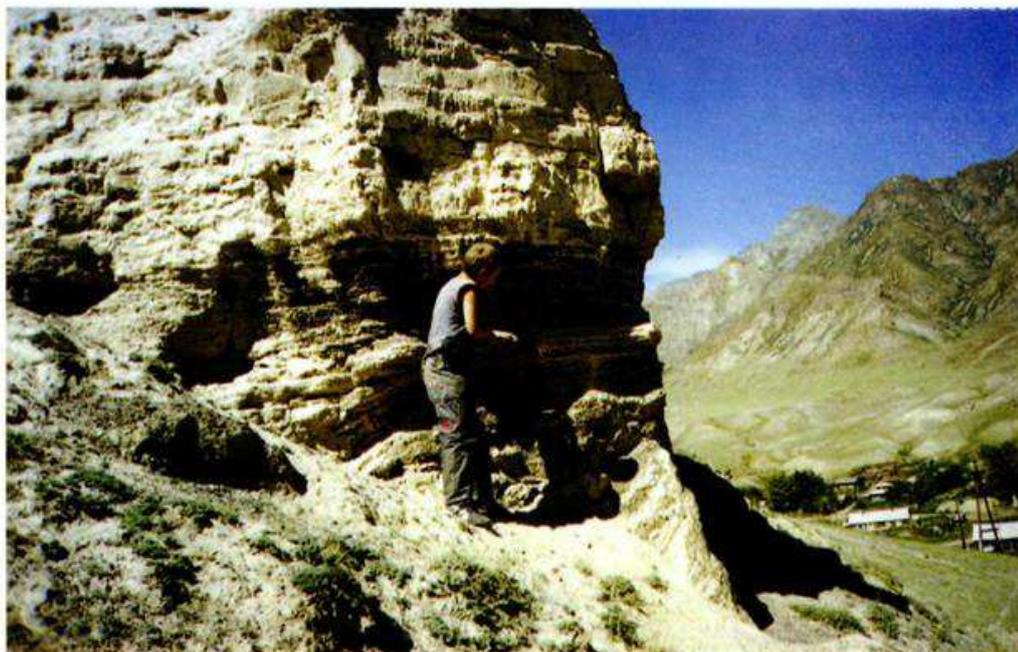
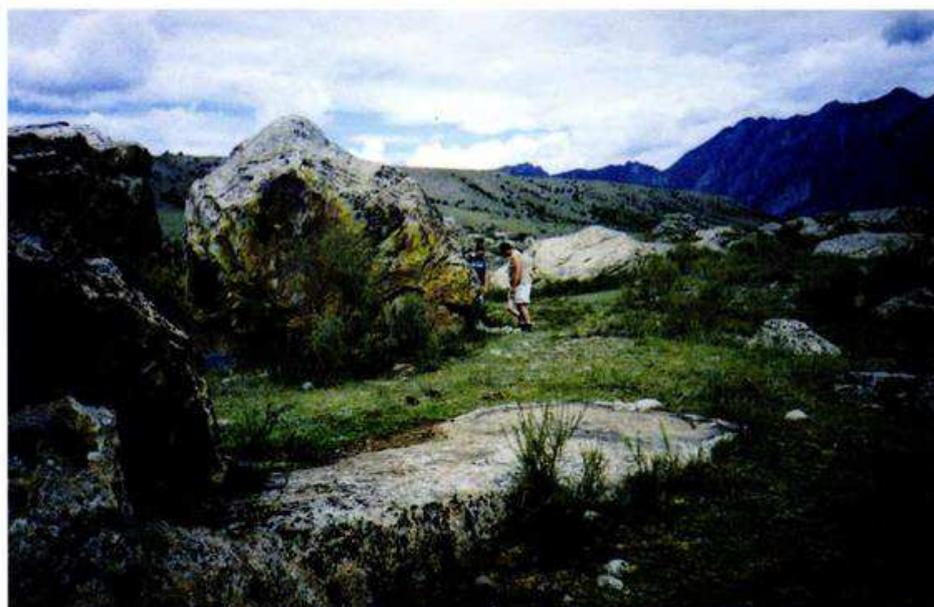


Рис. 37. Текстуры дилuviальных отложений высоко турбулентных потоков низких террас Катуня (а), в районе Кули-Сити (б) и в районе Вильсон-Крик (в). Два последних разреза представлены по фотографиям В.Р. Бейкера.

Fig. 37. Textures of the diluvial deposits of the high-turbulent floods of the "low" terraces of the Katun (a) at the location of Coolie-City (b) and at the location of Wilson-Creek (c). The two latter sections are represented according to the pictures by V.R. Baker.



*Рис. 38. Отложения дилювиально-подпрудных озер в приустьевой части долины р. Иня.
Fig. 38. Sediments of diluvial-dammed lakes at the mouth area of the Inia River valley.*



*Рис. 39. Развалы дилювиально-эратических глыб на Катунской берме между селами
Малый Яломан и Иня.
Fig. 39. Scattering of diluvial-erratic boulders on the berm of the Katun River between the
settlements of Little Yaloman and Inia.*

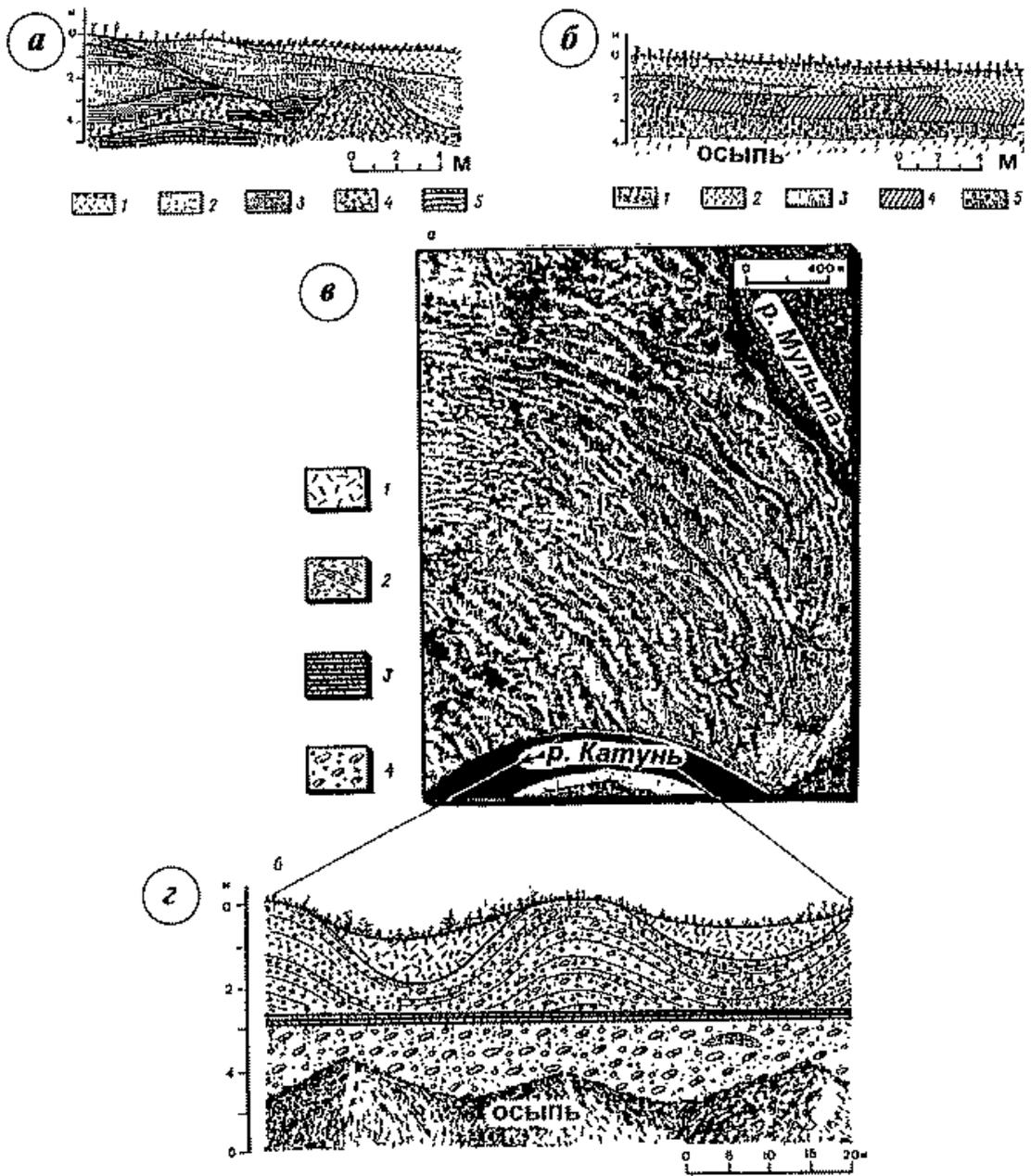


Рис. 40.

Рис. 40. Краевые ледниковые образования в Уймонской межгорной впадине в Центральном Алтае: а – обнажение оза в центральной части котловины (стенка карьера ориентирована по простиранию оза); б – обнажение оза в районе с. Нижний Уймон; в, г – краевые ледниковые образования в устье р. Мульта и фрагмент их обнажения на правом берегу р. Катунь напротив с. Аккоба.

Fig. 40. Marginal ice formation in Uymon intermontane basin in the central Altai: а – Esker exposures in the central part of the basin. 1 – brown loess; 2 – coarse and fine-grained sand; 3 – brown sand layers, occasionally in lenses; 4 – gravel and pebbly gravel beds, the beddings has “dome-shaped” appearance; 5 – coars-grained sands horizontally bedded (lake origin). б – Esker profile at Nizhniy Uymon. 1 – sod; 2 – brown loess; 3 – dark-grey coarse-grained sand; 4 – loess-type loamy sand with morane interlayers and lenses; 5 – clearly bedded lake gravel and pebbly gravel. в, г – Marginal eskers of the rim of the glacier tongue which were developed at the contact of the glacier and the ice-dammed lake. 1 – brown loess; 2 – gravel and pebble gravel with scarce boulders, bed planes follow the topography; 3 – dark brown loamy soil; 4 – moraine.

Рис. 41. Этапы формирования "пойманных озер" в межгорных котловинах Южной Сибири 22-25 тыс.л.н. (К) и (С) – Курайское и Чуйское ледниково-подпрудные озера; (G) – ущелье р. Чуи между Чуйской и Курайской впадинами.

- (1) – трансгрессии ледниково-подпрудных озер в межгорных впадинах были синхронны наступанию ледников. В максимум трансгрессии горные ледники достигали уровня озер в котловинах и всплывали (25–22 тыс. л.н.).
- (2) – соединившиеся на плаву "шельфовые" ледники полностью бронировали поверхность ледниково-подпрудных озер, которые трансформировались в "пойманные озера" (22–20 тыс. л.н.). Дальнейшее понижение снеговой линии (около 20–18 тыс. л.н.) приводило к тому, что в межгорных впадинах возникали самостоятельные ледниковые центры, состоящие из линзы озерных вод, перекрытой ледниковыми, озерными и наледными льдами и снежно-фирновой толщей.
- (3) – схема позиции (1) в плане.
- (4) – профиль по линии А–В через Чуйскую и Курайскую котловины (см. рис. 41-3).

Fig 41. Stages of the "catch lakes" development within intermontane basins of South Siberia about 25-22 ka. (K) and (C) – Kuray and Chuya ice-dammed lakes; (G) – Chuya River gorge between Chuya and Kuray depressions.

- (1) – Transgressions of the ice-dammed lakes within the intermontane basins were synchronous with the ice extension. With a snow-line depression at 800 m, the mountain glaciers reached the level of the ice-dammed lakes within the mountain basins covering the surface (25–22 ka).
- (2) – When the "shelf" glaciers joined, they flow on the ice-dammed lake surface giving rise to "catch lakes" (22-20 ka). As the snow-line lowered about 300 m (20–18 ka), independent glacier centres in the intermontane depressions developed.
- (3) – Sketch of the Kuray and Chuya ice-dammed lakes.
- (4) – Profile across the Chuya and Kuray basins (see and Fig. 41-3)