Российская академия наук

ISSN 0435-4281

ГЕОМОРФОЛОГИЯ

1995 4

Главный редактор Д. А. Тимофеев

Редакционная коллегия:

О. М. Адаменко, А. М. Берлянт, Н. С. Благоволин (зам. гл. редактора),
В. Вад. Бронгулеев, Б. А. Будагов, А. П. Дедков, П. А. Каплин,
А. Н. Ласточкин, А. Н. Маккавеев (отв. секретарь), Ю. А. Павлидис, Г. И. Рейснер,
Ю. П. Селиверстов, Ю. Г. Симонов, Г. Ф. Уфимцев, Г. И. Худяков,
Р. С. Чалов, В. П. Чичагов

Зав. редакцией Е. А. Карасева

тел. 238-03-60

Технический редактор *Т. Н. Смолянникова*

Сдано в набор 19.08.95 Подписано к печати 22.09.95 Формат бумаги $70\times100^{1}/_{16}$
Офсетная печать. Усл. печ. л. 9,1. усл. кр.-от. 4,1 тыс. Уч.-изд. 11,1 л. Бум. л. 3,5
Тираж 438 экз. Зак. 3146

Адрес редакции: 109071 Москва, Ж-17, Старомонетный пер., 29
Институт географии РАН, тел. 238-03-60
Московская типография № 2 РАН, 121099, Москва, Шубинский пер., 6

ГЕОМОРФОЛОГИЯ

РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ
НАУК
МОСКВА

ЖУРНАЛ ОСНОВАН
В 1970 ГОДУ
ВЫХОДИТ
4 РАЗА В ГОД

ОКТЯБРЬ — ДЕКАБРЬ

№ 4 — 1995

СОДЕРЖАНИЕ

Тимофеев Д. А., Бронгулеев В. В., Александров С. М., Ионин А. С., Чичагов В. П. Принципы построения легенды геоморфологической карты Азии 3
Трифонова Т. А. Энергетическая модель формирования горного литоводосборного бассейна и речного русла 13

Экологическая геоморфология

Авенариус И. Г., Бирюков В. Ю., Репкина Т. Ю., Совершаев В. А., Шкарин В. Е. Использование материалов аэрокосмических съемок для решения проблем геоэкологии прибрежно-шельфовых зон (на примере залива Буор-Хая, море Лаптевых) 23
Лебедева Е. В. Катастрофические геоморфологические процессы в приморских районах Западного Приохотья 35

Научные сообщения

Глико О. А. Цикличное развитие рельефа Чикой-Даурского поднятия 43
Кузьмин С. Б. Геоморфология зоны Приморского разлома (западное Прибайкалье) 53
Рудой А. Н. Геоморфологический эффект и гидравлика позднеплейстоценовых йокульлаупов ледниково-подпрудных озер Алтая 61
Семенов Р. М., Серебренников С. П. Новейшая блоковая активизация земной коры и сейсмическая опасность территории Верхнего Приамурья (Дальний Восток) 77
Чаус И. К. Сплывы грунтов в условиях вечной мерзлоты 85
Чичагов В. П. Генетические и динамические особенности рельефа островных гор Восточной Монголии 92

Хроника

Беркович К. М., Злотина Л. В. Исследования эрозионных и русловых процессов 107
Голосов В. Н. Геоморфологический отклик на изменения климата в средиземноморских и аридных территориях 108

Рецензии

Благоволин Н. С., Сетунская Л. Е. Новые взгляды на современную геодинамику морфоструктур Кубы 110

Потери науки

Клиффорд Эмблетон (1931—1994) 112

© Российская академия наук.
Отделение океанологии, физики атмосферы и географии.
Институт географии, 1995 г.

10. *Логачев Н. А., Ломоносова Т. К., Климанова В. М.* Кайнозойские отложения Иркутского амфитеатра. М.: Наука, 1964. 195 с.
11. *Кузьмин С. Б.* Области динамического влияния разломов: геоморфологические аспекты//Геоморфология. 1991. № 3. С. 94—102.
12. *Дельянский Е. А., Макаров О. А., Белоусова О. В.* Сейсмичность Приморского разлома по результатам тренчинга//Геология и геофизика Восточной Сибири. Современные методы в геологических исследованиях (Тез. докл.) Иркутск, 1992. С. 16—17.
13. *Оллиер К.* Тектоника и рельеф. М.: Недра, 1984. 460 с.
14. *Кузьмин С. Б.* Геолого-структурные и геоморфологические признаки областей динамического влияния разломов//Изв. вузов. Геология и разведка. 1990. № 7. С. 27—35.

Институт земной коры СО РАН, Иркутск

Поступила в редакцию
22.02.94

GEOMORPHOLOGY OF THE MARITIME FAULT ZONE

S. B. KUZMIN

Summary

Some geomorphic features of the Maritime fault are outlined, which was active during the Late Cenozoic time and related to the Balkalian rift zone evolution. The morphostructure appeared to be inherited from geological and tectonic structure of the region. The deformations and seismic processes within the fault zone created an assemblage of specific landforms; there exist also a number of pseudo-tectonic elements of topography resulted from human activities and exodynamics.

УДК 551.435.48(235.222)

© 1995 г. А. Н. РУДОЙ

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ И ГИДРАВЛИКА ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ЙОКУЛЬЛАУПОВ ЛЕДНИКОВО-ПОДПРУДНЫХ ОЗЕР АЛТАЯ

В начале 20-х годов нашего века американский исследователь Дж. Х. Бретц предположил, что переплетающиеся в плане узкие глубокие каналы-кули́, образующие «изрезанный скейбленд», возникли в результате короткого мощного наводнения [1]. Бретц назвал его «паводком Спокан». Вследствие ледникового подпруживания в позднем висконсине северо-американских рек Колумбия и Снейк во фронтальной части Кордильерского ледникового щита образовалось огромное озеро (озеро Спокан, по Бретцу), которое при достижении критического уровня оказалось прорванным. Колоссальные массы воды, переливаясь с огромной скоростью через доледниковые водоразделы, эродировали поверхность базальтов, образуя в ней глубокие, извилистые в плане, каналы и каскады водопадов (катаракты). На водораздельных пространствах и на высоких уровнях в речных долинах аккумулировались мощные толщи аллювия. Термин «чаннелед скейбленд», предложенный Бретцем для Колумбийского базальтового плато в Северной Америке, очень хорошо передавал строение поверхности плато и указывал на ее происхождение. Уже во второй половине 20-го столетия этот термин прочно утвердился в западной научной литературе и приобрел как генетическое содержание, так и географическую привязку [2].

В 80-е годы в Центральной Азии, в первую очередь — в Горном Алтае, в долинах рек Чуя, Катунь, Чулышман, Башкаус были открыты следы катастрофических прорывов огромных котловинных ледниково-подпрудных озер [3, 4]. К концу этого десятилетия были в основном описаны все крупнейшие местонахождения этих следов, появились сведения об их широком распространении в верховьях Енисея (Ю. П. Селиверстов, Н. В. Лукина (устные сообщения), а также [5, 6]). Расчетные и аналитические материалы показывают возможность крупных четвертичных гляциальных паводков в Забайкалье и Прибайкалье.

В начале 90-х годов под руководством автора состоялись первые международ-

ные экспедиции по изучению геологических последствий плейстоценовых гляциальных катастрофических паводков в горах Алтая, в которых участвовали геологи и геоморфологи из России, Америки, Великобритании и Швейцарии. В результате этих экспедиций, в частности, было установлено, что алтайский набор геологических следов катастрофических прорывов ледниково-подпрудных озер в основном идентичен северо-американскому [7]. Отличия в строении или преобладании тех или иных форм объясняются тем, что исходный рельеф изученных регионов в Северной Америке и на юге Сибири также принципиально отличен. Горы Южной Сибири и вулканогенные равнины Америки несли разный тип оледенения, в связи с чем древние подпрудные озера Северной Америки были приледниковыми, т. е. перигляциальными, а ледниково-подпрудные озера гор Южной Сибири — внутриледниковыми (интрагляциальными). Это обстоятельство не могло не обусловить и отдельные интересные особенности истории этих озер на всех этапах их эволюции. Высокая контрастность рельефа предопределила также весьма высокую потенциальную энергию даже у небольших гляциальных озер Южной Сибири, обусловленную крутым падением магистральных долин стока.

Одним из научных итогов совместных полевых работ было заключение, что термин «скейбленд» (без определительной части) имеет преимущественно генетическое толкование и более широкое, чем это принималось в Америке [8]. «Скейблендом» следует называть все территории ледниковой и приледниковой зон, подвергающиеся или подвергавшиеся ранее многократному воздействию катастрофических потоков прорвавшихся ледниково-подпрудных озер, оставивших оригинальные природные образования, по которым возможно определить гидравлические параметры прорывных водных потоков и дать прогноз.

Начатое в бывшем СССР более десяти лет назад исследование закономерностей режима четвертичных ледниково-подпрудных озер горных стран, проводимое первоначально преимущественно методами традиционных геолого-геоморфологических изысканий на качественной основе, к концу 80-х годов стало представлять, по существу, два научных направления: литолого-геоморфологическое и палеогляциологическое. Каждое из этих направлений, обладая своими специфическими методами, подчинено решению одних и тех же задач, главной из которых является создание основ теории дилювиального (от лат. «дилювий» — потоп) морфолитогенеза.

Концепцию дилювиального морфолитогенеза, сформулированную во второй половине 80-х годов [9, 10], вкратце можно представить следующим образом.

Материковые и горные оледенения внутриконтинентальных областей сопровождались возникновением и ростом гигантских ледниково-подпрудных озер. Характерной чертой режима таких озер являются катастрофические опорожнения (йокульлаупы). Прорывы современных приледниковых озер, количество которых исчисляется тысячами, приводят к грандиозным наводнениям, уничтожающим жилые и хозяйственные объекты, транспортные магистрали, вызывающие человеческие жертвы (Исландия, Альпы, Каракорум, Аляска и т. д.). Размеры плейстоценовых ледниково-подпрудных озер на несколько порядков превышали современные. Расходы прорывных паводков, определенные независимыми методами, достигали и превышали 1 млн. $м^3/с$, скорости потоков —15—17 м/с, а глубины суперрек составляли сотни метров [11].

Прорывные гляциальные паводки производили огромную геологическую работу в чрезвычайно короткие промежутки времени. При этом исходный рельеф претерпевал колоссальные трансформации, масштабы которых сопоставимы с другими известными природными катаклизмами — землетрясениями, цунами, вулканизмом. В связи с этим уместно говорить об особом процессе рельефообразования — дилювиальном.

Дилювиальный процесс рельефообразования — это процесс трансформации рельефа водными потоками, возникающими при катастрофических сбросах приледниковых озер. Дилювиальный рельефообразующий процесс генетически

связан с гляциальным, но активнее выступает на более низких гипсометрических уровнях. Ледники подпруживают речные долины и питают возникающие в них озера. Озера прорывают ледниковые плотины, размывают или уничтожают следы ледников в магистральных долинах стока. В этом — диалектическая связь гляциального и дилювиального процессов.

Терминология

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. Например, термин «скейбленд» Дж. Х. Бретц применял в буквальном значении английского слова «скейб» — «короста, струп». Термин «спиллвей» означает просто водослив и в англоязычной литературе требует дополнительного пояснения: о водосливе какого рода идет речь. В русской научной литературе термин «спиллвей» уже уверенно утверждается для обозначения пути грандиозного сброса части воды из ледниково-подпрудных озер через низкие водоразделы и перевальные седловины, а также под ледниковыми плотинами или около них.

Термин «бар» в дилювиальном контексте на западе понимается как террасовидная, сверхмощная для «нормального» аллювия, толща рыхлых отложений, сбрасываемых суперпотоком в подходящих участках магистральных долин стока. Из-за очевидного неудобства этого термина, вызванного наличием широко известного в отечественной морской геоморфологии понятия «бар», мы применяем для подобных толщ адекватный термин «дилювиально-аккумулятивная терраса» и исходим при этом из общего названия экзогенного процесса, в результате которого эта терраса сформировалась.

Нельзя признать удобным очень популярный на западе термин «гигантская рябь течения (Giant current ripples)» хотя бы уже потому, что в отличие от английского, в русском языке слово «рябь» не имеет единственного числа. При описании рельефа гигантских знаков ряби мы, наряду с традиционной переводной формой, будем применять более удобный, на наш взгляд, термин «дилювиальные (паводковые) дюны и антидюны».

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 нашего 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 хотя слово «дилювий» как анахронизм, у специалистов «на слуху», точный перевод этого термина столь же точно соответствует вложенному в него новому содержанию, а по звучанию он хорошо соотносится с названиями многих других генетических типов рыхлых отложений и форм рельефа, таких, например, как аллювий, пролювий, коллювий и др.

Почти одновременно с термином «дилювий» в российской научной литературе появился термин «флювио-катастрофический» (позднее — «катафлювиальный») [4, 12]. Идея этого предложения вполне прозрачна. Мы уже говорили о том, что этот громоздкий и колючий на слух термин к тому же содержит корни из двух языков: латинского и греческого, что, на наш взгляд, уж слишком для самовыражения на третьем, русском, языке [13].

Вместе с тем при изучении и описании всех аспектов дилювиального процесса приходилось испытывать определенные терминологические затруднения, которые, думается, могла бы разрешить специально созданная для этого терминологическая комиссия.

Классификация типов и форм дилювиального морфолитокомплекса

Тип рельефа	Формы рельефа	Генетический тип отложений	Вещественный состав
Дилювиально-эрозионный	Кули́, спиллвеи, ущелья прорыва и заплеска, дилювиально-эрозионные уступы, останцы	—	—
Дилювиально-эворзионный	Водобойные ниши, воронки, ванны, котлы высверливания, эворзионные арки	—	—
Дилювиально-аккумулятивный	Дилювиальные (паводковые) дюны (гигантские знаки ряби течения), дилювиальные валы и террасы, гигантские шлейфы (дилювиальные бермы)	Дилювий	Наклонно-слоеватые мелковалунные галечники, неокатанные ритмично-слоистые грубозернистые пески, щебень, дресва, эрратические глыбы, валуны

Строение скейбленда

Поверхность скейбленда формируется тремя типами рельефообразующего процесса, определяющими совокупность набора форм дилювиального морфолитокомплекса и преобладание одних форм над другими в зависимости от объема озер, мощности ледниковых плотин, исходного ландшафта и количества и энергии йокульлаупов. Ранее была предложена первая классификация типов и форм дилювиального морфолитокомплекса [9, 10, 13]. Разработчик этой классификации полагал, что по мере накопления материала эта схема будет детализироваться и «обрастать» новыми понятиями. Нужно признать, что за исключением дилювиально-эрозионных форм, остальные генерации пока не оказались дополненными, а дилювиально-аккумулятивная группа даже претерпела некоторое сокращение за счет исчезновения образований иного генезиса, ранее ошибочно интерпретируемых с дилювиальных позиций. С другой стороны, оставшиеся в таблице формы получили за прошедшие годы основательную диагностическую проверку, в первую очередь, с морфолитологических и палеогидрологических позиций (таблица). Существенно расширены знания о географии дилювиальных форм рельефа и отложений.

Дилювиальная суперэрозия приводит в первую очередь к выработке глубоких ущелий на путях стока воды (ущелья прорыва). На прямолинейных участках магистральных долин стока частично или полностью вымывается обломочный материал, разрушаются выпуклые склоны, интенсивно подрезаются древние конусы выноса; долины переуглубляются. Перевальные седловины, по которым вода при переполнении озер сбрасывалась в соседние бассейны, превращаются в сквозные долины (спиллвеи), имеющие каньонообразные, реже — узкие ящикообразные поперечные профили. В тех случаях, когда долина стока не вмещает проходящие массы воды, поток заплескивается через местные водоразделы, вырабатывая серию дилювиально-эрозионных долин и ущелий заплеска. Поток при этом транспортирует и аккумулирует высоко на склонах и на водоразделах эрратический материал иногда очень больших размеров: валуны и глыбы весом в десятки и сотни тонн. В отличие от эрратических валунов ледникового происхождения дилювиальный эрратический материал, как правило, весьма слабо окатан.

Выделенные в Северной Америке дилювиально-эрозионные каналы-кули́ [14] в горах Центральной Азии встречаются редко. Скорее всего пока они просто не обнаружены. Дальнейшие полевые исследования покажут реальность существования таких каналов в областях распространения четвертичных базальтовых покровов в Восточной Туве и в бассейнах Хубсугульской и Дархатской межгор-

ных впадин. На Алтае обнаружен лишь один участок скейбленда, где система ветвящихся, изломанных в плане, глубоких (50—60 м) каналов осложняет центральную часть долины р. Чаган. Чаганский скейбленд был сформирован около 3 тыс. лет назад в результате многочисленных прорывов Аккольского ледниково-подпрудного озера, которое блокировалось ледниками долины р. Кара-Оюк и левобережного трога-притока (рис. 1). Днище долины Чагана ниже участка прорывов почти полностью лишено рыхлого чехла, переплетающиеся каналы-кули́, по одному из которых протекает современная река, создают экзотический ландшафт высокогорного скейбленда (рис. 2).

Дюлювиально-эворзионные формы генетически и пространственно связаны со спиллвеями и дилювиально-эрозионными долинами заплеска. Эворзия — это эрозия горных пород, обусловленная донным вращением вертикально падающей воды. При сбросах части озерных вод через местные водоразделы и перевальные седловины возникали кратковременные, но исключительно энергичные водопады, продуцировавшие огромные, в сотни метров в диаметре и в десятки метров глубиной, водобойные ванны, воронки, котлы высверливания. Некоторые из таких дилювиально-эворзионных впадин сейчас заняты живописными озерами (Куйзопские впадины в Горном Бадахшане, Айское озеро на Алтае). В основном же такие впадины в настоящее время сухие. В Горном Алтае весьма впечатляюще выглядят «сухие водопады» в центральной части долины р. Чулышман (в районе урочища Катуярык), куда сбрасывались излишки воды из Улаганского ледниково-подпрудного озера в ледниковый постмаксимум вюрма. Более мелкие, но также очень эффективные эворзионные формы можно наблюдать в ущелье р. Чаган-Узун на Юго-Восточном Алтае, а также в других местах.

Результаты дилювиально-аккумулятивной деятельности прорывных паводков представляют наибольший интерес, так как поддаются, в основном, однозначной геологической и морфологической диагностике, а также могут служить инструментом для расчета гидравлических параметров йокульлаупов. Из изученных в настоящее время форм самыми информативными в палеогидрологическом отношении являются дилювиально-аккумулятивные валы и террасы (бары, по Бретцу) и гигантские знаки ряби течения, т. е. дилювиальные (паводковые) дюны.

Дилювиально-аккумулятивные валы и террасы развиты во всех магистральных долинах стока из ледниково-подпрудных озер. Они особенно представительны в нижней части долины Чуи и в среднем и нижнем течении Катуни. Эти образования представляют собой мощные, свыше 240 м над урезами рек, толщи яснослоистых, чисто промытых гравийно-щебнистых отложений, включающих в себя как слои и линзы песков и супесей, так и угловатые валуны и глыбы весьма пестрого петрографического состава. Эти толщи накапливались при резком падении энергии потока или в условиях обратного течения в зонах эрозионной тени непосредственно ниже контрфорсов, изгибов основной долины или в больших расширениях долин. Формирование толщ происходило в результате либо одного мощного йокульлаупа или, что вероятнее, в результате работы нескольких паводков. Обломочный материал переносился преимущественно во взвешенном состоянии.

Вследствие более поздней эрозии описываемые толщи представляют сейчас очень четкие террасовидные скульптуры с хорошо очерченными бровками и ясно выраженными уступами, имеющими падение, близкое к углам естественного откоса для соответствующих фракций. Поверхности дилювиальных террас в общем случае наклонены к коренным бортам долин, часто осложнены небольшими изометричными западинами, фиксирующими участки подводных водоворотов. Бровки террас обычно подчеркиваются береговыми валами. Дилювиальные террасы блокируют боковые притоки и лога магистральных долин, быстро выклиниваясь вверх по притокам.

В Центральном Алтае эти образования известны как «высокие террасы» Чуи и Катуни. Их удивительными размерами и совершенной формой еще более 150 лет

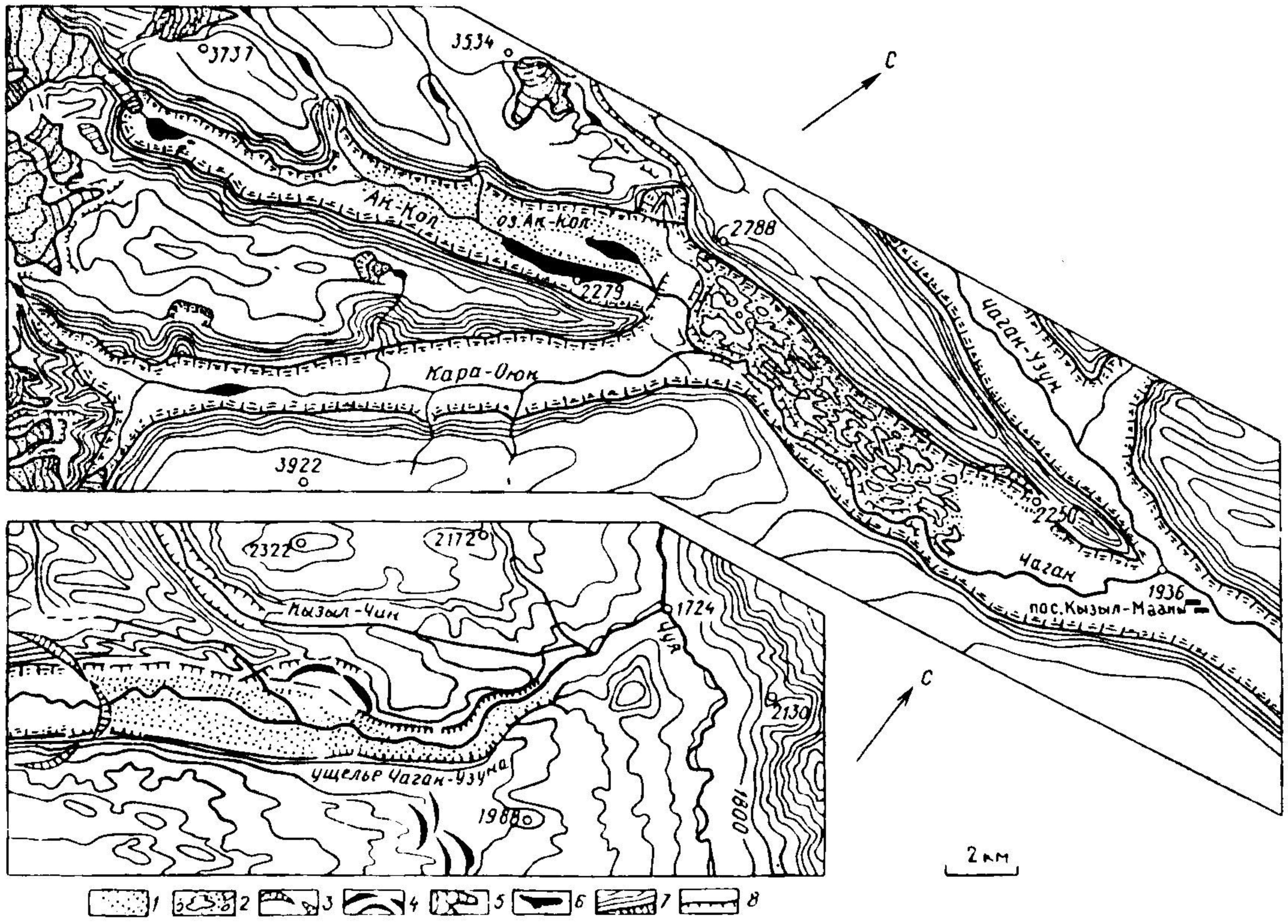

Рис. 1. Схема долины р. Чаган-Узун

1 — ленточные глины, *2* — участок чаганского скейбленда, *3* — конечные морены второго позднечетвертичного оледенения (18—20 тыс. л. н.), *4* — конечные морены первого позднечетвертичного оледенения (около 60 тыс. л. н.), *5* — современные ледники, *6* — современные озера, *7* — борта трогов, *8* — борта ущелий

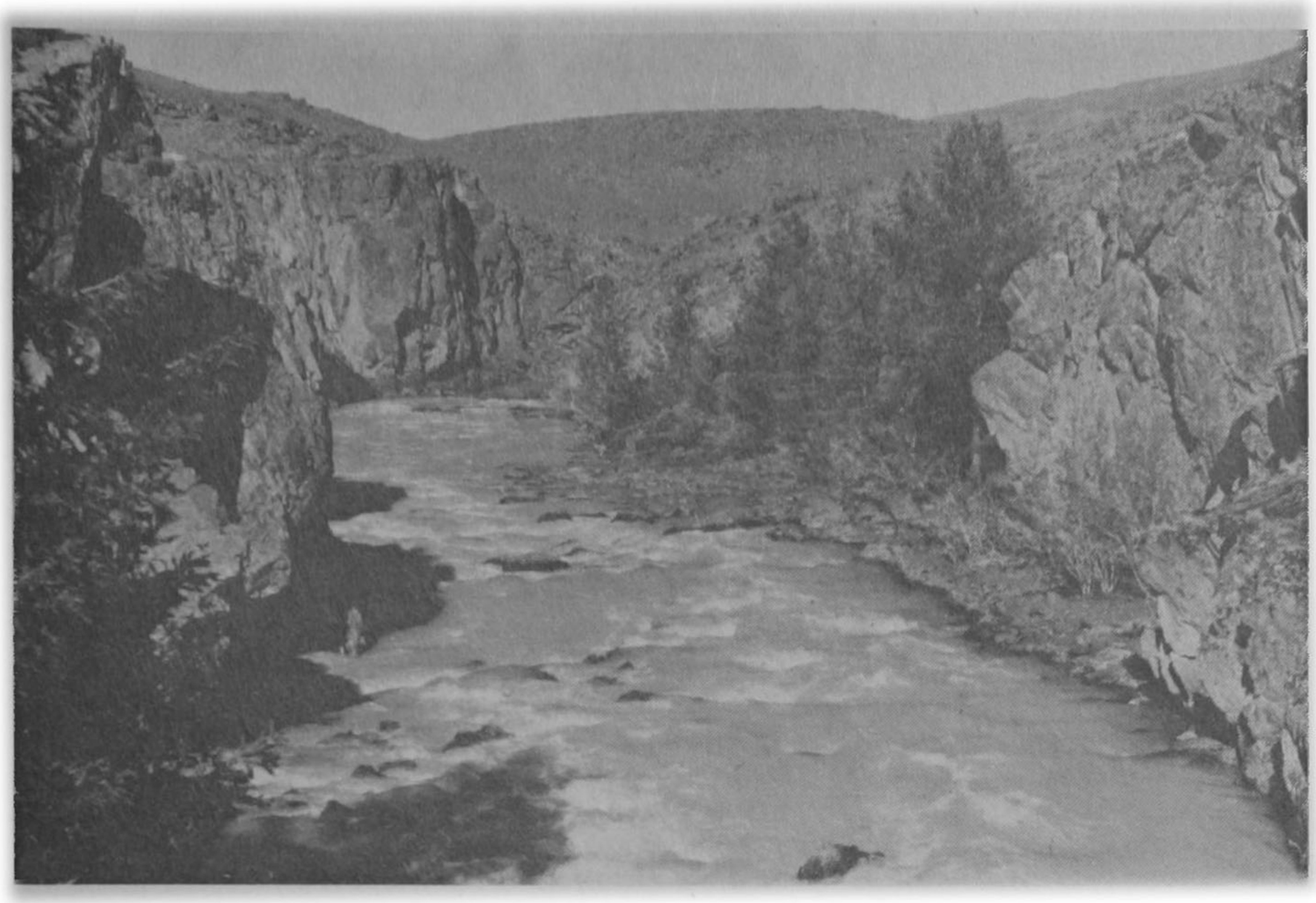

Рис. 2. Ущелье р. Чаган на участке скейбленда (кули́)

назад восхищался русский геолог Петр Чихачев, но так и не взялся их объяснить. С тех пор «высокие террасы» служили предметом ожесточенных дискуссий, начинающих угасать в наши дни вероятно в связи с очевидностью их генезиса.

К предгорьям высота дилювиально-аккумулятивных террас уменьшается до 100, а в районе Горно-Алтайска — до 60 м («Майминский вал»), в их строении увеличивается доля хорошо промытых грубозернистых песков, возрастает окатанность гравия и гальки.

Судя по мощности отложений «высоких террас», минимальные глубины дилювиальных потоков в долинах Чуи и Катуни составляли по крайней мере 300 м.

Отложения более низких террас представлены обычно пачками галечников и гравия с дельтовой слоистостью, разделенных мелковалунно-галечниковыми субгоризонтально слоистыми осадками нормальных русловых потоков. Верхние косослоистые серии в кровле большинства 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.

Механизм накопления дилювия, слагающего «высокие террасы» Центрального Алтая, требует специального изучения. Для объяснения своеобразия литологии дилювиально-аккумулятивных образований в целом закономерности, справедливые для обычного руслового процесса, продуцирующего разнофациальный горный аллювий, не являются, как показывает опыт, инструментом для палеогидрологических реконструкций. Мы имеем дело с принципиально иным физическим процессом, размерность которого на несколько порядков превышает гидравлические параметры даже самых мощных современных водотоков.

Дилювиальные (паводковые) дюны (гигантская рябь течения) — это активные русловые формы, образующиеся в околотальвеговых участках пристержневых

частей дилювиальных потоков. Дилювиальные (паводковые) дюны являются морфологическим и генетическим макроаналогом мелкой песчаной ряби.

В бывшем СССР этот рельеф был открыт на Алтае, причем открыт, так сказать, дважды. В конце 50-х годов Г. Ф. Лунгерсгаузен и О. А. Раковец [15] первыми дали верное объяснение «загадочному» грядово-западинному рельефу в Курайской впадине (рис. 3). Гигантские знаки ряби течения, писали эти исследователи, свидетельствуют о мощных плейстоценовых течениях воды из котловины. Это, безусловно революционное для отечественной геологии открытие поставил под сомнение Е. В. Девяткин [16] [1]. Он полагал, что этот рельеф является результатом эрозионной переработки огромного флювиогляциального конуса. Б. А. Борисов и Е. А. Минина, последовательные противники флювиального происхождения гигантской ряби течения, полагали, что гряды, показанные на рис. 3, относятся к фации ребристой (сетчато-ячеистой) морены. Любопытно, что эти исследователи называли таким образом не только гигантские знаки ряби Алтая и Тувы, но и настоящую ребристую морену, действительно широко развитую в этих регионах [17]. Окончательно это открытие «закрыл» П. Окишев, который утверждал и утверждает до сих пор, что обсуждаемый рельеф в Курайской впадине — это: 1) «инверсионный рельеф» маргинальной водно-ледниковой аккумуляции [18] и 2) — «моногрядовая и полигрядовая» (!) конечная морена [19 с. 36]. Первое положение было защищено автором «инверсионного рельефа» в 1984 г. в докторской диссертации. Однако уже в это время в научной литературе вновь появились статьи, подтверждающие первоначальную гипотезу геологов ВАГТа [3 и др.].

В плане гигантские знаки ряби представляют собой систему вытянутых слабоизвилистых гряд серповидной формы, ориентированных субперпендикулярно простиранию долин. Межгрядовые понижения имеют обычно мульдообразную форму и разделены небольшими перемычками. Выпуклые части серповидных гряд обращены навстречу течению палеопотока (рис. 4). Длина гряд коррелирует с их высотой и достигает первых километров (Курайская впадина). Самой малой протяженностью (30—60 м) обладают паводковые дюны в Центральном Алтае, на участке Малый Яломан-Иня по чуйскому тракту, и в депрессии оз. Кара-Кёль в западной части Курайской котловины. Максимальная длина волны гряд отмечена на правобережье р. Тетё — около 200 м при превышении над межгрядовой западиной в 15 и более метров. Высота и длина знаков ряби, а также длина волны отражают динамику соответствующих потоков.

В строении гигантских знаков ряби участвуют галечниково-мелковалунные отложения с присутствием (около 5—10%) крупнозернистых полимиктовых песков. Обломочный материал обладает слабовыраженной диагонально-косой слоистостью, в целом согласной падению дистального слоя. Такая слоистость характерна и для гигантских знаков ряби Северной Америки. Для мелкой песчаной ряби этот факт отмечен во многих работах.

Крупнообломочный материал почти во всех местонахождениях рельефа гигантской ряби характеризуется хорошей и средней окатанностью. Исключение составляет обнаруженный недавно грядовый рельеф в урочище Кара-Кёль в западной части Курайской впадины, примыкающей к правому склону трога р. Маашей (рис. 3). Здесь два поля гигантской ряби течения, расположенные в 500 м друг от друга, ориентированы в противоположные стороны. Внешнее поле, находящееся у невысокого водораздельного хребта между долиной Чуи и бассейном ур. Кара-Кёль, точно привязано к дилювиально-эрозионным ущельям заплеска палеопотоков из долины Чуи вверх на плато Ештыккёль. Тальвеги ущелий и описываемый

[1] Е. В. Девяткин писал автору этой статьи в конце 1993 г., что он никогда не настаивал на своей точке зрения по этому вопросу и высказывал лишь альтернативное предположение, которое уже в 80-х годах пересмотрел в пользу дилювиального происхождения грядового рельефа на Алтае. Я считаю своим долгом добавить, что во многом именно работы Е. В. Девяткина по Юго-Восточному Алтаю и Монголии, пусть ошибочные в некоторых позициях и интерпретациях с высоты сегодняшнего опыта, подвигли многих молодых людей 60-х и 70-х годов посвятить свою жизнь исследованиям кайнозоя гор Внутренней Азии.

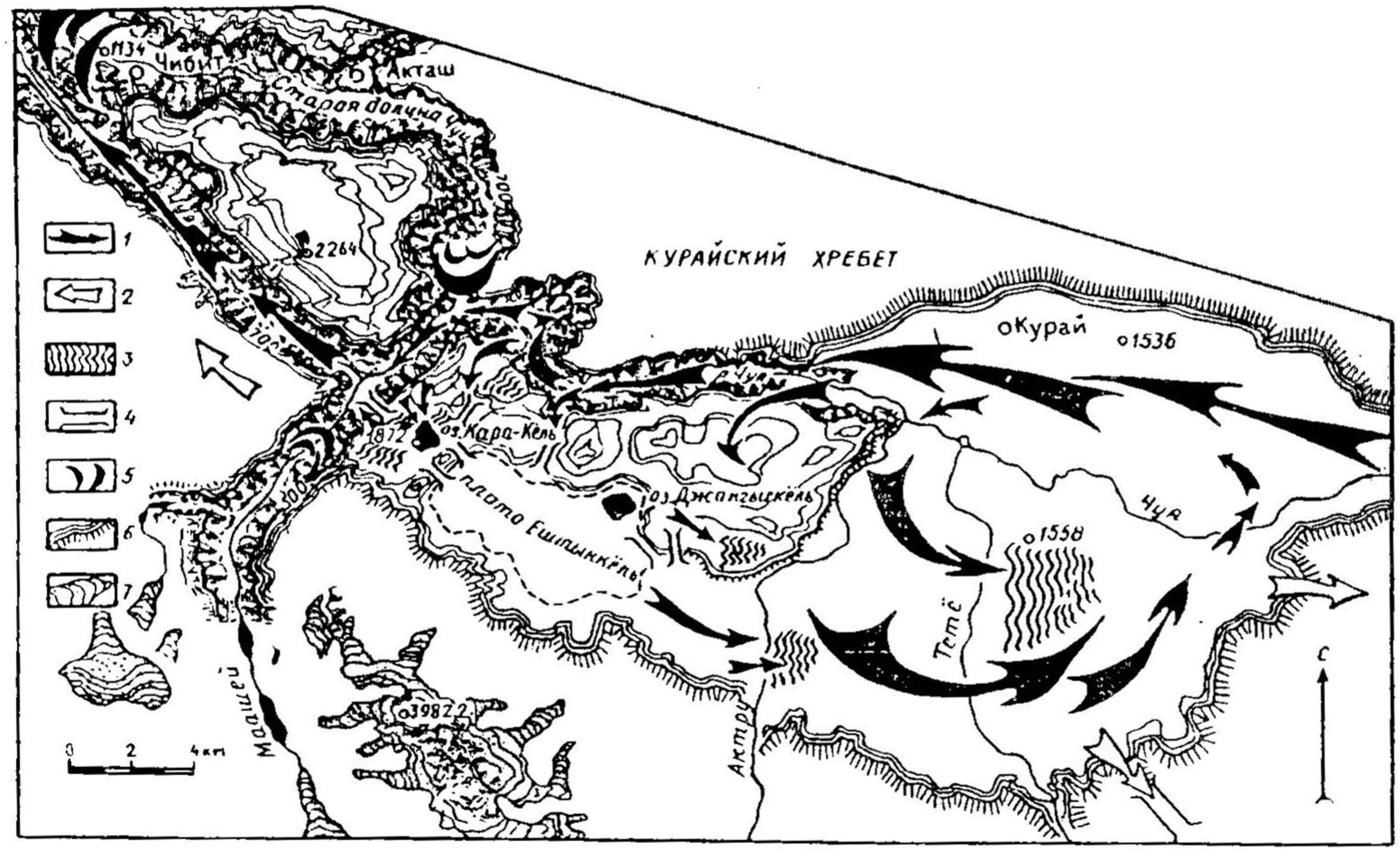

Рис. 3. Палеогидрологическая схема Курайской межгорной впадины (13,5 тыс. л. н.)
1 — направление дилювиальных потоков, *2* — возможное направление дилювиальных потоков, *3* — участки развития полей гигантской ряби течения, *4* — спиллвеи, ущелья прорыва и заплеска, *5* — конечные морены, *6* — склоны котловины, *7* — современные ледники

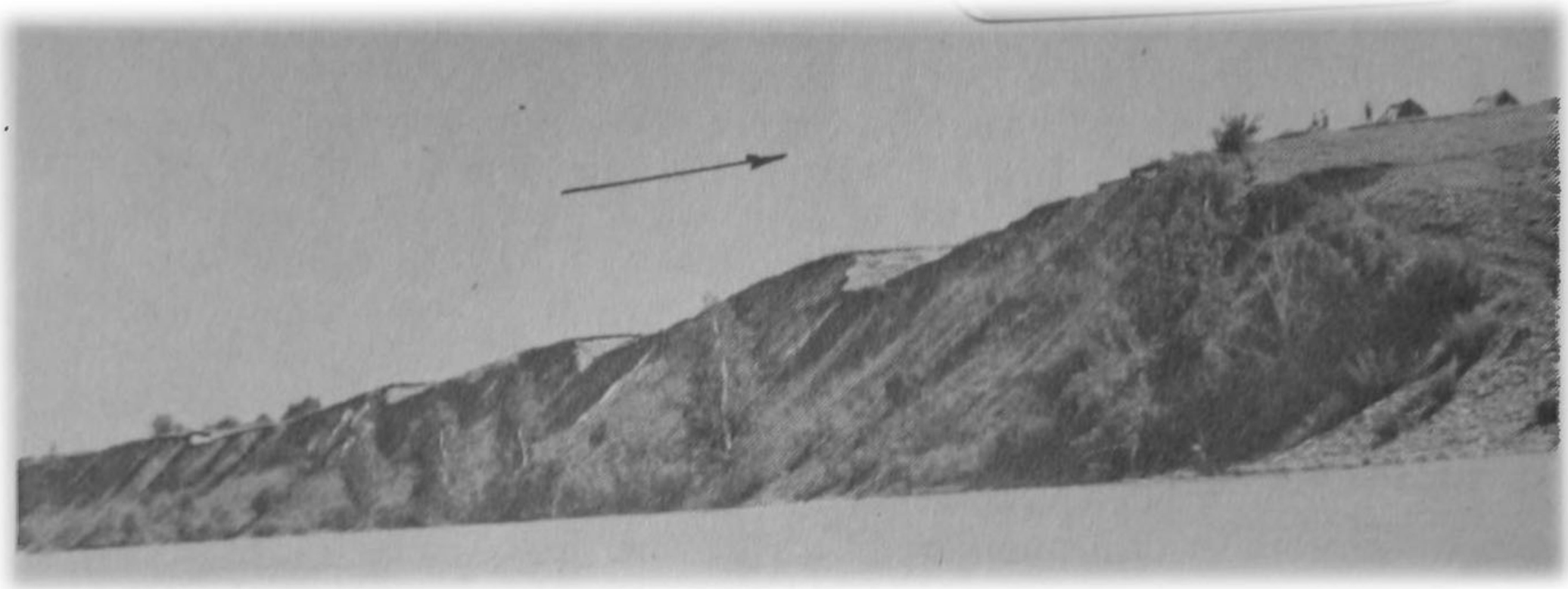

Рис. 4. Гигантские знаки ряби течения на левобережье р. Катунь в предгорьях Алтая в районе с. Платово (для масштаба на поверхности паводковых дюн установлены палатки)
Стрелкой показано направление течения древнего потока

участок ряби усеяны крупными угловатыми обломками гранодиоритов и долеритов, не встречающихся в коренном залегании на Северо-Чуйском хребте, и глыбами девонских осадочных пород. Высота гребней относительно межгрядовых понижений равна здесь 120—130 см, выпуклые части дюн направлены на запад, где в невысокой скальной перемычке между ур. Кара-Кёль и депрессией оз. Джангыскёль, открывающейся в Курайскую котловину, грядовому рельефу соответствуют глубокие узкие долины прорыва.

Паводковые дюны внутреннего поля ряби, заключенного между оз. Кара-Кёль и возвышенным педиментом Северо-Чуйского хребта, ориентированы в обратную сторону, к долине р. Маашей. Вероятно, долины заплеска и спиллвеи использовались неоднократно, а пространственное взаимоотношение дилювиально-эрозионных и дилювиально-аккумулятивных форм свидетельствует о мощных йокульлаупах из Чуйско-Курайской системы ледниково-подпрудных озер, не только трансформировавших основную долину стока, но и генерировавших неоднократные заплески воды на приводораздельные ступени, а также гигантские водовороты и обратные течения.

Строение гигантских знаков ряби в урочище Ештыккёль аналогично таковому в центральной части Курайской впадины и на участках Малый Яломан и Платово [11] за одним исключением: обломочный материал всех размерностей в ряби ур. Ештыккёль совершенно не окатан.

Несколько лет назад, когда описываемый рельеф почти все исследователи в нашей стране перестали, наконец, именовать мореной, т. е. когда гигантские знаки ряби течения получили свое верное, диллювиальное, объяснение (Барышников, Бутвиловский, Гросвальд, Рудой и др.), некоторое недоумение естествоиспытателей вызывала необычная ориентировка дилювиальных дюн в Курайской котловине. Согласно этой ориентировке, направление четвертичных дилювиальных потоков из котловины было обратным современному направлению Чуи. Другими словами, огромные массы воды, как уже было сказано, изливались в сторону Монголии. Как показали расчеты [13], объем современного ледникового стока в бассейне верхней Чуи составляет в среднем около 0,3 км^3/год. В первую, максимальную, фазу последнего оледенения (около 60 тыс. лет назад) он составлял около 8,8 км^3/год, во вторую —18—20 тыс. лет назад — около 8,5 км^3/год. Другими словами, в ледниковый максимум вюрма объем талого стока с ледников Юго-Восточного Алтая был почти в 30 раз больше современного. Для заполнения Чуйской котловины до горизонтали 2200 м (предельный уровень однозначно дешифрируемых древних береговых линий) потребовалось бы, исходя из объема котловины, всего сто лет. Курайская котловина должна была заполняться до этих отметок втрое быстрее. Поэтому до выравнивания уровней озер сток воды должен был быть направлен из Курайской котловины на восток, в бассейн заполняющейся водой Чуйской впадины [13].

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, меняются участки активной донной и боковой эрозии, прибрежной и иной аккумуляции. 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. 3). Можно добавить, что предложенное объяснение не является откровением для гидрологов (например, [20]), но может оказаться небезынтересным для специалистов в области динамической геологии и геоморфологии. Разумеется, оба сценария не исключают друг друга.

Первые анализы минералогии песчаной фракции гигантских знаков ряби показали, во-первых, почти полное отсутствие акцессорных минералов и, во-вторых, весьма слабую окатанность зерен. Это не характерно для аллювия, но может оказаться одним из диагностических признаков дилювия. Последнее особенно актуально при отсутствии морфологической корреляции (т. е. при погребенном состоянии толщи).

Наряду с дилювиально-аккумулятивными террасами и валами гигантские знаки ряби течения являются исключительными доказательствами катастрофических прорывов огромных ледниково-подпрудных озер. Если ущелья прорыва, спиллвеи и другие дилювиально-эрозионные формы скейбленда можно ошибочно диагностировать с иных генетических позиций, то в наборе с описанными аккумулятивными образованиями их дилювиальная интерпретация не вызывает сомнений.

Палеогидрология и гидравлика

Суммарный объем котловинных ледниково-подпрудных озер на Алтае в максимумы трансгрессий составлял не менее 5—6 тыс. км^3, их суммарная площадь — около 25 тыс. км^2. Объем самой большой, Чуйско-Курайской озерной системы был не менее 1000 км^3 при общей площади до 10 тыс. км^2. Обнаруженные в последние годы на абсолютных отметках более 2400 м новые перевалы-спиллвеи из Курайской и Чуйской впадин в бассейны Чаган-Узуна и Башкауса соответственно, а также комплекс дилювиальных валов на еще больших высотах, показывают, что пиковые объемы воды в этих впадинах превышали вышеуказанные и могли составлять в сумме около 3500 км^3, т. е. гораздо больше максимальных объемов плейстоценового ледниково-подпрудного озера Миссула в Америке, считавшегося ранее самым большим среди приледниковых озер.

Исходя из приведенных выше оценок объема талого стока с плейстоценовых ледников, Курайское и Чуйское озера наполнялись до отметок 2200 м в среднем раз в сто лет, после чего происходило их опорожнение.

Характерные для горных систем Центральной Азии обширные межгорные котловины, окруженные высокими хребтами, в ледниковое время представляли собой систему сообщающихся водоприемников, сток из которых осуществлялся по крупнейшим дренажным системам, на Алтае — по долинам Чуи, Катуни, Чулышмана, Башкауса и Бии. В случае повышенной мощности льда в устьях каналов стока регулирование водозапасов в водоприемниках происходило путем частичной водоотдачи через дренажные каналы низших порядков — перевальные седловины-спиллвеи — в соседние бассейны. Сброс части под Чуйского озера через спиллвей Кокоря-Башкаус должен был провоцировать разгрузку системы

Улаганских озер. Прорывы Чуйско-Курайских или Уймонских озер вызывали опорожнение Яломанской впадины. Все эти озерно-дренажные системы были чрезвычайно динамичными, каждый очередной сброс или всех озерных вод, или их излишков немедленно компенсировался за счет интенсивного талого стока с ледников горного обрамления.

Короткопериодические опорожнения и заполнения котловин (озерно-ледниковые микроритмы) накладывались на озерно-ледниковые макроритмы (длительность существования ледниково-подпрудных озер, соразмерная продолжительности ледниковых эпох [11]) на всех этапах эволюции озер за исключением случаев, когда поверхность последних вовлекалась в область питания ледников и возникали «наледные» ледоемы [21]. На начальных и конечных стадиях оледенений, когда ледниковые плотины были неустойчивы, опорожнения происходили за счет их прорыва либо всплывания. В остальных случаях, как сказано, излишки вод сбрасывались через спиллвеи, а также поверх ледниковых плотин, которые в итоге опять-таки прорывались.

В каналах стока из некоторых котловин до сих пор сохранились остатки морен, поэтому, очевидно, спуски, в частности, Курайского и Чуйского озер в направлении магистральных долин происходили главным образом по внутри- и окололедниковым каналам, а также под ледяными плотинами. Полного уничтожения плотин при систематических сбросах озерных вод при таком механизме опорожнения могло и не происходить. Так, например, было сброшено в сентябре 1982 г. озеро Стрэндлайн на Аляске объемом 7×10^8 м^3. После спуска озера каналы стока оставались открытыми около года, после чего вновь закрылись [22]. После прорывов оз. Абдукагорского на Памире непосредственно ниже разрушенной плотины сохранились фрагменты как подпруживавшего озеро ледника Медвежьего, так и фронтальные морены ниже расположенного ледника Русского географического общества. Зато еще ниже по течению Ванча долина на большом протяжении оказалась полностью вычищенной гляциальными паводками.

Первые определения расходов йокульлаупов оз. Миссула для различных участков проводились по известным в гидрологии формулам Шези и Маннинга. Полученные результаты были грандиозны: от 2 до 10×10^6 м^3/с. Тем не менее, неопределенность коэффициента шероховатости в этих формулах приводила к большой неточности. В. Бейкер на основании статистического анализа большого количества натурных данных вывел эмпирические зависимости между размерами гряд и глубиной и скоростью суперрек, в руслах которых формировались гигантские знаки ряби [23]:

$\overline{H} = 0{,}923\ \overline{V}^{0{,}455}$; $\overline{B} = 37{,}8\ \overline{V}^{0{,}348}$; $\overline{B} = 8{,}24\ D^{0{,}87}$, где $\overline{H}$ — средняя высота ряби, $\overline{B}$ — средняя длина волны, D — глубина потока над полем ряби и $\overline{V}$ — средняя скорость воды.

Согласно этим формулам, на участке Платово в предгорьях Алтая были получены скорости потока 14 м/с, глубины потока около 40 м и расходы воды с учетом современной морфологии долины не менее 560 000 м^3/с. Этот участок находится почти в 300 км от возможных мест прорыва. Здесь водный поток сильно распластывался. В горах скорости и глубины суперрек были гораздо больше. На участке Малый Яломан — Иня, согласно зависимостям Бейкера, были получены глубины потока более 400 м, скорости — около 30 м/с, а расходы, соответственно, более 1 млн. м^3/с.

Анализируя рельеф гигантской ряби в Курайской котловине, нельзя не заметить, что глубины потока над полем ряби были гораздо больше, чем предполагают расчеты Бейкера. Курайская рябь встречается на отметках 1540—1600 м, в то время как уровень Курайского озера достигал по крайней мере 2100 м. Правда, момент формирования ряби совсем не обязательно увязывался со временем полного наполнения водоема. По самым последним данным (П. Э. Карлинг, письменное сообщение, 1994) гидравлические параметры над полем гигантской ряби в Курайской впадине, в междуречье рр. Актру и Тетё — обширной зоне обратных течений, рассчитанные способом компьютерного моделирования по множествен-

ным геодезическим и гранулометрическим измерениям, составляли: глубина потока — 80 м, скорость воды — 12 м/с и расходы от 0,2 до 1,8 $\times 10^6$ м^3/с на разных этапах формирования грядового рельефа. Как отмечалось выше, гидравлические параметры потока в зонах обратных течений не отражают максимальные характеристики потока на стрежне, где скорости и глубины воды были гораздо больше [2] и сейчас рассчитываются.

По материалам российско-американской экспедиции 1991 г. были вычислены расходы прорывных потоков из Чуйско-Курайской системы ледниково-подпрудных озер на участке Курай-Акташ [24]. В гидрологических расчетах профилей водной поверхности использовалась компьютерная программа HEC-2 [25]. Ход вычислений основывался на решении уравнения одномерной энергии, выведенного из уравнения Бернулли для устойчивого, постепенно меняющегося течения. Вычисленный максимальный расход воды для Чуйско-Курайского йокульлаупа составил 18 $\times 10^6$ м^3/с. Эта оценка превышает таковую для максимального расхода дилювиального потока из ставшего уже хрестоматийным оз. Миссула, который ранее рассматривался как самый крупный паводок на Земле.

Наличие потоков с такими расходами, предполагающими катастрофический прорыв, разламывание ледниковых плотин, не препятствует сценарию множественных йокульлаупов с расходами порядка 1 млн. м^3/с и связанных с повторяющимися заполнениями и опорожнениями ледниково-подпрудных озер. Более того, такие регулярно повторяющиеся, «заурядные», потоки, которые все же были очень велики, могли оказывать на земную поверхность и климат более сильное влияние благодаря уже не столько своей мощности, сколько периодичности, чем супермощные, феноменальные, но единичные йокульлаупы.

Строение скейбленда показывает, что катастрофические гляциальные суперпотоки совершали огромную геологическую работу в поразительно короткие сроки. Для прохождения всего объема воды из Чуйского и Курайского озер на пике гидрографа через проанализированный участок долины Чуи (по продольному профилю между пос. Чибит и т. н. Золотаревской будкой) потребовалось бы, имея в виду приведенные выше цифры, всего около 10 минут.

Такие потоки имели чрезвычайно высокие напряжения сдвига ложа. При кульминациях йокульлаупов глубины паводков превышали 400 м, скорости варьировали от 20 м/с (субкритические участки) до 45 м/с (суперкритические участки). Напряжения сдвига ложа составляли от 5000 Н/м^2 (субкритическое) до 20 000 Н/м^2 (суперкритическое), а мощность потока на единицу ложа равнялась от 10^5 до 10^6 Вт/м^2. В Лаборатории палеогидрологического и гидроклиматического анализа Аризонского университета было установлено, что для формирования главных черт рельефа изрезанных земель Колумбийского плато при расходе паводка из оз. Миссула в 17 $\times 10^6$ м^3/с потребовалось бы не более 3 часов [26]. Для совершения адекватной работы такой реки, как Миссисипи в ее половодном режиме, потребовалось бы по крайней мере 30 тыс. лет. Сравнение энергии четвертичных гляциальных паводков Центральной Азии с потенциальной работой, например, Оби, дадут результаты никак не менее впечатляющие. Это были самые крупные известные потоки пресной воды на Земле.

Хронология и обсуждение

Площади аккумуляции ледников растут с понижением границы их питания. Однако одновременно или с некоторым запаздыванием будет увеличиваться и общая площадь оледенения, а значит, и величина талого стока в ее абсолютном

[2] — но не 100 м/с, как пишет В. В. Бутвиловский, доказывающий эту цифру довольно странным образом [12, с. 151]. Он пишет, что «струя воды, пущенная с такой скоростью, испарится, но толща воды в 200—400 м мощности этого сделать не сможет, во всяком случае грандиозный скейбленд Курайской впадины выработан, наверное, не паром, а под водой»! Да, уж, наверное, не паром, а водой, но только со скоростями и глубинами, рассчитанными выше. В целом же, на наш взгляд, каждая идея должна иметь своих экстремистов. Это привлекает к идее внимание. К экстремистам, впрочем, тоже.

выражении. В ледниковые эпохи, при значительных, более 1000 м на Алтае, депрессиях снеговой линии в отрезки времени порядка стадий и выше, существенно вырастали и расходные статьи ледников относительно исходных или современных, и талый сток опять-таки увеличивался относительно современного или исходного. Отсюда следует, что межгорные котловины, имеющие по одному узкому и глубокому каналу стока, в ответ на ледниковое подпруживание немедленно отвечали концентрацией талых вод в котловинах [13].

Это — важная теоретическая посылка, устанавливающая причинно-следственную связь между трансгрессиями озер и ростом оледенения, исходя из которой мы вправе синхронизировать рост и деградацию тех и других на основных этапах их эволюции и из этих соображений оценивать возраст и длительность существования ледниково-подпрудных озер. В горах Южной Сибири последняя составляла в среднем и позднем плейстоцене не менее 100 и 50 тыс. лет соответственно (озерно-ледниковые макроритмы). Поэтому ледниково-подпрудные озера в горах существовали всегда, когда оледенение становилось достаточно большим, чтобы блокировать межгорные впадины.

Максимальные трансгрессии озер, т. е. максимальные запасы талых вод в межгорных впадинах, по времени совпадали с максимумами оледенений. Однако именно в это время ледниковые плотины были настолько мощными, что маловероятно, чтобы озера прорывались с той околовековой периодичностью, о которой говорилось выше. Регулярные катастрофические сбросы озер должны были происходить на начальных и конечных стадиях оледенений, когда ледяные плотины были неустойчивы. При кульминациях же четвертичных оледенений более чем километровая депрессия снеговой линии приводила к консервации водоемов, которые превращались в «наледные» ледоемы [21]. В эти временные интервалы озера, погребенные под озерными, наледными и глетчерными льдами, а также под снежно-фирновой толщей, тысячелетиями не вскрывались и не прорывались вообще.

Реконструкция размеров Курайского и Чуйского ледниково-подпрудных озер проводилась преимущественно по сохранившимся озерным террасам. Очевидно, что древние береговые линии не могут фиксировать самые большие запасы воды в котловинах. В максимумы трансгрессий в береговой зоне разрушались в основном ледники подножий и «шельфовые» ледники из питающих котловины долин. Это были озера в ледяных ваннах, почти (а может быть и вообще) не оставившие материальных следов в котловинах, потому что стенки этих «ванн» в процессе деградации оледенения растаяли.

С такой же мерой точности мы можем рассуждать и о количестве «суперпрорывов» Чуйско-Курайской озерной системы, имевших расходы более 10 млн. $м^3/с$. Такие, максимальные, расходы рассчитывались для случаев, когда озера сбрасывали весь объем воды. Материалы по современным прорывам приледниковых озер показывают, что полное их опорожнение происходит значительно реже, чем сбросы части воды при самых различных механизмах деформации ледяных плотин. Поэтому наиболее вероятным для обсуждения представляется предложенный выше сценарий редких, единичных (может быть, даже — единичного) феноменальных йокульлаупов с расходами более 10 млн. $м^3/с$ на фоне систематических, с околовековым периодом, прорывов ледниково-подпрудных озер с расходами менее 1 млн. $м^3/с$. Понятно, что границы пока достаточно условны.

Понимая синхронность дилювиальных процессов с начальными и конечными стадиями оледенений, нужно понимать также и то, что строение скейбленда, которое можно наблюдать сегодня, обусловлено все же работой последних йокульлаупов из последних ледниково-подпрудных озер, прорванных во время последней дегляциации.

Сейчас имеется несколько радиоуглеродных датировок из различных районов Алтая от предгорий до высокогорных котловин (они приведены, например, в монографии Г. Я. Барышникова [27]), которые показывают, что последний фено-

менальный катастрофический прорыв Чуйско-Курайской системы ледниково-подпрудных озер, оставивший, в частности, гигантскую рябь в Яломанской и Курайской впадинах, а также на участках Платово-Подгорное, произошел не позднее 13 тыс. назад. После этой геологической даты озера деградировали одновременно с деградацией питающих ледников. Это не исключает, конечно, их прорывов, но гидравлика этих прорывов была, вероятно, не такой грандиозной. Более уверенно сейчас можно говорить, что окончательное исчезновение ледниково-подпрудных озер в котловинах произошло позднее 5 тыс. л. н., когда некогда обширные водоемы распались на ряд небольших озер, реликты которых сохранились в котловинах и поныне [28].

Сейчас человечество переживает одно из межледниковий плейстоценового ледникового периода [29]. Очередное глобальное похолодание вызовет появление ледниково-подпрудных озер там, где сейчас имеются их следы. При этом дилювиальный процесс чрезвычайно активизируется. Оживление дилювиального процесса неизбежно и в случае, если оправдаются некоторые прогнозы о похолодании климата в начале-середине 21-го века. В связи с интенсивным ростом населения и с большими темпами освоения горных территорий возрастает и важность изучения режима ледниково-подпрудных озер, особенно на стадиях опорожнения.

Очевиден и социальный эффект исследования дилювиального процесса. Хотя специалисты-экологи и привлекают наши материалы по прорывам грандиозных горных озер в качестве аналогий с последствиями возможных сейсмических деформаций крупных гидротехнических сооружений на горных реках, кардинальные трансформации природной среды на огромных площадях, которые нами уже неплохо изучены на примере плейстоценовых гляциальных паводков, пока не поражают воображение тех инстанций и правительств, от которых зависит решение вопросов строительства.

Новой страницей в истории изучения скейбленда является открытие дилювиальных форм на Марсе [30]. Марсианские дилювиально-эрозионные каналы гораздо крупнее земных. Проходившие по ним потоки могли иметь расходы до 10^9 м^3/с. Марсианские паводки происходили в таком масштабе, что, вероятно, оказывали огромное влияние на климат, вызывая при этом ряд связанных с климатом глобальных геоморфологических реакций.

Дилювиальный рельефообразующий процесс, таким образом, является самым мощным плейстоценовым экзогенным процессом. Генерированный оледенением, дилювиальный процесс трансформировал ледниковые и приледниковые территории многих районов Земли и других планет, создавая характерные ландшафты равнинных и горных скейблендов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bretz J. H.* The Channeled Scabland of the Columbia plateau//J. of Geology. Vol. 31. 1923. P. 617—649.
2. *Baker V., Nummedal D.* The Channeled Scabland. N. A. S. A. Planetary Geology Progr. Wach., D. S., 1978. 186 p.
3. *Рудой А. Н.* Гигантская рябь течения — доказательство катастрофических прорывов гляциальных озер Горного Алтая//Современные геоморфологические процессы на территории Алтайского края. Бийск, 1984. С. 60—64.
4. *Бутвиловский В. В.* Катастрофические сбросы вод ледниково-подпрудных озер Юго-Восточного Алтая и их следы в рельефе//Геоморфология. 1985. № 1. С. 65—74.
5. *Гросвальд М. Г.* Последнее оледенение Саяно-Тувинского нагорья: морфология, интенсивность питания, подпрудные озера//Взаимодействие оледенения с атмосферой и океаном. М.: Наука, 1987. С. 152.
6. *Мацера А. В.* Рельефообразующая роль оледенения Восточного Саяна//Геоморфология. 1993. № 3. С. 84—92.
7. *Rudoy A. N., Baker V. R.* Sedimentary effects of cataclysmic late pleistocene glacial outburst flooding, Altay Mountains, Siberia//Sedim. Geol. Vol. 85. 1993. P. 53—62.
8. *Рудой А. Н., Бейкер В. Р.* Палеогидрология скейбленда Центральной Азии//Материалы гляциол. исследований. М., 1994. Вып. 80. С. 3—16.
9. *Рудой А. Н.* Дилювий: процесс, терминология, рельеф и отложения//Тр. Всесоюзн. сов. по четверт. геологии и археологии. Улан-Удэ, 1986. С. 73—75.

10. *Rudoy A. N.* Fundamentals of the Theory of diluvial Morpholitogenesis//Hum. and Global Changes Quaternary: 13th INQUA Congr., Beijing, 1991. P. 310—311.
11. *Рудой А. Н.* Режим ледниково-подпрудных озер межгорных котловин Южной Сибири//Материалы гляциол. исследований. М., 1988. Вып. 62. С. 36—44.
12. *Бутиловский В. В.* Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1993. 253 с.
13. *Рудой А. Н., Галахов В. П., Данилин А. Л.* Реконструкция ледникового стока верхней Чуи и питание ледниково-подпрудных озер в позднем плейстоцене//Изв. ВГО. 1989. Вып. 2. Т. 121. С. 236—244.
14. *Pardee J. T.* Unusual currents in glacial Lake Missoula, Montana//Geol. Sol. Am. Bull. 1942. Vol. 53. PP. 1569—1600.
15. *Лунгерсгаузен Г. Ф., Раковец О. А.* Некоторые новые данные о стратиграфии третичных отложений Горного Алтая//Тр. ВАГТ. 1958. Вып. 4. С. 79—91.
16. *Девяткин Е. В.* Кайнозой Внутренней Азии. М.: Наука, 1981. 196 с.
17. *Борисов Б. А., Минина Е. А.* Ребристые основные морены гор Южной Сибири и их значение для стратиграфии и палеогеографии плейстоцена//Четвертичная геология и геоморфология. М.: Наука, 1980. С. 21—23.
18. *Окишев П. А.* Динамика оледенения Алтая в позднем плейстоцене и голоцене. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1982. 209 с.
19. *Окишев П. А., Петкевич М. В.* Горный Алтай//Рельеф Алтае-Саянской горной области. Новосибирск: Наука, 1988. С. 6—39.
20. *Carling P. A.* Hydrodynamic models of boulder berm deposition//Geomorphology. 1989. Vol. 2. P. 319—340.
21. *Рудой А. Н.* Ледоемы и ледниково-подпрудные озера Алтая в плейстоцене//Изв. ВГО. 1990. Вып. 1. Т. 122. С. 43—52.
22. *Sturm M., Benson C.* A History of jökulhlaups from Strandline Lake Alaska, U. S. A.//J. of Glaciology. 1985. Vol. 31. No. 109. P. 272—280.
23. *Baker V. R.* Paleohydrology and sedimentology of Lake Missoula flooding in eastern Washington. Geol. Soc. of Am. Special Paper, Vol. 144. 79 p. 1973
24. *Baker V., Benito G., Rudoy A.* Paleogydrology of late Pleistocene Superflood, Altay Mountains, Siberia//Science. 1993. Vol. 259. P. 348—350.
25. *Feldman A. D.* HEC models for water resourches system simulation: theory and experience. Advances in Hydrosciences. N. Y., 1981. P. 297—423.
26. *Baker V. R., Banker R. C.* Cataclysmic Late Pleistocene Flooding from Glacial Lake Missoula: A Review//Quarternary Science Reviews. 1985. Vol. 4. P. 1—41.
27. *Барышников Г. Я.* Развитие рельефа переходных зон горных стран в кайнозое (на примере Горного Алтая). Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1992. 182 с.
28. *Рудой А. Н.* О возрасте тебелеров и времени окончательного исчезновения ледниково-подпрудных озер на Алтае//Изв. ВГО. Вып. 4. Т. 120. С. 344—348. 1988
29. *Котляков В. М., Гросвальд М. Г., Кренке А. Н.* Климат Земли: прошлое, настоящее, будущее. М.: Знание, 1985. 52 с.
30. *Baker V. R.* The Spokane Flood Controversy and the Martian Outflow Channels//Science. 1978. Vol. 202. P. 1249—1256.

Томский государственный университет

Поступила в редакцию
22.11.94

GEOMORPHIC EFFECT AND HYDRAULICS OF THE LATE PLEISTOCENE JOKULHLAUPS OF ICE-DAMMED LAKES IN THE ALTAI

A. N. RUDOI

Summary

Catastrophic floods released from enormous Pleistocene glacial lakes transformed essentially the former topography and created an assemblage of erosional and depositional landforms, a kind of alpine scablands, not unlike to the Channeled Scabland of North America. At their peak discharge, the glacial foods due to outbursts of the Chuya-Kurai system of the ice-dammed lakes were about 1 to 18 mln. cub. m per second. Those were the greatest fresh water flows known on the Earth.