

28. *Орехов А.А.* Древняя культура северо-западного Беринговоморья. М.: Наука, 1987. 176 с.
29. *Mason O.K., Jordan J.W., Plug L.* Late Holocene Storm and Sea-Level History in the Chukchi Sea // Journ. Coast. Research. 1995. Sp. Iss. № 17. Holocene Cycles: Climate, Sea Levels and Sedimentation. P. 173–180.
30. *Mason O.K., Hopkins D.M., Plug L.* Chronology and paleoclimate of storm-induced erosion and episodic dune growth across cape Espenberg spit // Journ. Coast. Research. 1997. V. 13. № 3. P. 798–812.
31. *Orford J.D., Carter R.W.G., Jennings S.C., Hinton A.C.* Processes and timescales by which a coastal gravel-dominated barrier responds geomorphologically to sea-level rise: Story Head barrier, Nova Scotia // Earth surface processes and landforms. 1995. V. 20. № 1. P. 21–37.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
29.01.99

RECENT DEVELOPMENT OF GRAVEL BARRIERS ON THE COAST OF EASTERN CHUKOTKA: IMPLICATIONS TO PRESENT AND POSSIBLE FUTURE SEA-LEVEL RISE

P.A. KAPLIN, A.V. POROTOV

S u m m a r y

Recent morphodynamic of some types of coarse clastic-deposit barriers are considered on the base of comparative study of natural features, historical and archaeological data. The evolution of such types of barriers during recent sea-level rise mostly depends on the type and coarseness of beach sediments. Some peculiarities of coast evolution in Late Holocene have been characterized.

УДК 551.435.1:551.435.5(235.222)

© 2002 г. А.В. ПОЗДНЯКОВ, Л.А. ОКИШЕВ

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ДОННЫХ ГРЯД И ВОЗМОЖНЫЙ ГЕНЕЗИС "ГИГАНТСКОЙ РЯБИ" КУРАЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ АЛТАЯ¹

Одними из первых исследователей, чей интерес вызвали гигантские гряды на террасах и в пределах аккумулятивных равнин в долинах алтайских рек Катунь и Чуй, были Г.Ф. Лунгерсгаузен и О.А. Раковец [1], которые предположили флювиальный генезис этих форм. По их мнению, "гигантская рябь" – это следы мощной пра-Чуи, протекавшей в восточном направлении.

Современные представления о генезисе алтайских гряд [2–6] сводятся к тому, что эти формы являются прямым доказательством неоднородно происходивших здесь катастрофических паводков. Феномен сохранившихся позднечетвертичных гигантских грядовых форм, по мнению данных авторов, русловых, и выводы о катастрофических паводках, формировавшихся вследствие прорыва подпружных ледниковых или селевых плотин, получили широкую известность не только в нашей стране, но и за рубежом [7–9]. Как российские, так и зарубежные ученые считают, что курайские гряды и подобные им морфологические образования в других районах Горного Алтая есть не что иное, как сохранившиеся следы русловой деятельности поистине гигантского руслового потока с расходами воды более 700000 м³/с, глубиной более 40 м, шириной 2–3 км и скоростью течения более 8 м/с [8]. Согласно В.В. Бутвиловскому [2], глубины потока превышали 50 м, скорости течения достигали 25 и даже 58 м/с!

Удивляет в этих работах то, что не рассматриваются альтернативные варианты генезиса гряд, не увязывается их развитие с другими процессами: эти исследования игнорируют теоретические основы гидродинамики, позволяющие определить возможности образования русловых грядовых форм решением обратной гидродинамической задачи.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 01–05–65151).

Вышеназванные авторы в своих выводах опирались на методологически недопустимые в научном исследовании логические построения – ложный силлогизм (антиномии). Их рассуждения таковы: курайские гряды морфологически подобны ряби, формирующейся течением водных потоков, следовательно, они ими и создавались; параметры же потока должны соответствовать параметрам гряд и гранулометрическому составу слагающих их отложений. На основе этих суждений с помощью несложных расчетов делается вывод: "Максимальные расходы воды при прорывах крупнейших в горах Алтая Чуйского и Курайского ледниково-подпрудных озер составляли около 18 млн. м³/с. Мгновенные скорости потока превышали 40 м/с, а глубины суперпаводка достигали 400 м. Это были самые крупные известные потоки пресной воды на Земле" [4, с. 30].

При этом, очевидно, не учитывается то обстоятельство, что сопротивление движению воды растёт пропорционально росту скорости ее течения. Даже при свободном падении в неподвижном воздушном пространстве (по теоретическим расчетам) из-за сопротивления воздуха ускорение свободного падения капель воды (и даже шрапнели, сброшенной с высоты 2000 м) убывает до нуля при достижении скорости движения 55 м/с. Согласно же проводившимся опытам капли воды падают со скоростью 8–10 м/с.

Наши замечания как к представлениям о механизме формирования "гигантской ряби", так и к выводам, касающимся реконструкции палеогидрологических и палеогеоморфологических процессов, базируются на теоретическом анализе и обобщении, а также на фактическом материале, полученном в результате многолетних экспедиционных исследований грядового рельефа Алтая [10, 11] и при изучении закономерностей эрозионно-аккумулятивных процессов на горных и равнинных реках Дальнего Востока [12, 13].

Река – природный автомат

Скоростное поле руслового потока находится во взаимообуславливаемой связи с крупностью руслоформирующего аллювия в виде соотношения его скорости течения v и гидравлической крупности обломочных частиц w . Это соотношение определяет три качественно различающихся поведения обломков в турбулентном потоке.

1. При $v \gg w$ обломочные частицы перемещаются во взвешенном состоянии: это скорости, превышающие 8–10 м/с. Аккумулятивные подвижные формы на дне русла не могут образоваться, и поток, по существу, представляя собой смесь твердых частиц с водой, приобретает качественно иные свойства, например высокую абразивную способность.

2. При $v \geq w$ обломочные частицы перемещаются преимущественно путем сальтации.

3. При $v < w$ обломочный материал перемещается по дну качением и волочением. Именно при данных соотношениях v и w транспортируемый обломочный материал собирается в движущиеся по течению гряды.

Начальным толчком к образованию грядовой формы движения обломочного материала, по нашему мнению, основанному на измерениях скорости течения в придонной части руслового потока, является образование отрывных струйных течений, обусловливаемых неустойчивостью турбулентного потока, закономерно порождающей развитие колебательного процесса. Даже в лотке с гладкими стенками турбулентный поток становится волновым. Волновые эффекты возникают, например, при стекании воды во время дождя по слабонаклонной покрытой асфальтом поверхности и даже на саночных горках. В этих случаях движение воды (или снега, перемещаемого саночником) выражается в дискретно-волновой форме: она не стекает тонким слоем равномерно, а группируется в бегущие друг за другом волны.

Волновые движения руслового водного потока в значительной мере обуславливаются турбулентностью и неровностями дна. Если на дне какого-либо участка русла (рис. 1) случайным образом появляется возвышение, вызывающее сжатие струи и отклонение струй на некоторый угол α по отношению к уклону дна, то помимо увеличения скорости ниже участка сжатия струи будут подходить к поверхности дна под некоторым углом, близким α . Известно, что в таком случае ниже будет наблюдаться возрастание плотности кинетической энергии (вода несжимаема, поэтому физический смысл понятия "сжатие струи" состоит в уменьшении площади поперечного сечения струи за счет увеличения ее скорости). Для турбулентных струйных водных потоков определяющей динамике русловых процессов является их способность к расширению/сжатию вне зависимости от сечения русла. Увеличение скорости течения потока, например, вследствие увеличения уклона дна или уменьшения трения (шероховатости) ведет к самопроизвольному сжатию струи, и ее площадь поперечного сечения становится меньше таковой русла. Эффект самопроизвольного свободного сжатия потока можно наблюдать во

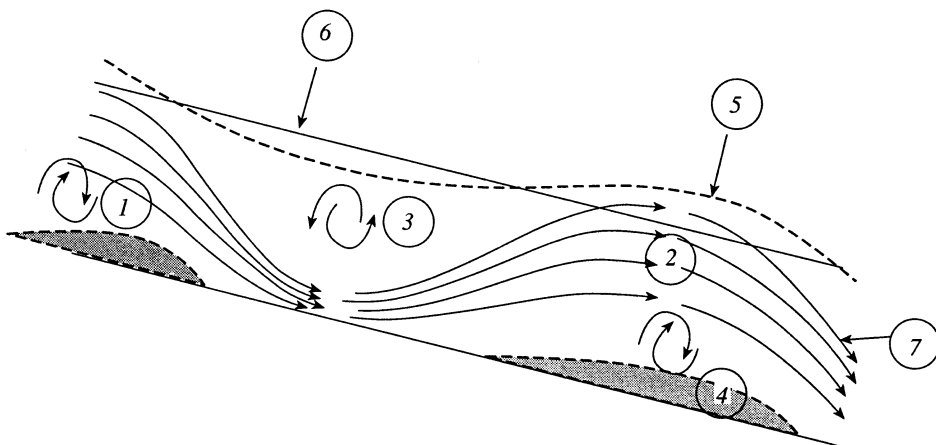


Рис. 1. Схема формирования грядовой формы движения обломочных частиц

1 – участок русла с выступом на дне, вызывающим сжатие струи и увеличение V , 2 – зона образования отрывного течения, 3 – зона формирования сжатой отраженной струи, размыв дна, 4 – зона отрыва струи от дна, декомпрессии, 5 – искривление водной поверхности, 6 – первоначальная водная поверхность, 7 – направление потока

время паводков, когда поверхность потока становится выпуклой. На таких участках происходит врезание потока в поверхность дна с образованием бермы – зачатка поймы. На участке 3 русла (см. рис. 1) максимальная скорость течения – около дна, а минимальная – у поверхности. При этом наблюдается ясно выраженный прогиб поверхности водного потока. Одновременно на этом участке формируется отраженная (от поверхности дна) сжатая струя, и направление ее становится не параллельным дну, а под углом к нему – к свободной поверхности потока. Поэтому струя отрывается от дна (участок 2), а поверхность потока становится выпуклой. Распределение скоростей течения по глубине приобретает нормальный вид: с максимумом на поверхности и минимумом на дне. Более того, в придонной части образуется декомпрессионная зона (участок 4) – зона пониженных давлений (подобная той, которая наблюдается при прохождении ветровых волн), где и начинается аккумуляция обломочных частиц, давая начало формированию гряды. Таким образом, отклонение струй на каком-либо участке дна под углом вызывает образование ниже по течению серии синусоидальных волн – подвижных гряд.

При формировании гряд и особенно при их перемещении наблюдается процесс закономерной дифференциации обломочного материала по гидравлической крупности: в гряде собираются обломки с характеристикой $\omega \geq U_d$ (U_d – скорость на дне), с постепенным изменением к $\omega = U_d$. Крупные обломки замываются ("тонут") за счет аблювиального процесса, а мелкие выносятся на нижерасполагающиеся гряды и отлагаются на участках, где $\omega > U_d$.

Выделяются два типа гряд: неподвижные и перемещающиеся. Неподвижные гряды формируются на участках русла, где длительное время сохраняются условия для образования не смещающейся турбулентной струи. Обычно это участки сужения русла, образовавшиеся естественным путем, например в местах врезания реки в коренные породы, и искусственным – сужения русла на участках мостовых переходов или в устьях затопленных рек. Аккумуляция обломочного материала и формирование гряд происходят в конце турбулентной струи, на участке снижения скоростей течения. При этом в русле, формирующемся в коренных породах, аккумулятивные тела образуются в виде побочных гряд. В таких случаях на участках изгибов русла в паводок ось струи распрямляется (за счет скоростного напора) и смещается к одному из бортов русла. Здесь, на окончании струи и происходит аккумуляция обломочного материала в виде гряды-побочня. В межень побочная гряда осушается, а поток скатывается к одному из бортов русла.

Иначе протекает процесс, если борта русла поддаются размыву. Если сужением потока создаются условия для формирования симметричной турбулентной струи, то по ее оси ниже ядра постоянных скоростей в паводок образуется симметрично построенное аккумулятивное тело – гряда, делящая русло и поток на две части. В межень вследствие этого единый поток делится на два потока, формирующих новые русла, соединяющиеся ниже в главное. Если берега русла сложены легкоразмываемыми породами, то процесс дихотомического деления русла может продолжаться, пока полностью не иссякнет поток в межень.

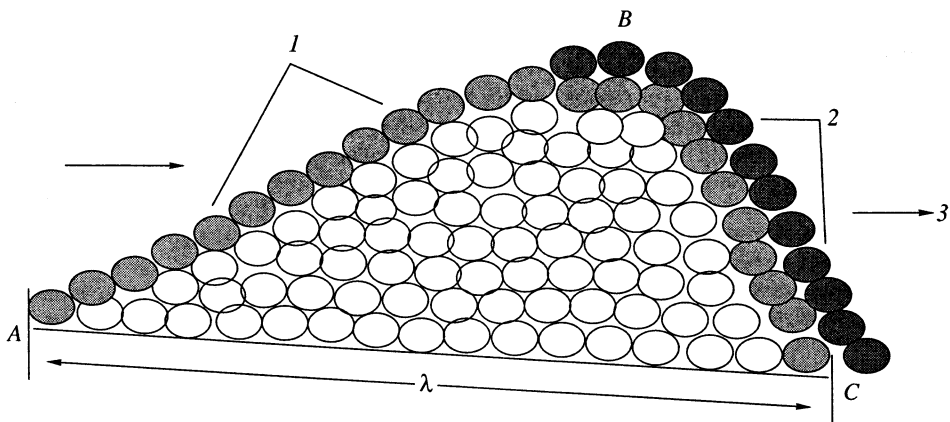


Рис. 2. Схема строения и кинематики подвижной гряды, образуемой водными или воздушными струйными потоками из обломочных частиц пород (поперечный разрез)

λ – длина гряды (волны), равная $\lambda = \sum_A^C d$, где d – диаметр обломочных частиц; ABC – длина описывающей гряду кривой. 1 – слой частиц, удаляемых потоком с дистальной части гряды, 2 – слой частиц, формирующий проксимальную часть гряды (естественный откос), 3 – направление потока

Важным обстоятельством описанного процесса, наблюдаемого повсеместно и проверенного на физических моделях, является то, что аккумулятивные тела, формирующиеся на плесах по осям входящих в них струй, играют определяющую роль в бифуркации русла и формировании пойменной многорукавности и островных пойменных массивов.

Совершенно иные – причины, механизмы формирования и динамика подвижных, перемещающихся донных гряд.

В механике и технике известна и достаточно хорошо описана разновидность качения, названная "бегущим процессом механического типа движения деформируемых тел" [14, 15]. Это так называемые бегущие в одних случаях поперечные, в других – продольные волны деформации. Грядовое движение обломочного материала под воздействием текущей воды или ветра, несомненно, относится к типу бегущей поперечной волны деформации. Гряды при этом следует рассматривать как деформацию поверхности дна в виде поперечной волны – дно изгибается за счет аккумуляции обломочного материала, приобретающего форму волны. Естественно, что волновые деформации поверхности дна и бег волн – не случайные явления, а результат спонтанно организующегося процесса, направленного к достижению минимума затрат энергии на производимую работу в конкретных условиях. В бегущей гряде-волне, сложенной обломочным материалом, как и в качении деформируемого тела или колеса, выделяется часть, находящаяся в неподвижном состоянии, – это подошва гряды, часть поверхности дна (AC – на рис. 2), закрываемая грядой. Механизм перемещения гряд по существу является качением, аналогичным перемещению тракторных гусениц. При качении деформируемого тела часть его точек, соприкасающихся с поверхностью и образующих подошву, находится в потоке, а центр тела смещается в сторону движения (рис. 2). Механизм движения заключается в том, что частицы, слагающие тело, под воздействием лобового давления на них водного/воздушного потока, слой за слоем мощностью, равной их диаметру, перемещаются к гребню волны, где скатываются под действием силы тяжести, образуя склоны крутизной, равной углу естественного откоса.

Грядовое движение обломочного материала – один из видов волнового движения, в данном случае – сыпучих частиц, и к нему применимы законы динамики механических волн. Эти волны можно описать параметрами поперечной волны: длиной волны-гряды (λ), скоростью перемещения волны (c) и периодом движения – T , и применить к ним соотношение $T = \lambda/c$ с вытекающими из него следствиями. Однако движение волн, образуемых водными и воздушными струями из обломочных частиц, имеет отличие от движения (качения) деформируемых тел. Оно состоит в том, что за один период путь, равный длине описывающей гряду кривой (ABC – на рис. 2), пройдут все слагающие ее частицы. И чем большим количеством периодов будут

характеризоваться гряды, тем выше степень сортированности материала по гидравлической крупности. В случае, если форма обломков примерно одинаковая, то происходит и гранулометрическая дифференциация материала.

По длине потока изменение морфометрических характеристик гряд обуславливается изменением скорости течения. В связи с этим участки русла с благоприятными условиями для формирования гряд обычно чередуются с участками, на которых эти условия отсутствуют. Поэтому размеры гряд по длине потока могут постепенно расти, а затем уменьшаться вплоть до полного исчезновения грядовых форм. Если на участке реки уместается N гряд, то, следовательно, последняя на отрезке x гряда испытала NT периодов перемещения и такую же кратность перебива и пересортировки слагающего ее обломочного материала, и, по сравнению с первой, она должна характеризоваться максимально высокой степенью сортированности обломочного материала, что в действительности и наблюдается. В качестве примесей могут присутствовать отмываемые в тело гряды более мелкие частицы. Но это лишь в том случае, если гряды формируются из крупнообломочного материала с большим коэффициентом пористости.

Отмеченная многими исследователями [16, 17] косослоистая структура донных гряд характеризуется малым различием в гидравлической крупности частиц, слагающих соседние слои. По существу это обломки одной фракции, сортирующиеся в пределах небольшого диапазона значений гидравлической крупности, например чередование слоев крупнозернистого и среднезернистого песка.

Данные обстоятельства имеют важное диагностическое значение, в том числе для определения генезиса гряд, понимания процессов дифференциации обломочного материала по гидравлической крупности (не по размеру и весу), для выявления концентрации частиц полезных минералов с формированием россыпных месторождений.

Образование подвижных гряд на дне ведет к существенным изменениям русловой гидродинамики: с образованием гряд происходит увеличение средней скорости течения воды; их появление ведет к существенному уменьшению количества обломочного материала, поступающего со дна, так как сокращается площадь эрозионного воздействия (дно может размываться лишь в межгрядовых понижениях).

Морфология и морфометрия гряд находятся в соответствии со скоростными параметрами потока и характеризуются следующими особенностями.

Относительный показатель размеров гряд (отношение высоты h гряд к их длине λ) определяется преобладающей крупностью обломков и скоростью течения. При этом величина h/λ тем меньше, чем больше скорость v и крупнее транспортируемый обломочный материал, так как в русловой системе, как самоорганизующемся природном автомате, функциональные отношения элементов целесообразны и спонтанно направлены к минимуму расходов энергии при перемещении, пространственном перераспределении и гранулометрической дифференциации вещества. Формирование подвижной гряды – целесообразный процесс. При увеличении количества транспортируемого обломочного материала в русле он направлен к образованию новой, дискретно-волновой формы перемещения. В результате при одном и том же расходе воды возрастает скорость течения потока. Причем величина h/λ регулируется за счет изменения угла наклона дистальной части гряды и, следовательно, ее общей длины.

Следует отметить, что наклон дистальной части гряды и его согласованность с наклоном русла определяется разницей в скорости течения воды и гидравлической крупности транспортируемого материала. Чем больше эта разница, тем меньше наклон дистальной части подвижной гряды и тем больше его согласованность с уклоном дна, вплоть до момента, когда азимуты падения дистальных частей гряд и дна русла совпадают и различаются лишь крутизной – наклон дна больше наклона дистальной части гряды.

Морфологическая характеристика алтайских "гигантских гряд"

Несмотря на растущий интерес к алтайской "гигантской ряби", ее морфологическая характеристика страдает неполнотой данных. В частности, не охарактеризовано строение вершинной поверхности гряд и ее изменение по простиранию, не описаны тальвеги (межгрядовые понижения).

Поперечный профиль. Главной особенностью поперечного профиля курайских гряд является их нехарактерная для высокоскоростных водных потоков асимметричность: отношение высоты h к длине λ гряд составляет 0,1 – величина очень большая. Такая относительная характеристика больше подходит для насыпных, неподвижных аккумулятивных форм, но не

для двигающихся, тем более если полагать, что они формировались при скоростях течения, достигающих более 8 м/с. Дистальные части курайских гряд наклонены под углом 10° и более в сторону, противоположную предполагаемому направлению течения палеопотока, что тоже не соответствует параметрам русловых грядовых форм.

Гряды в Курайской котловине на всей площади распространения вытянуты в субпараллельные линии, тогда как гряды, формируемые русловым потоком, в плане образуют характерный для них вид развернутого веера, т.е. они выгнуты в сторону течения, и ширина их на оси струи больше, чем в краях. При этом на оси потока русловые гряды слагаются наиболее крупными фракциями, что естественно, так как на оси скорости течения максимальна, дистальная часть удлиняется и h/λ закономерно уменьшается до сотых и тысячных долей. Возрастает уклон дистальной части гряды, но не в сторону, противоположную направлению течения, а согласно с уклоном дна. У курайских же гряд дистальная часть слишком коротка и наклонена навстречу течению предполагаемого потока.

Продольный профиль гребней гряд и межгрядовых понижений. Для определения генезиса курайских гряд одной из важнейших их характеристик является продольный профиль их вершинной поверхности и межгрядовых понижений. Если произвести графическую операцию вычитания высоты дна межгрядовых понижений, то будем наблюдать плоскую ровную поверхность, наклоненную под углом $3\text{--}5^\circ$ на север от горного обрамления Курайской котловины в сторону русла р. Чуи. Причем эта поверхность на юге постепенно сливается с такой же плоской аккумулятивной поверхностью, где гряды отсутствуют. А если произвести вычитание грядовых форм, то получим слабоогнутую базисную поверхность, наклоненную к р. Чуе.

Следовательно, гряды могли быть образованы за счет врезания временных водотоков. Продольный профиль их тальвегов имеет вид слабоогнутой кривой, к югу постепенно переходящей в слабовыраженные ложбины. К северу, ближе к руслу р. Чуи, относительное превышение высот гребней гряд над тальвегами достигает максимума. Вершинные поверхности гряд неровные, волнистые; возвышения чередуются с ложбиновидными понижениями, отходящими от осевой линии под углом около 10° на северо-запад. В центре возвышений наблюдается обломочный материал крупностью 10–250 мм; отдельные глыбы, как правило, необработанные, достигают 0,5–1 м, а иногда 3 м в поперечнике.

В отложениях понижения преобладает суглинок, в периоды увлажнения размокающий настолько, что ноги животных вязнут на глубину до 10 см. Важным обстоятельством является то, что на границе, где тальвеги выклиниваются, гряды как таковые исчезают, переходя в миндалевидные возвышения, в центральных частях которых, как правило, располагаются крупные обломки и даже глыбы различных кристаллических пород. Травяной покров на грядах разреженный, тогда как оконтуривающие их понижения покрыты густой растительностью. На аэрофотоснимках эта часть поверхности представляет собой располагающиеся в шахматном порядке медальоны, переходящие в направлении к северу во все более морфологически выраженные возвышения, а с появлением тальвегов временных водотоков – в гряды.

В плане гряды образуют своеобразную структуру: при движении к верховьям тальвегов (на юг) наблюдается их деление на тальвеги более низких порядков; единое, хорошо выраженное вначале межгрядовое понижение делится на 2 тальвега, а они затем еще на 2 и т.д. Затем, ближе к границе выклинивания тальвегов, с убыванием относительной высоты гряд, тальвеги первых порядков пересекаются под углом $10\text{--}15^\circ$, образуя, таким образом, ячеистую структуру. В каждой такой ячейке размером 7–8 на 10–12 м наблюдается возвышение, в центральной части которого располагается крупнообломочный материал. Обращает внимание отсутствие крупнообломочного материала в тальвегах. Крупные глыбы и даже обломки скал размером $3\times3\times3$ м встречаются лишь на вершинах гребней, реже – на их дистальных склонах, но не в тальвегах.

О возможных механизмах образования курайских гряд

Предположим, что в Курайской котловине существовал водный поток с указанными выше параметрами [2–4]. Рассмотрим физические возможности перемещения крупных глыб на грядах. Для того чтобы срыть и перемещать вверх по склону крутизной более 10° глыбы размером от $1,5\times2$ до 3×3 м, требуется донная скорость течения соответственно от 15 до 21,7 м/с. При таких скоростях весь обломочный материал меньшей крупности будет находиться во взвешенном состоянии или перемещаться в придонной области в режиме гладкой фазы. При снижении скорости течения до размывающей для галечной фракции (от 3,1 до 6,27 м/с) глыбовая фракция неминуемо окажется погребенной. В этом случае, кроме прочего, крупные глыбы встречались бы и в межгрядовых понижениях (тальвегах), чего в курайских грядах не наблюдается.

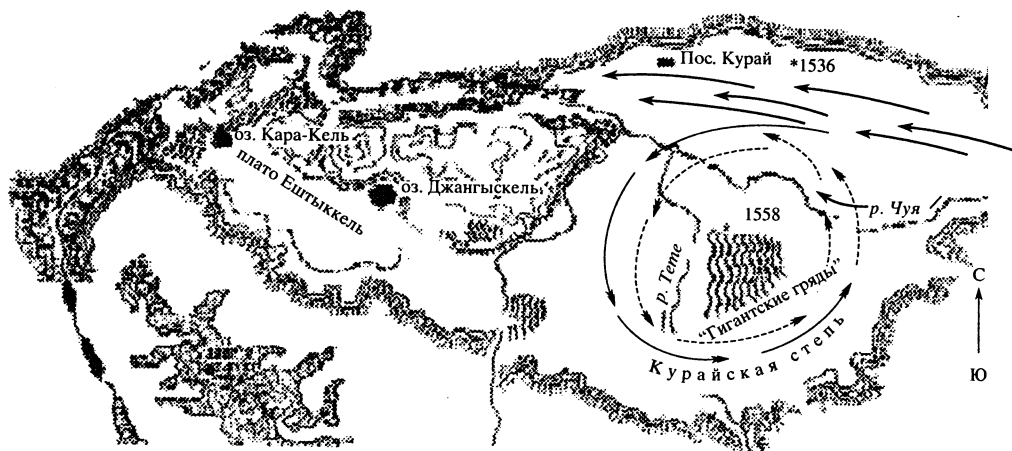


Рис. 3. Схема палеопотока и водоворотной зоны в пределах Курайской впадины, согласно В.В. Бутвиловскому [2] и А.Н. Рудому [4]. Стрелками показаны направления потоков

Авторы гипотезы флювиального генезиса курайских гряд считают, что главная ось потока, входившего в Курайскую котловину с востока, располагалась в правом борту современной долины Чуи, а все левобережье было занято формируемой этим потоком водоворотной зоной. Напомним, что, согласно их данным, скорости потока в этом, как они называют, "обратном течении" составляли более 8 м/с, а глубина воды – более 40 м. Как следует из схем В.В. Бутвиловского [2] и А.Н. Рудого [4] (рис. 3), водоворот в пределах Курайской котловины имел своим центром точку с абс. высотой 1558 (середина котловины).

Радиусы изгиба потока и формируемых им русел находятся во взаимном соответствии, которое достигается за счет оптимального соотношения скоростей течения потока, площади его поперечного сечения и размываемости пород, в которых формируется русло. При указываемых авторами параметрах потока радиус его изгиба должен был превышать радиус изгиба котловины. Следовательно, в распределении скоростей большую роль играли бы центробежные силы, приводящие к существенному перераспределению массы воды к бортам и соответствующему возрастанию скоростей. Максимальные скорости течения и глубина потока по краям Курайской впадины должны были значительно превышать таковые в центре, над грядовым полем. Однако при прекрасной морфологической выраженности гряд в центральной части котловины никаких следов не сохранилось от деятельности того мощного водного потока, какой должен был бы образоваться по периферии котловины. Если допустить существование здесь палеопотоков, то абсолютно неминуемо образование глубоко врезанного русла. Между тем сейчас здесь располагается слабонаклонная поверхность, покрытая чехлом аккумулятивного материала и ограничиваемая склонами крутизной 15–20° с выработанной в них лестницей волноприбойных ступеней существовавшего ранее озерного бассейна, что свидетельствует лишь о том, что спуск озера осуществлялся медленно. Нет никаких следов эрозинной деятельности гигантского потока.

Кроме того, при указываемых параметрах суперпотоков долины Чуи и Катунь на всем протяжении ниже ледниковой плотины должны бы представлять собой циклопические эрозионные формы, известные под названием кули. Наличие слабоэродированных крупных моренных комплексов в предполагаемом канале катастрофического сброса озерных вод не позволяет считать катастрофический характер сброса в данном районе достаточно обоснованным [10].

В отношении генезиса курайских гряд можно высказать предположение, что они формировались вследствие 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.

Согласно исследованиям А.Л. Уошборна [18] и нашим данным, структурные грунты типа пятен-медальонов характеризуются преимущественно округлой формой ячейки и отсутствием каменного бордюра. Пятна-медальоны, как правило, окаймлены растительностью и встречаются поодиночке или группами. Их типичный диаметр равен 0,5–3 м. Центральные части кругов нередко имеют слегка выпуклый профиль. А.Л. Уошборн отмечает, что встречаются пятна-медальоны в виде округлых скоплений каменных глыб, вымораживаемых с нижних горизонтов аккумулятивных отложений. Обратим внимание на важное замечание А.Л. Уошборна, касающееся условий формирования структурных грунтов: "Круги, полигоны и сети обычно встречаются на почти горизонтальных поверхностях, а на склонах от 2° до 7°... они становятся вытянутыми, с тенденцией преобразования в полосы" (выделено нами – А.П.) [18, с. 128].

Структурные грунты являются практически неотъемлемой характеристикой выровненных слабонаклонных поверхностей, покрытых чехлом рыхлых образований, районов с резко континентальным климатом. Если при наличии указанных условий происходят резкие колебания суточных температур с переходом через 0°, то образование структурных грунтов является неперенным следствием. Нами они наблюдались в горных тундрах – на выровненных поверхностях хр. Тукурингра-Джагды, хр. Баджал, Восточных Саян и других местах. Условия для формирования структурных грунтов в Курайской, Чуйской котловинах и других подобных местах Горного Алтая настолько благоприятны, что было бы странным их отсутствие здесь.

Механизм трансформации структурных грунтов Курайской котловины в гряды представляется в следующем виде. После спуска озера грунты, покрывавшие днище, были в сильно увлажненном состоянии; при резкой смене дневных и ночных температур, на фоне глубоких сезонных колебаний произошло быстрое формирование медальонной сети полигонов, которой была покрыта вся поверхность днища котловины. Затем по понижениям, разделяющим медальоны, стали закладываться временные ручейки, активизирующие эрозионную деятельность в период таяния снега и во время дождей летом. Врезание ручьев происходило в соответствии с их базисом эрозии – руслом р. Чуи. Именно поэтому межгрядовые понижения имеют вид правильно построенных продольных профилей водотоков, как плавно вогнутых кривых, с максимальной величиной понижения к базису эрозии и выклинивающимися к истокам. Можно сказать, что курайское поле гряд – это сформировавшийся на структурных грунтах бедленд.

Не хотим категорически утверждать, что предлагаемый нами механизм формирования гряд является единственным, хотя оснований у этой гипотезы вполне достаточно. Кроме отмеченных выше, можно еще упомянуть и о кажущейся странности в распределении крупных глыб и обломков скал на грядах, которая получает более реалистическое толкование с позиций нашей идеи. Найдет ли эта идея полное подтверждение, покажут будущие детальные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лунгерсгаузен Г.Ф., Раковец О.А. Некоторые новые данные о стратиграфии третичных отложений Горного Алтая // Тр. ВАГТ. 1958. Вып. 4. С. 79–91.
2. Бутвиловский В.В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. Томск: Изд-во ТГУ, 1993. 252 с.
3. Рудой А.Н., Карлинг П.А., Парначев С.В. О происхождении "странной" ориентировки гигантских знаков рья в Курайской впадине на Алтае // Пробл. геологии Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1994. Т. 1. С. 217–218.
4. Рудой А.Н. Четвертичная гляциология гор Центральной Азии: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Томск: Изд-во ТГУ, 1995. 35 с.
5. Рудой А.Н. Механизмы подпруживания и сброса четвертичных ледниково-подпрудных озер // Гидролог. исслед. в Сибири. Томск. Изд-во ТГУ, 1997. С. 69–73.
6. Барышников Г.Я. Последнее оледенение Горного Алтая и обусловленные им катастрофические рельефообразующие процессы // Региональная геохронология Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука. 1987. С. 154–160.
7. Baker V.R., Benito G., Rudoy A.N. Paleohydrology of Late Pleistocene Superflooding, Altai Mountains, Siberia // Science. 1993. V. 259. P. 348–350.
8. Carling P.A. Morphology, sedimentology and paleohydraulic Significance of large gravel dunes: Altai Mountains, Siberia // International Association of Sedimentologists, Sedimentology. 1996. V. 43. P. 647–664.
9. Carling P.A. A preliminary paleohydraulic model applied to late Quaternary gravel dunes: Altai Mountains, Siberia // Global Continental Changes: the Context of Paleohydrology, Geological Society Special Publication. 1998. V. 115. P. 165–179.

10. Окишев П.А. Реконструкция "катастрофических суперпотоков" и геолого-геоморфологические реалии // *Вопр. географии Сибири*. Томск: Изд-во ТГУ, 1999. Вып. 23. С. 75–87.
 11. Окишев П.А., Бородавко П.С. Реконструкция флювиальных катастроф и анализ оценок их параметров // *Гляциология Сибири*. Томск: Изд-во ТГУ, 2000. Вып. 5(20). С. 3–28.
 12. Поздняков А.В. Динамическое равновесие в рельефообразовании. М.: Наука, 1988. 208 с.
 13. Поздняков А.В., Махинов А.Н., Бардюк В.В. Экспериментальные исследования процесса самоограничения свободной турбулентной струи и возможный механизм формирования плеса // *Динамика и термика рек, водохранилищ и эстуариев*. М.: Наука, 1984. С. 24–29.
 14. Добролюбов А.И. Бегущие волны деформации. Минск: Наука и техника, 1987. 144 с.
 15. Добролюбов А.И. Скольжение, качение, волна. М.: Наука, 1991. 176 с.
 16. Знаменская Н.С. Грядовое движение наносов. Теория и практические приложения. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 188 с.
 17. Попов И.В. Деформации речных русел и гидротехническое строительство. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 364 с.
 18. Уошборн А.Л. Мир холода / Пер. с англ. М.: Прогресс, 1988. 381 с.
- ИОМ СО РАН,
Томский госуниверситет

Поступила в редакцию
03.05.2001

BOTTOM DUNES GENERATION MECHANISM AND POSSIBLE GENESIS OF "GIGANTIC RIDGES" OF KURAI BASIN IN ALTAI MOUNTAINS

A.V. POZDNYAKOV, P.A. OKISHEV

S u m m a r y

The operation of flow-channel system as a natural automation is studied. There is correlation between the velocity field of flow and coarseness of channel alluvium. The morphologic features and morphometry of gigantic ridges are described. Some criticism on modern conceptions of Kurai ridges origin in the Altai mountains is given. Authors put forward the hypothesis of their formation: it is a result of "structurally self-organizing ordering of friable accumulative fluvio-glacial deposits" due to cryodiagenesis.

УДК 551.4.075:551.435.16(470.312)

© 2002 г. Г.А. ХАЛИЛОВ

ОЦЕНКА ДЕНУДАЦИОННОГО СРЕЗА МАЛОГО КАВКАЗА

Определение количественных показателей денудационного среза в геолого-геоморфологических исследованиях имеет важное практическое и научное значение. Этот показатель необходим при прогнозировании и поиске месторождений полезных ископаемых, а также для анализа темпов, продолжительности и амплитуды тектонических движений, глубины становления интрузивных тел, гипсометрической дифференциации рельефа и т.д.

Представление о денудационном срезе, нашедшее свое яркое отражение в классическом учении А.Е. Ферсмана "О геохимических концентрах" [1], впоследствии развивалось многими исследователями, изучавшими различные аспекты геологии, геоморфологии и гидрологии. Между тем термин "денудационный срез" трактуется по-разному, о чем свидетельствуют случаи его употребления различными авторами [2–13].

При общности взглядов в отношении основных положений прослеживаемые различия в трактовке термина обусловлены, видимо, целью исследования и геотектоническими условиями изучаемой территории. Так, в одних случаях работы преследуют общую минерагеническую-прогностную цель, в других – изучается конкретное рудное поле, в третьих – данные о денудационном срезе привлекаются для определения амплитуды новейших тектонических движений и их скорости, в четвертых – для изучения скорости снижения топографической поверхности и т.д. Естественно, что при этом в пространственном отношении может быть проведен анализ денудационного среза как крупного региона, так и отдельной локальной морфоструктуры какой-либо геодинамической области.