

УДК 551.434.3

Р. С. ЧАЛОВ

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ПОЙМ МЕАНДРИРУЮЩИХ РЕК

Морфология пойм меандрирующих рек неоднократно привлекала внимание исследователей. Наиболее полные сводки по этому вопросу были выполнены Е. В. Шанцером (1951) и И. В. Поповым (1961), некоторые уточнения и дополнения содержатся в работах В. Е. Останина (1961) и автора настоящей статьи (1966).

Принято считать, что поймы меандрирующих рек характеризуются гривистым рельефом — гривистые поймы. Чередование изогнутых в плане узких длинных грив и разделяющих их ложбин, расположенных веерообразно в пределах отдельных сегментов поймы, свидетельствует о постепенном развитии излучин русла, которое сопровождалось образованием береговых валов у их выпуклых берегов. Однако на крупных равнинных реках с развитыми излучинами часто формируется не гривистая пойма, а ложбинно-островная, или проточно-островная по терминологии Р. А. Еленевского (1936), присущая обычно рекам с разветвленным руслом, но отличающаяся от пойм последних закономерным расположением в плане основных элементов рельефа (Чалов, 1966). С другой стороны, на малых равнинных реках следы блуждания излучин сохраняются часто только в виде стариц, имеющих серповидную или петлеобразную форму в плане. Широкое распространение старичных озер или заболоченных понижений обуславливает своеобразный облик поверхности такой поймы, которая может быть названа озерно-старичной.

Развитие излучин как условие образования поймы. Русловые деформации на излучинах, приводящие к образованию поймы, определяются: 1) особенностями скоростного поля потока на изгибах русла; 2) циркуляционными течениями, возникающими на поворотах потока; 3) блужданиями динамической оси потока при колебаниях уровня воды в реке и 4) перемещением наносов в виде крупных песчаных гряд, образующих побочни перекаатов. На форму, размеры и режим переформирования излучин оказывают также влияние водность потока, степень неравномерности стока, устойчивость русла и ряд других факторов.

Размеры излучин находятся в прямой зависимости от расхода воды в реке. Чем многоводнее река, тем более крупные излучины она образует и тем меньшую изогнутость (большой радиус изгиба) в плане имеют формирующиеся в процессе меандрирования элементы пойменного рельефа. Повышение мощности потока половежья реки увеличивает вероятность ее разветвления на рукава, и в распластанном потоке динамическая ось его разделяется осередками и островами на ряд ветвей. Между типично меандрирующими и разветвленными руслами наблюдаются переходные формы, представляющие собой сочетание крупных, сравнительно пологих излучин и островов, тяготеющих обычно к выпуклым берегам. То же происходит на реках с малоустойчивым руслом: поток половежья в этом случае разрушает формы русла, созданные в меженьный период, и наоборот; русло не образует типичных излучин и разделяется на систему рукавов. Чем менее устойчиво русло, тем больше радиус кривизны его излучин и тем больше островов в нем возник-

кает. На малых реках, отличающихся обычно значительной устойчивостью русла и небольшой водностью потока, распространены крутые петлеобразные излучины.

Распределение скоростей потока в излучине таково, что стрежень его последовательно приближается то к одному, то к другому берегу, образуя чередование зон замедления и ускорения течения (рис. 1). В зонах замедления течения создаются благоприятные условия для аккумуляции переносимого рекой твердого материала и происходит образование прирусловой отмели (побочня, песчаной косы), протягивающейся вплоть до

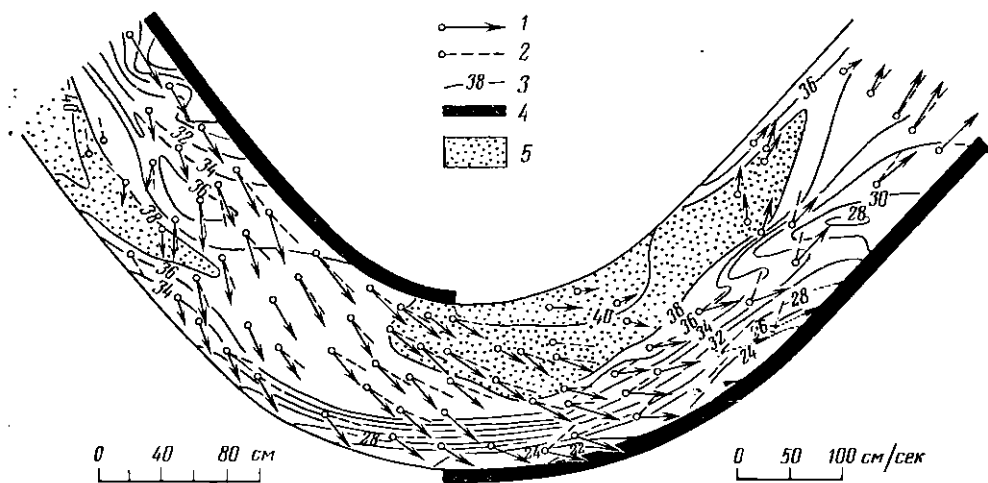


Рис. 1. Скоростное поле потока и рельеф дна русла в вершине излучины (по лабораторным опытам З. М. Великановой, 1968).

1 — поверхностные скорости; 2 — донные скорости; 3 — горизонтали, см; 4 — берега, у которых расположена зона ускорения течения; 5 — прирусловые отмели

участка изменения знака изгиба в начале следующей ниже по течению излучины.

Росту прирусловой отмели у выпуклого берега способствуют циркуляционные течения, возникающие на изгибе потока. Эти течения представляют собой отклонение наименее инерционных, но наиболее насыщенных наносами донных струй в сторону выпуклого берега, возле которого имеется депрессия водной поверхности. Чем больше кривизна излучины и скорости течения, тем больше поперечный уклон в сторону выпуклого берега и соответственно интенсивнее возбуджаемая на повороте поперечная циркуляция. Однако, как будет показано ниже, она направлена в сторону выпуклого берега излучины лишь при спаде паводка и в межень, усиливаясь постепенно по мере понижения уровней; так как в это время сток наносов в реке очень сильно сокращается, то перенос твердого материала к выпуклому берегу донными струями потока сравнительно невелик. Переносимые циркуляционными течениями наносы поэтому не могут образовать большую отмель у выпуклого берега, а лишь накапливаются у ее края и способствуют ее частичному расширению и удлинению. Иными словами, циркуляционные течения на излучинах русла усложняют формирование прирусловой отмели у выпуклого берега, но не определяют его. К такому же выводу пришла и Н. С. Знаменская (1968), исследовавшая перемещение наносов в виде гряд.

При колебании уровня воды в реке скоростное поле потока на излучине русла существенно изменяется. Благодаря увеличению расходов воды динамическая ось потока выпрямляется и перемещается в сторону выпуклого берега, образуя более пологие изгибы, чем кривая русла

(Маккавеев, Райнов, Косарский, 1961). Чем выше уровень воды в реке, тем ближе к выпуклому берегу будет располагаться максимум скоростей в потоке, поэтому во время половодья возможен частичный размыв выпуклого берега и либо смещение вниз по течению образовавшейся возле него песчаной отмели, либо отторжение ее от выпуклого берега с образованием песчаного осередка. С другой стороны, это приводит к тому, что возле выпуклого берега наблюдается максимум расхода наносов, которые здесь частично аккумулируются, когда начинается спад паводка и транспортирующая способность потока снижается.

При переливе в половодье через пойменные бровки берегов излучин возникают местные вихревые системы, под воздействием которых местами у вогнутых берегов циркуляционные течения в потоке меняют свое направление на противоположное тому, которое наблюдается при средних и низких горизонтах (Ярославцев, 1966). Выброшенные вихрями наносы аккумулируются в прирусловой части поймы вдоль берегов излучин. В этих местах пойма наращивается активно вверх, а вдоль ее бровки возникают наложенные песчаные прирусловые валы. Последние могут быть уничтожены при спаде паводка, когда усиливается размыв вогнутого берега при перемещении к нему стрежня потока и восстановлении в нем прежней системы циркуляционных течений и распределения скоростей. Тем не менее усиленная аккумуляция наносов в прирусловой части поймы со стороны вогнутого берега излучины (за пределами наложенного вала) обуславливает активный рост ее в высоту, а уменьшение скорости осадконакопления при удалении от реки — снижение отметок поверхности поймы в этом же направлении.

Образование самих прирусловых отмелей у выпуклых берегов излучин связано с перемещением потоком наносов в форме крупных песчаных гряд, соизмеримых с размерами русла — перекаатов. Прибрежные части этих гряд — побочни, смещаясь вдоль реки на извилистых участках русла, последовательно располагаются то у выпуклых, то у вогнутых берегов (Чалов, 1963). В тех случаях, когда побочень находится у выпуклого берега в зоне замедления течения, скорость его перемещения снижается и он под влиянием надвигания на него серии более мелких гряд и переноса донных наносов циркуляционными течениями растет как в высоту, так и в длину. Побочень следующего перекаата, расположенный у вогнутого берега вышележащей излучины в зоне ускорения течения, смещается более интенсивно и в конце концов достигает побочни, находящегося у выпуклого берега, вследствие чего происходит резкое увеличение размеров прирусловой отмели. Наиболее высокая пригребневая часть побочни закрепляется растительностью, если она сравнительно рано выходит из-под воды и вегетационный период достаточно продолжительный. Кустарник создает при затоплении в половодье дополнительное сопротивление потоку и на поверхности отмели начинают оседать взвешенные наносы, образуя пойменную фацию аллювия. Так побочень у выпуклого берега превращается в молодую пойму.

В зависимости от особенностей развития аллювиальных гряд, соотношения гидравлической структуры потока (скоростного поля и циркуляционных течений), устойчивости русла и других факторов, определяющих характер меандрирования, на извилистых реках формируются различные типы пойм, каждый из которых характеризуется специфическими, только ему присущими чертами рельефа поверхности.

Образование гривистой поймы. Перемещение гряд (перекаатов) в русле происходит во время половодья таким образом, что по мере удаления от стрежневой зоны потока скорость их становится все меньше и они оказываются перекошенными по отношению к геометрической оси русла. На извилистых участках рек такому перекосу способствует также скоростное поле потока с образованием зон ускорения и замедления течения. Вследствие этого крутой низовой откос аллювиальной гряды

(подвалье) на значительном протяжении излучины, начиная от ее вершины, тянется почти параллельно пойменному яру, отходя от него лишь вблизи следующего изгиба русла. Между подвальем и яром формируется понижение, которое в межень обычно образует заводь. По мере зарастания побочня и превращения его срединной части в молодую пойму подобные понижения постепенно заполняются тонкопесчаным или илистым материалом (фация заводей) (Маккавеев, 1955) и становятся пойменными ложбинами, начинающимися в районе вершины излучины, тогда как заросшая повышенная часть побочня составляет основу пойменной гривы. Последовательное надвигание ряда крупных гряд на прирусловую отмель у выпуклого берега излучины (рис. 2, А) определяет

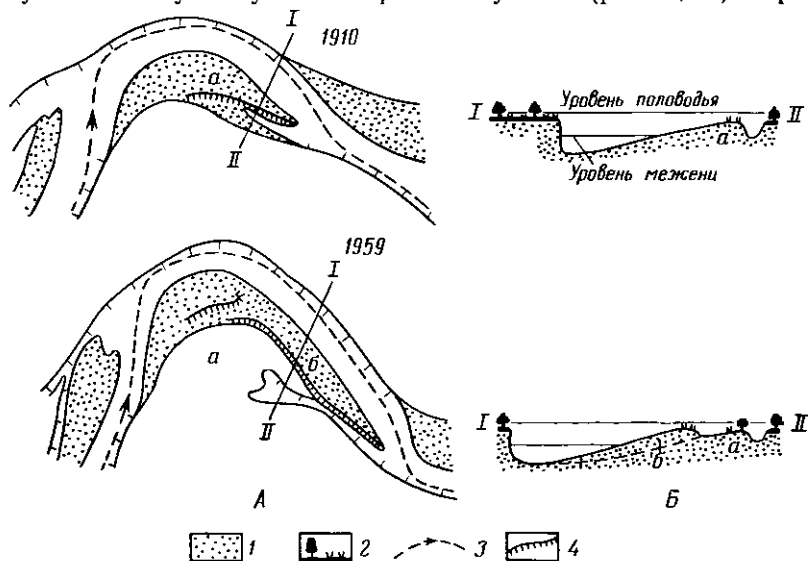


Рис. 2. Схема формирования прирусловой отмели у выпуклого берега излучины при причленении к нему побочней.

А — планы русла за разные годы; Б — поперечные профили отмели на разных этапах ее развития. Буквами а и б на рисунке обозначены последовательно причленившиеся побочни. 1 — прирусловые отмели; 2 — почвенно-растительный покров на пойме; 3 — положение динамической оси потока; 4 — подвалья крупных гряд

своеобразную гофрированность ее поверхности, на которой прослеживается несколько обращенных в сторону поймы и вытянутых субпараллельно ее яру подвальев (рис. 2, Б). Эта система надвинувшихся на прирусловую отмель у выпуклого берега гряд по мере их зарастания образует серию пойменных грив, разделенных между собой ложбинами — бывшими понижениями в подвалье каждой гряды.

Влияние циркуляционных течений на развитие прирусловой отмели сказывается отчетливо только в ее нижней части, где подвалье переката отходит от берега, и между ним и стрежневой зоной потока в межень появляется иногда довольно большая область скоростной тени с глубокой депрессией водной поверхности. В результате этого здесь возникают местные циркуляционные течения, благодаря которым в ухвостье побочня аккумулируется тонкопесчаный и илистый материал, образующий косу (Чалов, 1964). Несмотря на то, что косы, удлиняющие отмель, выходят из-под воды лишь в межень, слагающий их аллювий благоприятствует поселению растительности, развитие которой приводит к превращению кос в узкую пойменную гриву, служащую продолжением гривы, возникшей за счет заросшей части побочня.

Если прирусловые отмели у выпуклых берегов излучины располагаются лишь периодически, то основу гривистого рельефа поймы составляют те части песчаных гряд, которые успевают закрепиться раститель-

ностью. В принципе механизм формирования пойменных грив при непрерывном наращивании отмели у выпуклого берега и при периодическом образовании рукавов одинаков. Различие заключается лишь в том, что в первом случае каждая гряда оказывается как бы наложенной на поло-

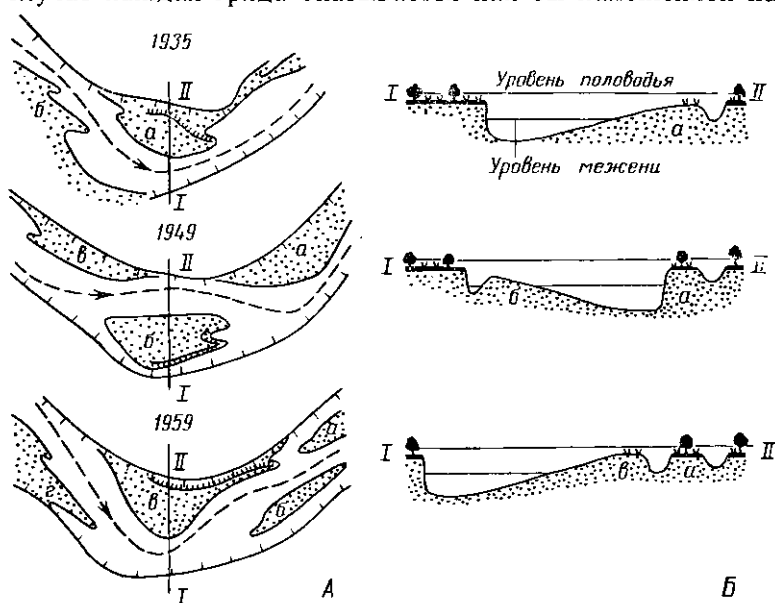


Рис. 3. Схема формирования гривистого рельефа поймы при периодическом расположении побочной у вершины излучины.

А — планы русла за разные годы; Б — поперечные профили русла на разных этапах развития излучины. Буквами а — б на рисунках обозначены перемещающиеся побочки. Условные обозначения как на рис. 2

гий верховой склон ранее подошедшей к выпуклому берегу гряды, а во втором случае пойменные гривы представляют собой сохранившиеся от размыва пригребневые части причленяющихся к выпуклому берегу побочней (гряд).

Характер расположения пойменных грив, формирующихся при надвигании на выпуклый берег гряд, зависит от направленности процесса меандрирования. Если деформации русла на излучинах сводятся к преимущественному сползанию их вниз по течению, пойменные гривы располагаются у выпуклого берега непосредственно ниже вершины излучины, создавая параллельно-гривистый рельеф. На двух соседних сегментах поймы, составляющих выпуклые берега (шпоры) смежных излучин, гривы ориентированы под углом, зависящим от кривизны излучины. Если преобладают поперечные (по отношению к оси долины) перемещения излучин, то каждая новая пойменная гряда оказывается изогнутой больше, чем сформировавшаяся ранее. В результате пойменные гривы располагаются веерообразно, и характер такого гривистого рельефа пойм получил в литературе название веерообразного блуждания (Шанцер, 1951).

В случае спрямления излучины происходит местное врезание русла и наиболее повышенные части современной поймы могут выйти из-под уровня затопления. Такие незатопляемые участки поймы располагаются обычно вдоль крутого яра в верхнем крыле бывшей излучины (старшицы) на выпуклом ее берегу. Впервые образование на поймах меандрирующих рек подобных «островков», не заливаемых во время разливов, отметил В. Е. Останин (1961).

Образование ложбинно-островной поймы. На крупных реках и реках с малопустойчивым руслом, где наряду с излучинами наблюдается разветвление русла на рукава или вследствие блуждания динамической оси потока при колебании горизонтов воды происходит отчленение при-

русловых отмелей от выпуклых берегов, формируется ложбинно-островная пойма. Положительные элементы ее рельефа возникают на месте закрепившихся растительностью осередков (островов). В отличие от сравнительно узких грив, механизм образования которых описан выше, они характеризуются довольно большой шириной и относительно ровной поверхностью вершин. Ложбины между грядами — бывшие протоки, разделявшие осередки и острова. Поскольку протоки в ряде случаев меандрируют, то на ложбинно-островной пойме встречаются иногда участки с гривистым рельефом, приуроченные к выпуклым берегам бывших проток.

Формирование ложбинно-островной поймы на меандрирующих реках протекает по-разному и зависит от характера паводка. Если половодье на реке невысокое, растянутое во времени и спокойное, изменение гидравлических характеристик потока происходит медленно и не сопровождается резкими изменениями положения стрежня потока. В этих случаях на излучинах русла возникают острова, протягивающиеся цепочками вдоль выпуклых берегов. При отмирании проток и объединении между собой островов образующиеся плосковершинные гряды и ложбины оказываются расположенными по концентрическим дугам, радиусы которых соответствуют (или близки) кривизне излучины русла (Чалов, 1966). Если же паводок на реке бурный, высокий и кратковременный, то стрежень потока пересекает пойменные сегменты независимо от положения излучины. На таких реках возникают крупные осередки и острова, длинные оси которых не параллельны главному направлению русла.

Образование озерно-старичных пойм. Озерно-старичные поймы развиваются обычно на малых реках, имеющих относительно устойчивое русло и сравнительно небольшой твердый сток, для которых характерно образование крутых петлеобразных излучин (Маккавеев и др., 1969). Вследствие значительной крутизны излучин существенное влияние на русловые деформации оказывает поперечная циркуляция. Подвижных перекатов на таких реках немного, и движение донных наносов в основном осуществляется в виде небольших песчаных волн (рифелей). У выпуклых берегов излучин образуются прирусловые отмели со сравнительно ровной поверхностью, постепенно выходящей из-под воды в межень и полого поднимающейся до уровня поймы. Микрорельеф отмелей, связанный с песчаными волнами, обычно не сохраняется, он разрушается ветром и дождем при обсыхании отмелей. Если пойма низкая и достаточно широкая, то стрежень потока во время половодья располагается независимо от положения русла; поэтому полые воды, производя эрозионную работу на поверхности поймы, способствуют спрямлению излучин путем прорыва их шейки и превращения петлеобразной излучины в старицу. Наряду с этим на границе между отмелью, лишенной растительности, и заросшей поймой вследствие изменения степени шероховатости и замедления скорости полых вод, может происходить аккумуляция наносов. Среди молодой кустарниковой поросли образуются небольшие песчаные валики, вытянутые вдоль русла от выпуклого берега излучины вплоть до следующего его изгиба и служащие основой для развития элементов гривистого рельефа. Формирование таких валиков описано в работах Е. В. Шанцера (1951), Ю. А. Лаврушина (1963), А. А. Лазаренко (1964). Развитие петлеобразных излучин в условиях высокой и узкой поймы, где основной поток концентрируется в самом русле, приводит к постепенному сужению шейки меандры и ее размыву, сопровождающемуся спрямлением русла и образованием серповидного староречья. В первом из рассмотренных случаев развития озерно-старичных пойм озера и ложбины на пойме в плане имеют вид полуокружностей, так как излучины обычно прорываются до достижения ими формы петли; во втором случае старицы образуют почти замкнутые петли, оба конца которых сходятся в одной точке.

Выводы

На меандрирующих реках рельеф пойм весьма разнообразен. Описанные в настоящей статье некоторые типы этих пойм и механизм их формирования следует рассматривать как ряд крайних случаев, которые могут сочетаться между собой в различных вариантах, сильно усложняя облик поймы. Такими крайними случаями можно считать следующие разновидности пойм: 1) привыстые поймы, развивающиеся в результате последовательного надвига к выпуклым берегам крупных песчаных гряд (побочней перекаатов); пойменные гряды представляют собой части этих гряд, закрепленные растительностью; 2) ложбинно-островные поймы, характерные для меандрирующих рек с малоустойчивым руслом и большой внутригодовой неравномерностью стока; основу пойменного рельефа составляют острова, причленившиеся к выпуклым берегам; 3) озерно-старичные поймы, присущие небольшим устойчивым рекам с малым твердым стоком; циклы развития меандра заканчиваются их спрямлением с образованием стариц.

ЛИТЕРАТУРА

- Великанова З. М. Лабораторные исследования речной излучины.— Тр. Гос. гидрол. ин-та, 1968, вып. 147.
- Еленевский Р. А. Вопросы изучения и освоения речных пойм. М., Изд-во ВАСХНИЛ, 1936.
- Знаменская Н. С. Грядовое движение наносов. Л., Гидрометеониздат, 1968.
- Лаврушин Ю. А. Аллювий равнинных рек субарктического пояса и перигляциальных областей материковых оледенений.— Тр. Геол. ин-та АН СССР, 1963, вып. 87.
- Лазаренко А. А. Литология аллювия равнинных рек гумидной зоны.— Тр. Геол. ин-та АН СССР, 1964, вып. 120.
- Маккавев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М., Изд-во АН СССР, 1955.
- Маккавев Н. И., Райнов А. А., Косарский П. И. Лабораторное исследование русловых процессов на излучине русла.— Речной транспорт, 1961, № 11.
- Маккавев Н. И., Хмелева Н. В., Гун Го-юань. Свободные меандры.— В сб.: Экспериментальная геоморфология, вып. 2. М., Изд-во Моск. ун-та, 1969.
- Останин В. Е. Особенности строения и формирования рельефа поймы меандрирующих и разветвленных на рукава рек на примере Иртыша, Сверхной Двины и Вычегды.— Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр., 1961, № 5.
- Попов И. В. Методические основы исследований руслового процесса. Л., Гидрометеониздат, 1961.
- Чалов Р. С. Динамика перекаатов и ее количественные характеристики.— В кн.: Вопросы географии, № 63, М., 1963.
- Чалов Р. С. О механизме формирования прирусловых отмелей.— Изв. Всес. геогр. о-ва, 1964, т. 96, № 5.
- Чалов Р. С. К типологии пойм равнинных рек.— Изв. Всес. геогр. о-ва, 1966, т. 98, № 1.
- Шандер Е. В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит.— Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 135. Сер. геол., 1951.
- Ярославцев И. А. Особенности руслового процесса на излучине реки в паводок.— Тр. Гос. гидрол. ин-та, 1955, вып. 136.

Московский государственный университет

Поступила в редакцию
6.1.1971

RELIEF FORMATION IN THE FLOOD PLAINS OF MEANDERING RIVERS

R. S. CHALOV

Summary

Various types of flood plains form depending on the complex of factors determining the process of meandering. Mane-like flood plains develop on rivers in the beds of which there are large accumulations of alluvium moving along the course. Channel-island flood plains are characteristic of meandering rivers with unstable course and considerable unregularity of the runoff during a year. Lake-flood plains form on small stable rivers with little coarse runoff.