Глава 6. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕКУЧИХ ВОД

Под текучими водами понимаются все воды поверхностного стока на суше от струй, возникающих при выпадении дождя и таяния снега, до самых крупных рек. Все воды, стекающие по поверхности Земли, производят различного вида работу. Чем больше масса воды и скорость течения, тем наибольший эффект ее деятельности. Хорошо известно, что поверхностная текучая вода - один из важнейших факторов денудации суши и преобразования лика Земли.

Как и в других экзогенных процессах, в деятельности текучих вод могут быть выделены три составляющие: 1) разрушение, 2) перенос и 3) отложение, или аккумуляция, переносимого материала на путях переноса. По характеру и результатам деятельности можно выделить три вида поверхностного стока вод: плоскостной безрусловой склоновый сток; сток временных русловых потоков; сток постоянных водотоков - рек.

Рис. 6.1. Схема образования делювия

6.1. ПЛОСКОСТНОЙ СКЛОНОВЫЙ СТОК

В периоды выпадения дождей и таяния снега вода стекает по склонам в виде сплошной тонкой пелены или густой сети отдельных струек. Они захватывают главным образом мелкоземистый материал, слагающий склоны, переносят его вниз. У подошвы течение воды замедляется, и переносимый материал откладывается как непосредственно у подножья, так и в прилегающей части склона (рис. 6.1). Такие отложения, образованные склоновым стоком, называются делювиальными отложениями или делювием (лат. "делюо" - смываю). Наиболее характерны довольно протяженные делювиальные шлейфы в пределах равнинных рек степных районов умеренного пояса.

Делювиальные шлейфы в этих условиях обычно сложены суглинками и лишь местами в основании встречается песчаный материал. Наибольшая мощность делювия (до 15-20 м) наблюдается у основания склона, а вверх по склону она постепенно уменьшается. Продолжающийся процесс плоскостного смыва и образование делювия постепенно приводят к выполаживанию склонов. В высоких горах типичных делювиальных шлейфов нет в связи с широким развитием гравитационных процессов на склонах. В этих условиях формируются смешанные коллювиально-делювиальные образования.

6.2. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ВРЕМЕННЫХ РУСЛОВЫХ ПОТОКОВ

Среди временных русловых потоков выделяются временные потоки оврагов и временные горные потоки. Начало оврагообразования связано в большинстве случаев со склонами долин рек. Если в пределах склона или его бровки имеются различные естественные или искусственные неровности, понижения, то при выпадении дождя или таянии снега в них происходит слияние отдельных стекающих струй воды, которые разрушают указанные части склона и на их месте образуются различные промоины, рытвины. Так начинается на склонах процесс размыва, или эрозии (лат. "эродо" - размываю). Фактически это первая зародышевая стадия развития оврага. В последующем в таких рытвинах периодически концентрируется еще большее количество воды, и они начинают расти в глубину, ширину, вниз и вверх по склону. Дно такого оврага отличается неровностью. По мере дальнейшего углубления (увеличение донной эрозии) профиль оврага постепенно выравнивается, его устье достигает основания, куда впадает поток. Уровень реки или какого-либо бассейна, куда входит овраг, называется базисом эрозии. В вершине оврага, выдвинувшейся за бровку склона в пределы водораздельного плато, образуется перепад. В результате возникающие водотоки обрушиваются в вершину оврага водопадом или образуют здесь стремнины с быстрым течением, завихрениями. Это способствует интенсивной эрозии в пределах перепада и постепенному продвижению вершины оврага все дальше в глубь водораздельного плато. Такой процесс роста вверх по течению потока называется регрессивной (лат. "регрессус" - движение назад) или попятной эрозией.

Рис. 6.2. Типы оврагов

По мере продвижения вершины растущего оврага в глубь водораздельного плато на его склонах образуются промоины или рытвины, которые также превращаются в овраги. Такие ответвления, или отвержки, от главного оврага растут попятно, следуя по течению сливающихся струй воды, и по мере развития они также ветвятся. В результате возникает сложная ветвящаяся овражная система, расчленяющая местами не только склоны, но и обширные водораздельные пространства (рис. 6.2).

Наиболее глубокая и разветвленная сеть оврагов образуется в районах развития легко размываемых горных пород - лёссовидных суглинков, песков, алевролитов, глин. Пример тому Средне-Русская возвышенность, представляющая эрозионно-денудационную плоскую равнину, расчлененную густой сетью оврагов. Аналогичное овражное расчленение отмечается на Приволжской, Волыно-Подольской возвышенностях и возвышенностях Белоруссии, где, по данным Б.Н. Гурского, овражно-балочный рельеф занимает 20-30% площади плодородных земель. К сожалению, следует отметить, что оврагообразованию способствуют не только природные факторы, но и необдуманная деятельность человека (вырубка леса, распахивание, заложение грунтовых дорог и канав в направлении вниз по склону и др.).

Для борьбы с оврагами применяются различные методы, направленные на предотвращение попятной эрозии и укрепление склонов.

Аккумулятивная деятельность временных водотоков проявляется в низовьях оврага и особенно при его выходе в долину реки или в другие водоемы, где местами образуется конус выноса, сложенный различным несортированным обломочным материалом местных пород. На развитии сложной системы оврагов сказываются новейшие тектонические движения (поднятие водоразделов или опускание базиса эрозии).

В результате могут происходить оживление эрозионной работы, формирование молодых врезов (оврагов) в древние и накопление более молодых отложений в конусах выноса (см. рис. 6.2). Местами в областях лесостепи и степи наблюдаются оврагоподобные формы с расширенным дном и мягкими пологими склонами, покрытыми плащом делювия и в ряде случаев растительностью. Такие формы называют балками.

Рис. 6.3. Канал стока и конус выноса временного горного потока

6.3. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РЕК

Мощные водные потоки рек, расчленяющие огромные пространства суши, производят значительную эрозионную, переносную и аккумулятивную деятельность. Это наиболее динамические системы, преобразующие рельеф. Интенсивность работы рек определяется их живой силой, т. е. кинетической энергией, равной mv2/2, где m - масса воды; v - скорость течения. Последняя зависит от уклона продольного профиля и определяется по формуле Шези: v = с, где с - коэффициент, зависящий от шероховатости русла; R - гидравлический радиус, равный отношению площади живого сечения водотока к смоченному периметру; i - уклон.

Под уклоном понимается величина перепада высот, деленная на расстояние по горизонтали, на котором наблюдается этот перепад.

На интенсивности процессов в речных долинах сказывается турбулентный характер течения, когда молекулы воды движутся беспорядочно или по перекрещивающимся траекториям, наблюдаются различные завихрения, вызывающие перемешивание всей массы воды от дна до ее поверхности. Наибольшие скорости наблюдаются в приповерхностной части потока на стрежне, меньше у берегов и в придонной части, где поток испытывает трение о породы, слагающие русло. Вдоль реки скорость течения также меняется, что связано с наличием перекатов и плёсов, нарушающих равномерность уклона.

В зависимости от характера и интенсивности питания изменяются режим рек, количество и уровень воды, а также скорость ее течения. В соответствии с изменением уровня воды в реке говорят о высоком горизонте, соответствующем половодью, и низком меженном горизонте, или межени, наступающей после спада половодья. Помимо этого, в реках наблюдаются периодические паводки, соответствующие кратковременному повышению уровня воды от затяжных дождей.

Речная эрозия. Выделяют два типа эрозии:

1) донная, или глубинная, направленная на врезание речного потока в глубину;

2) боковая, ведущая к подмыву берегов и в целом к расширению долины.

Рис. 6.4. Выработка продольного профиля равновесия реки на различных стадиях регрессивной эрозии

Соотношение донной и боковой эрозии изменяется на разных стадиях развития долины реки. В начальных стадиях развития реки преобладает донная эрозия, которая стремится выработать профиль равновесия применительно к базису эрозии - уровню бассейна, куда она впадает. Базис эрозии определяет развитие всей речной системы - главной реки с ее притоками разных порядков. Первоначальный профиль, на котором закладывается река, обычно характеризуется различными неровностями, созданными до образования долины. Такие неровности могут быть обусловлены различными факторами: наличием выходов в русле реки неоднородных по устойчивости горных пород (литологический фактор); озера на пути движения реки (климатический фактор); структурные формы - различные складки, разрывы, их сочетание (тектонический фактор) и другие формы. В процессе регрессивной эрозии река, углубляя свое русло, стремится преодолеть различные неровности, которые со временем сглаживаются, и постепенно вырабатывается более плавная (вогнутая) кривая, или профиль равновесия реки (рис. 6.4). Считается, что этот выровненный профиль соответствует на каждом отрезке долины динамическому равновесию при данных гидрологических условиях и постоянном базисе эрозии.

Рис. 6.5. Канадская часть Ниагарского водопада и отступание его (по С. К. Гильберту)

Анализ развития речных долин, как в равнинных, так и в горных областях показывает, что в выработке профиля равновесия реки играют большую роль не только главный базис эрозии, но и местные, или локальные, базисы, к которым относятся различные уступы, или пороги. На месте порога, или уступа, возникают водопады, которые размывают дно уступа, а с другой стороны подмывают его основание вследствие возникающих водоворотов. В результате уступ разрушается и отступает (рис. 6.5). Так, например, суммарное отступание известного Ниагарского водопада, низвергающегося с высоты около 50 м, с 1875 г. составило около 12 км, что соответствует приблизительно скорости отступания около 1,0-1,2 м/год. Такой уступ с водопадом является локальным (местным) базисом эрозии.

Часть реки, расположенная выше уступа, будет развиваться регрессивно применительно к нему, а ниже расположенная часть реки - к главному базису эрозии. Только после уничтожения уступа развитие профиля долины будет контролироваться главным базисом эрозии. Такими же местными базисами могут быть озера, расположенные в депрессиях первичного рельефа. До тех пор, пока это озеро не будет спущено или заполнено осадками, верхняя часть реки будет развиваться применительно к озеру. Таким образом, продольный профиль реки превращается в единый только по мере выравнивания кривой продольных уклонов местных базисов эрозии.

По мере выработки продольного профиля, приближающегося к стадии динамического равновесия, закономерно изменяется и форма поперечного профиля долины. На ранних стадиях ее развития, при значительном преобладании глубинной эрозии реки вырабатываются крутостенные узкие долины, дно которых почти целиком занято руслом потока. Поперечный профиль долины представляет или каньон с почти вертикальными, иногда ступенчатыми склонами и ступенчатым продольным профилем дна, или имеет V-образную форму (по сходству с латинской буквой v) с покатыми склонами. Эта первая стадия развития реки называется стадией морфологической молодости. Такие формы особенно хорошо выражены в пределах молодых горных сооружений (Альпы, Кавказ и др.) и высоких плоскогорий, где глубина речных долин достигает сотен метров, а местами 1 - 2 км.

Боковая эрозия. По мере выработки профиля равновесия и уменьшения уклонов русла донная эрозия постепенно ослабевает и все больше начинает сказываться боковая эрозия, направленная на подмыв берегов и расширение долины. Это особенно проявляется в периоды половодий, когда скорость и степень турбулентности движения потока резко увеличиваются, особенно в стрежневой части, что вызывает поперечную циркуляцию. Возникающие вихревые движения воды в придонном слое способствуют активному размыву дна в стрежневой части русла, и часть донных наносов выносится к берегу. Накопление наносов приводит к искажению формы поперечного сечения русла, нарушается прямолинейность потока, в результате чего стрежень потока смещается к одному из берегов. Начинается усиленный подмыв одного берега и накопление наносов на другом, что вызывает образование изгиба реки. Такие первичные изгибы, постепенно развиваясь, превращаются в излучины, играющие большую роль в формировании речных долин.

Временные горные потоки развиваются несколько отлично от оврагов. Их верховья расположены в верхней части горных склонов и представлены системой сходящихся рытвин и промоин, образующих вместе водосборный бассейн. Ниже по склону вода движется в едином русле. Этот участок горного потока называется каналом стока. В периоды сильных дождей и интенсивного таяния снега временные горные потоки движутся с большой скоростью и захватывают значительное количество различного обломочного материала, который способствует интенсификации эрозионной деятельности. При выходе на предгорную равнину скорость движения уменьшается, горные потоки ветвятся на многочисленные рукава, в результате чего весь принесенный обломочный материал откладывается. Так образуется конус выноса временного горного потока в виде полукруга, поверхность которого имеет наклон от горного склона в сторону предгорной равнины (рис. 6.3). В конусах выноса временных горных потоков местами наблюдаются дифференциация принесенного материала и зональность его распространения. В относительно крутой вершинной части конуса остается более крупный обломочный материал, который ниже может сменяться песками, супесями, а в краевой части - тонкими пылеватыми лёссовидными отложениями. Но такая последовательность отложений в конусах выноса часто нарушается, что связано с различными величинами периодически возникающих потоков и размерностью переносимого материала. Поэтому в вертикальном разрезе отложений конусов выноса местами имеет место переслаивание мелко- и крупнообломочного несортированного, слабо скатанного материала. Отложения конусов выноса временных горных потоков были впервые выделены А.П. Павловым в особый генетический тип континентальных отложений и названы пролювием (лат. "пролюо" - промываю). Конуса выносов, сливаясь друг с другом, образуют местами широкие подгорные волнистые шлейфы.

В аридных областях ряд постоянных водных потоков, стекающих с гор, разливаются на пустынных предгорных равнинах и образуют значительные по протяженности конуса выноса - "сухие дельты", в которых наблюдается постепенная смена крупнообломочного руслового материала в вершинной зоне песчаным и супесчано-суглинистым ниже. Во фронтальной же, или периферической, части, где периодически возникают разливы полых вод таких рек, образуются временные водоемы, накапливаются осадки застойно-водного типа - озерные осадки, наземные болотно-солончаковые и др.

В некоторых горных долинах периодически возникают мощные грязекаменные потоки, несущиеся с большой скоростью и обладающие огромной разрушительной силой. Они содержат до 70-80% обломочного материала от их общего объема. Грязекаменные потоки, возникающие при быстром таянии снега и льда или при сильных ливнях, называют селями в Средней Азии и на Кавказе, мурами - в Альпах. Нередко они носят катастрофический разрушительный характер.

Перенос. Реки переносят большое количество обломочного материала различной размерности - от тонких илистых частиц и песка до крупных обломков. Перенос его осуществляется волочением (перекатыванием) по дну наиболее крупных обломков и во взвешенном состоянии песчаных, алевритовых и более тонких частиц. Переносимые обломочные материалы еще больше усиливают глубинную эрозию. Они являются как бы эрозионными инструментами, которые дробят, разрушают, шлифуют горные породы, слагающие дно русла, но и сами измельчаются, истираются с образованием песка, гравия, гальки. Влекомые по дну и взвешенные переносимые материалы называют твердым стоком рек. Помимо обломочного материала реки переносят и растворенные минеральные соединения. Часть этих веществ возникает в результате растворяющей деятельности речных вод, другая часть попадает в реки вместе с подземными водами. В речных водах гумидных областей преобладают карбонаты Са и Mg, на долю которых приходится около 60% ионного стока (О. А. Алекин). В небольших количествах встречаются соединения Fe и Мn, чаще образующие коллоидные растворы. В речных водах аридных областей помимо карбонатов заметную роль играют хлориды и сульфаты. Соотношение влекомых, взвешенных и растворенных веществ различно в горных и равнинных реках. В первых из них наблюдается резкое преобладание взвешенных частиц при близких количествах растворенных веществ и влекомых наносов, представленных преимущественно галечниками, иногда с крупными валунами. В равнинных реках преобладают растворенные вещества, на втором месте взвеси и сравнительно малое число влекомых, представленных преимущественно песками с примесью гравия.

Аккумуляция. Наряду с эрозией и переносом различного материала происходит и его аккумуляция (отложение). На первых стадиях развития реки, когда преобладают процессы эрозии, возникающие местами отложения оказываются неустойчивыми и при увеличении скорости течения во время половодий они вновь захватываются потоком и перемещаются вниз по течению. Но по мере выработки профиля равновесия и расширения долин образуются постоянные отложения, называемые аллювиальными, или аллювием (лат. "аллювио" - нанос, намыв).

Рис. 6.6. Различные стадии формирования прирусловых отмелей

В накоплении аллювия и в формировании речных долин большую роль играют указанные выше изгибы рек, возникающие главным образом в результате турбулентного характера течения потока, когда поступательные движения воды сочетаются с поперечной циркуляцией. Но изгибы могут возникать и при наличии различных неровностей рельефа. Двигаясь по дуге изгиба, вода испытывает воздействие центробежной силы, и стрежень потока прижимается к вогнутому берегу, где вода опускается вниз, вызывая усиленный размыв дна, борта русла и захват обломочного материала. От подмываемого крутого берега придонные токи воды направляются к противоположному выпуклому берегу, где начинается интенсивная аккумуляция и образуется так называемая прирусловая отмель, частично обнажающаяся при спаде воды во время межени. Это начальный этап формирования аллювия (рис. 6.6, А).

Рис. 6.8. Участок поймы р. Индр г. Саккар (по А. А. Чистякову)

Рис. 6.7. Схема последовательного смещения речных меандр по мере их развития

Так шаг за шагом подмываемый берег становится обрывистым и постоянно отступает, увеличивая крутизну изгиба, а на другом берегу происходит постепенное наращивание прирусловой отмели (рис. 6.6, Б). Постепенное смещение подмываемых вогнутых берегов и наращивание русловых отмелей у выпуклых берегов приводит, в конце концов, к образованию крупных излучин, называемых также меандрами (по названию р. Меандр в Малой Азии). В результате последовательного развития речной долины происходят значительное расширение площади русловых аллювиальных отложений и образование низкого намываемого берега, который начинает заливаться только в половодье.

Такой низкий участок долины, сложенный аллювием, представляет пойму реки - часть долины, возвышающуюся над руслом, называемую также пойменной, луговой или заливной террасой. Поперечный профиль долины приобретает плоскодонную, или ящикообразную форму. Излучины, развиваясь, приобретают значительную кривизну, образуют серию петель, разделенных узкими перешейками (рис. 6.7). Местами происходит прорыв такого перешейка, и река на таких участках спрямляет свое русло. Осадки, накапливающиеся рядом с главным спрямленным руслом у концов покинутой излучины, заполняют оба ее конца, и она превращается в замкнутое озеро.

Такие озера постепенно заполняются осадками, приносимыми в половодья, зарастают, могут превратиться в болота или в сухие понижения. Отшнурованные от русла реки излучины называют старицами. Образование стариц и спрямление русел неоднократно проявлялось особенно на широких поймах равнинных рек, где наблюдаются остатки разных по времени отшнурованных русел на различных стадиях их развития и отмирания. Следует отметить также, что излучины развиваются не только в сторону берегов, но и вниз по течению. В результате выступы, сложенные коренными породами, постепенно срезаются, и образуется широкая пойменная терраса со сложным рельефом (рис. 6.8).

6.4. СТРОЕНИЕ ПОЙМ И ФАЦИАЛЬНЫЙ СОСТАВ АЛЛЮВИЯ

Рис. 6.9. Схема строения поймы (по Е. В. Шанцеру)

Под фацией понимается горная порода (или осадок) определенного состава, отражающая условия ее накопления. В аллювиальных отложениях пойм равнинных рек четко выделяются три фации: 1) русловая; 2) пойменная и 3) старичная (рис. 6.9). Русловая фация формируется в процессе нарастания и расширения прирусловых отмелей при миграции русла в сторону подмываемого берега и представлена песками различного гранулометрического состава, в основании песками с гравием и галькой. Пойменная фация формируется в периоды половодий, когда на поверхность поймы выпадает преимущественно взвешенный тонкий материал. Поэтому пойменный аллювий представлен преимущественно супесчано-суглинистым материалом. Старичный аллювий образуется в отшнурованных излучинах, превращенных в озера, где накапливаются супеси, суглинки, местами глины, богатые органическим веществом, а при заболачивании - болотные отложения. Старичные отложения могут в последующем перекрываться пойменными.

В пойме реки различаются: 1) прирусловой вал, примыкающий к главному руслу; 2) центральная пойма, расположенная за прирусловым валом, в пределах которой нередко выделяются два уровня: низкая пойма, заливаемая ежегодно полыми водами, и высокая, заливаемая в самые обильные паводки (см. рис. 6.8); 3) притеррасная пойма, самая пониженная тыловая часть поймы, примыкающая к берегу или надпойменной террасе. Стадию развития реки с формированием поймы называют морфологической зрелостью.

Аллювиальные отложения пойм горных рек существенно отличаются от равнинных. Вследствие значительных скоростей движения горных рек песчаные и глинистые частицы почти не оседают на дно, а переносятся к устьевым частям. Непосредственно же в долине реки откладывается более грубый материал - гравий, галечники с отдельными валунами. Эта русловая фация почти целиком слагает пойму горной долины. Пойменная же фация слабо выражена и развита не повсеместно, главным образом она встречается на расширенных участках долины, где представлена грубыми песками и супесями и часто находится в смеси с пролювиальными отложениями конусов выноса и коллювиальными образованиями. Для горных рек выделяют еще фацию подпруживания, формирующуюся перед различными перемычками, перегораживающими горные долины, где создаются спокойные условия для осаждения влекомых и мелких взвешенных наносов. Мощности горного аллювия изменяются от первых десятков метров местами до 40-50 м и более.

Суммарная мощность аллювия обычно 20-30 м, она примерно соответствует разнице абсолютных высот наиболее глубоких плесов и высоких паводков. Такой тип аллювия с нормальной мощностью назван В. В. Ломакиным перстративным или перестилаемым. Такая мощность аллювия формируется в условиях, близких к динамическому равновесию. Помимо указанного, выделен так называемый конспиративный или настилаемый аллювий, характеризующийся большей мощностью и многократным чередованием в разрезе русловых, пойменных и старичных фаций, т. е. происходит как бы наложение друг на друга пачек перстративного аллювия. Формирование такого мощного аллювия возможно или при тектоническом опускании, или вследствие периодической перегрузки реки наносами, вызываемой наряду с тектоническими движениями особенностями климата и режима стока.

6.5. ЦИКЛОВЫЕ ЭРОЗИОННЫЕ ВРЕЗЫ И НАДПОЙМЕННЫЕ РЕЧНЫЕ ТЕРРАСЫ

Рис. 6.10. Террасы р.Мурен в Северном Хангаре (фото В.А.Апродова)

Рис. 6.11. Типы речных террас

Геологическими и геоморфологическими исследованиями установлено, что в каждой долине горных и равнинных рек наблюдается серия надпойменных террас, возвышающихся над поймой и отделенных друг от друга уступами (рис. 6.10). Такие надпойменные террасы, формировавшиеся в различные этапы плиоцен-четвертичного времени, придают речной долине наиболее сложный ступенчатый террасированный поперечный профиль. В пределах равнинных рек обычно наблюдается до 3-5 надпойменных террас, в горных районах - до 8-10 и более. У каждой террасы различают следующие элементы (рис. 6.11): террасовидную площадку, уступ, или склон, бровку террасы и тыловой шов, где терраса сочленяется со следующей более высокой террасой или с коренным склоном, в который врезана долина.

Об эрозионном цикле в первом приближении можно судить по глубине эрозионного вреза от поверхности той или иной террасы до цоколя последующей более низкой террасы (Н3, Н2 и т.д.). Региональные цикловые террасы неоднородны по условиям развития и строения. Среди них различают следующие типы: 1) эрозионные, или скульптурные (террасы размыва); 2) эрозионно-аккумулятивные, или цокольные и 3) аккумулятивные. Эрозионные террасы встречаются главным образом в молодых горных сооружениях, где имеют место импульсы нарастания и спада тектонических движений, с которыми связаны изменения уклонов продольного профиля реки, вызывающих глубинную эрозию, а в конце цикла и боковую. В этих террасах почти вся террасовидная площадка и уступ до нижерасположенной площадки слагаются коренными породами и лишь местами на их поверхности встречаются отдельные маломощные галечники (рис. 6.11, А).

Аккумулятивные террасы характеризуются тем, что их площадки и уступы полностью сложены аллювиальными отложениями. Среди них по строению и соотношению разновозрастных аллювиальных комплексов выделяют наложенные и вложенные (рис. 6.11, Б). Аккумулятивные террасы имеют широкое распространение в пределах низменных платформенных равнин, а также в межгорных и предгорных впадинах (областях прогибания), где в ряде мест отмечаются значительные мощности аллювия. Эрозионно-аккумулятивные, или цокольные, террасы характеризуются тем, что в них нижняя часть уступа (цоколь) сложена коренными породами, а верхняя часть уступа - аллювиальными отложениями. Эрозионно-аккумулятивные надпойменные террасы приурочены чаще к переходным зонам от поднятий к погружениям, но встречаются местами и в пределах равнин (рис. 6.11, В).

Наличие надпойменных террас свидетельствует о том, что река протекала когда-то на более высоких уровнях, которые в последующем были прорезаны в результате периодического усиления глубинной эрозии. Образование террас связано с понижением базиса эрозии, тектоническими движениями и изменениями климата. Наибольшее значение имеет тектонический фактор. При поднятии суши в верховьях речного бассейна или опускании базиса эрозии изменяются уклоны реки и, следовательно, увеличивается ее живая сила, резко возрастает глубинная эрозия. В результате на месте плоскодонных долин вырабатываются вначале врезы V-образного типа, на новом уровне формируется профиль равновесия реки и затем новая пойма. Прежняя пойма остается в виде террасы, возвышающейся над новой поймой. При многократных понижениях базиса эрозии или поднятиях суши на склонах долин рек образуется система надпойменных террас. По взаимным превышениям террас, продольному профилю долины можно судить о том, как они развивались. При поднятии верховьев относительная высота террас постепенно уменьшается к низовьям, при опускании базиса эрозии, наоборот, относительная высота снижается к верховьям. Счет надпойменных террас производится снизу вверх. Самая нижняя I н. т. (самая молодая), следующая выше расположенная II н. т. и т. д. Самая высокая терраса - самая древняя.

Следует отметить, что речные потоки чутко реагируют на изменение скорости и направленности тектонических движений во времени и пространстве. Вследствие этого в пределах одной и той же реки можно наблюдать участки морфологически зрелой долины с хорошо выраженной поймой и участки, где пойма отсутствует, а река глубоко врезается в растущее на ее пути тектоническое поднятие. При этом интенсивность глубинной эрозии соизмерима со скоростью поднятия. Такие участки долины называются антецедентными. Влияние неоднородности локальных тектонических движений сказывается в строении надпойменных террас и изменении их высоты. При пересечении локального тектонического поднятия относительная высота террасы и ее цоколь повышаются, мощность аллювия значительно уменьшается, а его состав становится преимущественно грубозернистым в сравнении с составом аккумулятивных террас, расположенных выше и ниже поднятия. Такие локальные повышения террас нередко отражают унаследованное развитие от более глубоких древних структур. Вследствие этого анализу речных террас и долин рек уделяется большое внимание при поисках нефтегазоносных структур.

6.6. УСТЬЕВЫЕ ЧАСТИ РЕК

На формирование устьевых частей рек влияют многочисленные факторы: 1) расход воды в реке и его изменения во времени; 2) количество и состав переносимого рекой обломочного материала; 3) вдольбереговые морские течения; 4) приливы и отливы; 5) тектонические движения. В зависимости от соотношения указанных факторов формируются различные типы устьевых частей. Среди них наиболее типичны дельты и эстуарии. Дельта фактически представляет собой конус выноса обломочного материала, приносимого рекой. Когда река достигает моря, скорость течения падает. В результате этого большое количество материала, как влекомого по дну, так и находящегося во взвешенном состоянии, оседает. Таким путем образуется широкий наземный конус выноса с вершиной, обращенной к реке, и наклонным в сторону моря основанием. Часть принесенного материала выпадает в море, образуя подводную дельту, или авандельту. При относительно небольшой глубине моря русло реки быстро загромождается наносами и уже не может пропустить через себя все количество поступающей речной воды. В результате возникают прорывы берегов, и образование дополнительных русел, называемых рукавами или протоками, которые разбивают дельту на отдельные острова. Отдельные протоки постепенно отчленяются, мелеют, превращаются в озера. В ходе развития часть из них постепенно заполняется озерными осадками, часть зарастает и превращается в болота.

Рис. 6.12. Дельта р. Волги (по М. В. Кленовой)

При каждом половодье дельта реки меняет форму; расширяется, повышается и удлиняется в сторону моря. В результате образуются обширные аллювиально-дельтовые равнины со сложным рельефом и строением. Примером такой дельты является дельта Волги (рис. 6.12).

Отложения аллювиально-дельтовых равнин представляют собой комплекс континентальных и морских отложений, сложно чередующихся, характеризующихся быстрой сменой фаций в горизонтальном и вертикальном направлениях, частым выклиниванием, иногда линзовидной формой. Среди них выделяются следующие генетические типы: 1) аллювиальные (русловые и пойменные) отложения, представленные в равнинных реках песками и глинами, в горных - более грубым материалом; 2) озерные - преимущественно суглинистые отложения, богатые органическим веществом; 3) болотные - торфяники; 4) эоловые, возникающие в результате перевевания русловых отложений; 5) морские, образующиеся на суше при нагонных морских волнах, а в авандельте (и в пределах предустьевого взморья) помимо обломочного материала в результате коагуляции (лат. "коагуляцио" - свертывание) местами выпадают приносимые реками коллоидные вещества (Fe, Mn, A1 и др.). В устьях рек часто выпадают и органические коллоиды. Описанный тип развития и строения многорукавных дельт достаточно широко распространен во многих реках, и мощность дельтовых отложений в них близка к суммарной мощности аллювия в реке.

Существенно отличается от описанных дельта р. Миссисипи. Это так называемая лопастная дельта. Она подходит к морю в виде глубоких (2 - 3) русел - лопастей, похожих на раскрытые пальцы (так называемая "птичья лапа"), которые выдвигаются в Мексиканский залив с различной скоростью. Уникальность этой дельты в том, что лопасти ее расстилаются по всему широкому шельфу и выносимый рекой терригенный материал поступает прямо на континентальный склон. Это происходит в условиях прогибания земной коры со скоростью 1-4 см/год. Для дельты р. Миссисипи характерны большая мощность отложений (около 1000 м) и сложность строения. Дельты имеются у таких крупных рек, как Ганг с Брахмапутрой, Хуанхэ, Янцзы, Нил, Рейн, Лена, Волга и др.

Эстуарии (лат. "эстуариум" - берег, заливаемый приливом) - воронкообразные заливы, глубоко вдающиеся в долину реки. Притчард определяет эстуарий как полузакрытый прибрежный водоем, который свободно сообщается с океаном. Необходимыми условиями для развития эстуариев являются: наличие приливов и отливов; вдольбереговые течения; прогибание земной коры, превышающее скорость накопления осадков. Во время больших приливов морские воды далеко проникают в эстуарий, происходит турбулентное перемешивание двух водных масс - соленой морской и пресной речной, образующих во время отлива мощный поток, который выносит в море обломочный материал, принесенный рекой, где он подхватывается береговыми течениями. Только в определенных условиях часть тонкой взвеси осаждается в эстуарии. Дж. П. Кеннет отмечает также, что более тонкая глинистая взвесь при смешивании пресных вод с солеными флокулируется, т. е. частицы слипаются в агрегаты под действием электролита (морской воды). С увеличением размеров скорость осаждения этих агрегатов возрастает, и они выпадают в осадок. Эстуарии хорошо выражены у рек Сены, Эльбы, Темзы и других, в формировании которых решающую роль играют приливно-отливные и вдольбереговые течения. Вместе с тем имеются крупные эстуароподобные заливы в устьях рек Сибири - Енисее и Оби. Они образовались в результате прогибания местности и затопления морем низовьев рек. Это подтверждается наблюдениями в Карском море, на дне которого устье р. Енисея прослеживается до изобаты 100 м. С эстуариями по форме сходны лиманы (греч. "лимнэ" - бухта, залив) - расширенные устья рек, затопленные водами бесприливных морей (Черное и др.). Их образование также связано с прогибанием земной коры в устьевых частях рек. Примерами являются лиманы Днепра, Буга и др.

6.7. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕК

Изучение деятельности рек имеет большое теоретическое значение. Состав аллювия и соотношение его фаций, количество древних надпойменных террас и изменение их высот вдоль долины реки дают возможность понять историю новейшего развития района, характер новейших тектонических движений, климатических особенностей и т. п. Относительное превышение надпойменных террас одной над другой и над дном долины, глубина врезания на разных стадиях развития реки позволяют судить о размахе движений земной коры. Да и само заложение речных долин бывает предопределено особенностями глубинного тектонического строения территории. Они часто приурочены к ослабленным зонам (разломам, прогибам). Следует подчеркнуть также то, что реки являются главными поставщиками осадочного материала в Мировой океан.

С эрозионной и аккумулятивной деятельностью рек связано формирование особого типа месторождений ценнейших полезных ископаемых, называемых аллювиальными россыпными месторождениями. Если размыву рек подвергаются коренные месторождения или горные породы, содержащие тяжелые и химически стойкие минералы в рассеянном состоянии, то они переносятся на то или иное расстояние и откладываются вместе с другими аллювиальными отложениями. В процессе переноса и переотложения продукты размыва сортируются по плотности. Более легкие минералы истираются и выносятся реками. В россыпях же концентрируются минералы с высокой плотностью. По данным П. М. Татаринова, наиболее тяжелые минералы выпадают ранее, а менее тяжелые переносятся дальше. В первую очередь выпадают золото и платина, затем такие минералы, как вольфрамит, касситерит, магнетит, рутил, гранат, алмаз. Эти тяжелые и устойчивые минералы и образуют аллювиальные россыпи - промышленные скопления полезных ископаемых.

Рис. 6.13. Схематический разрез аллювиальной долинной россыпи (по П. М. Татаринову)

Россыпи в пойме и в речных террасах часто выражены в виде полосовидных залежей нижней части разреза аллювия. Схематический разрез аллювиальной долинной россыпи представлен на рис. 6.13, где снизу вверх залегают: 1) коренные породы, называемые "плотиком"; 2) элювиальный слой, перемытый и залегающий на месте образования (пески); 3) аллювиальные отложения галечников, иногда включающие валуны; 4) аллювиальные глины и песок ("торфа"); 5) коллювиальные и пролювиальные илы и глины, иногда со щебнем, местами со щебнистыми прослоями; 6) почвенно-растительный слой. Тяжелые минералы содержатся преимущественно в плотике, в его элювии и в галечниках. Они вместе образуют так называемый "пласт" россыпи. Иногда наблюдаются сложные россыпи, содержащие два или несколько горизонтов металлоносных отложений, расположенных на различных уровнях. Особенно большое практическое значение имеют россыпные месторождения драгоценных металлов - золота и платины. В настоящее время около 25% мировой добычи золота производится из россыпей. Но помимо россыпных месторождений, связанных с современными долинами рек, в ряде мест обнаружены ископаемые россыпи, формировавшиеся в различные этапы геологического времени, когда существовали континентальные условия и развивались речные системы. Эти россыпи отличаются от более молодых залеганием на большей глубине в толще других пород и сцементированностью. Они обычно представлены конгломератами. Классическим примером таких ископаемых россыпей являются золотоносные конгломераты Витватерсранда в Ю. Африке, где среднее содержание золота достигает 8 г/т и ивестны его большие суммарные запасы.

С древними дельтами местами также связаны важные полезные ископаемые. Так, угленосные свиты Подмосковного угольного бассейна представляют, скорей всего, именно аллювиально-дельтовые озерно-болотные отложения раннекаменноугольного возраста. Об этом свидетельствует строение угленосной свиты: линзовидный характер залегания пород и частые внутрифациальные размывы. По-видимому, и в формировании Канско-Ачинского угольного бассейна также играли существенную роль аллювиально-дельтовые озерные и болотные отложения. Глубокие преобразования аллювиально-дельтовых отложений, богатых органикой, при повышенных температурах и давлениях могут привести к образованию нефти и газа. Так, например, в строении плиоценовой продуктивной толщи Апшеронского полуострова, к которой приурочены газовые и нефтяные месторождения, также участвуют древние дельтовые отложения.

Работа текучих вод начинается с плоскостного стока и накопления делювия, эрозии, формирования оврагов и временных горных потоков, образующих конуса выноса, сложенные пролювием. Реки производят эрозионную, переносную и аккумулятивную работу. В большинстве речных долин развиты поймы и надпойменные речные террасы: эрозионные; эрозионно-аккумулятивные, или цокольные; аккумулятивные. В устьевых частях одних рек формируются дельты, в других - эстуарии.

Литература

Асеев А.А. Общие особенности строения речных долин СССР как показатель ритма колебательных движений земной коры// Геоморфология. 1984. N 3.

Елисеев В.И. Закономерности образования пролювия. М., 1978.

Заславский М.Н. Эрозиоведение. М., 1983.

Карташов И.П. Основные закономерности геологической деятельности рек горных стран. М.,1972.

Коржуев С.С. Геоморфология речных долин и гидротехническое строительство. М., 1977.

Костенко Н.Л. Геоморфология. М., 1985.

Лаврушин Ю.А. Аллювий равнинных рек субарктического пояса и перигляциальных областей материковых оледенений. М., 1963.

Процессы континентального литогенеза. М., 1980.

Чистяков А.А. Горный аллювий. М., 1978.

Чистяков А.А. Условия формирования и фациальная дифференциация дельт и глубоководных конусов// Итоги науки и техники. Общая геология. Т. 10. М., 1980.

Шанцер С.В. Очерки учения о генетических типах континентальных образований. М., 1966.