

27. Madagascar's need help forest // Africa. 1989. V. 30. № 9–10. P. 27.
28. *Lesourd M.* Construction national et istularite en milieu sahelien: La Republique du Cap-Vert // Tropiques lux et liens / Inst. fr. rech. sci. dev. coop. Paris. 1989. P. 421–434.
29. *Fay A.* Comment lutter efficacement contre l'erosion dans les montagnes rifaines et telliennes // Bull. assoc. géog. fr., 1993. V. 70. № 5. P. 399–407.
30. *Rooseboom A., Harms H.J. von M.* Changes in the sediment load of the Orange River during the period 1929–1969 // IAHS Publ. 1970. № 128. P. 459–470.
31. *Rowntree K.M., Ntsaba M.M., Weaver A. van B.* Changing patterns of erosion in a periurban catchment, Maseru, Lesotho // IAHS Publ. 1991. № 203. P. 93–102.
32. *Watson H.K.* An assessment of the validity of the general perception of soil erosion in the Mfolozi catchment, Southen Africa // Geookodynamik. 1993. V. 14. № 1–2. P. 75–84.

Казанский государственный
университет

Поступила в редакцию
27.09.99

VARIABILITY OF EROSION AND SOLID RUNOFF IN AFRICA DURING THE SECOND HALF OF 20th CENTURY

A.V. GUSAROV

S u m m a r y

Recent changes of erosion processes in Africa in different climatic zones are characterized on the basis of published solid runoff data. The main factor of erosion variability within the continent is human activity: disforestation, breaking the grounds, pasturage. The influence of climatic factor is clear manifested only under relatively weak human impact.

УДК 551.435.162 + 551.435.17(470.323)

© 2000 г.

Р.А. КРАВЧЕНКО

АККУМУЛЯТИВНЫЙ ПРОЦЕСС В РАЗВИТИИ ОВРАЖНЫХ СИСТЕМ

Исследованию вопросов взаимосвязи эрозии и аккумуляции, саморегуляции рельефа, особенностей развития эрозионных форм, связанных с внутренними закономерностями флювиального процесса, уделяется повышенное внимание в работах целого ряда ученых.

Концепция единого эрозионно-аккумулятивного процесса, разработанная Маккавеевым [1], предусматривает тесную взаимосвязь и взаимовлияние эрозии и аккумуляции. На внутреннюю противоречивость в развитии эрозионных форм указывал Спиридонов [2]. Как непрерывно-прерывистый обозначает характер прохождения денудации Тимофеев [3]. Саморегуляция рассматривается как причина смены периодов роста длины эрозионных форм периодами их укорачивания [4]. При неизменных внешних условиях возможно циклическое саморазвитие системы [5]. Чередование смыва и аккумуляции было выявлено как для разных участков склона, так и для одних и тех же в разные отрезки времени. Отмечается пульсирующий характер процесса, его прерывистость [6–8 и др.]. При исследовании самоорганизации в развитии форм рельефа Поздняков и Черванев [9] делают заключение, что эрозия и аккумуляция взаимопогашаются, сравнивая саморегулирование этих процессов с колебаниями маятника.

Выявленные особенности в развитии овражно-балочных форм позволили А.И. Скоморохову сформулировать положение о возвратно-поступательном развитии флювиального рельефа. В оврагах и балках всегда сохраняются потенциальные возмож-

ности для повторного вреза. Активный рост оврагов прерывается аккумуляцией, которая может продолжаться до их полного исчезновения или прерываться новой вспышкой эрозионной деятельности. Смена эрозионного процесса аккумулятивным объясняется внутренними закономерностями в развитии флювиального рельефа. Искусственно усиленная аккумуляция в оврагах по балочным днищам снижает активность эрозии на водосборе [10–13]. В дискуссии по последнему положению [14] было высказано сомнение о влиянии аккумуляции на эрозионный процесс.

Распространение овражных отложений, наличие погребенных оврагов приводило исследователей к необходимости выяснения причин этого явления. На неоднократное захоронение и откапывание эрозионных форм обращал внимание ряд ученых [15–17], которые объясняли чередование вреза и заполнения оврагов изменениями климата и других внешних условий. Таким образом в научном направлении, изучающем общие, внутренние закономерности эрозионно-аккумулятивных процессов, существует целый ряд неясных и дискуссионных вопросов. Как проявляется воздействие аккумуляции в формах рельефа и их динамике? Чередование вреза и заполнения – это результат воздействия изменяющихся внешних факторов, или закономерное проявление внутренней противоречивости флювиального процесса? Оказывает ли аккумуляция в балочных днищах влияние на развитие флювиального процесса в пределах склонов? Существует ли принципиальная возможность использования аккумуляции наносов для борьбы с эрозией?

Материал, необходимый для решения сформулированных проблем, был получен нами при исследовании овражных систем в Курской обл. (преимущественно в правобережной части бассейна р. Сейм). Под овражной системой понимается совокупность донных и береговых (склоновых) оврагов, находящихся во взаимодействии. В основу работы положены материалы анализа разновременных аэрофотоснимков и результаты полевых исследований, проводимых с целью определения морфометрических характеристик, динамики эрозионных форм и анализа современных отложений (по данным бурения, расчисток и обследования естественных обнажений).

Рассмотрение вопроса о развитии овражных систем требует коротко остановиться на изложенных ранее особенностях динамики донных оврагов [10, 13, 18]. В направлении от вершины к устью наблюдается уменьшение глубины оврага и расширение его днища за счет увеличения аккумулятивной составляющей в объеме эрозионной формы. Вершинный прирост может не приводить к удлинению донного оврага. Прирастающая вершиной, овраг укорачивается в результате заполнения рыхлыми отложениями его устьевой части. Для 47% оврагов преобладание вершинного прироста или устьевого заполнения не превышает 0,25 м/год. Заполнение происходит за счет материала, вовлеченного потоком в транспортировку: продуктов вершинного размыва, смыва с водосбора, ранее отложенного в овраге материала и др. В многолетнем разрезе это выглядит как передвижение оврага по балочному днищу. Отложения на дне перекрывают склоны оврага, изменяя его поперечный профиль с треугольного в сторону корытообразного, вплоть до полного исчезновения отрицательной формы рельефа. Интенсивность осадконакопления на дне выше, чем скорость отступления и выполаживания овражных склонов.

По длине балочного днища часто развивается несколько размывов и происходит многократная смена отмерших донных оврагов на более молодые. О фактах заполнения свидетельствуют многочисленные обнажения в вершинах и по стенкам оврагов, которые вскрывают современные намытые, слоистые, прогумусированные, слабоуплотненные овражные отложения. Часто встречаемые погребенные обломки кирпича, шифера, стекла, не сгнившей древесины свидетельствуют о высоких скоростях захоронения и повторного размыва одних и тех же участков.

Сходные процессы характерны и для береговых оврагов, однако их заполнение, так же как и прирост, происходит медленнее, чем донных оврагов. Постепенное заполнение береговых оврагов приводит к изменению их положения относительно местного базиса эрозии, которым является донный овраг.

**Частота встречаемости (%) береговых оврагов различных
фаз развития в системе донный овраг – береговой овраг
(средние значения по трем временным срезам)**

Группы береговых оврагов	Характер связи береговых оврагов с донными		
	Непосредственная связь (четко выражена), %	Переходное состояние, %	"Оторванные" (не имеют видимой связи), %
Все береговые овраги	56,0	12,9	31,1
Береговые овраги в районах активного заполнения донных оврагов	21,2	19,2	59,6

Береговые овраги по характеру их связи с донными были объединены в три группы. Первая – активно развивающиеся береговые овраги, имеющие непосредственную, четко выраженную связь с донными. Когда в береговом овраге начинается активная аккумуляция и его устьевая часть оказывается более или менее полно занята наносами, связь русла устьевой части берегового оврага с донным нечеткая (переходное состояние) – вторая группа. При дальнейшем развитии активной аккумуляции береговой овраг утрачивает видимую связь с донным, становится как бы "оторванным", "отшнурованным" от него. Устьевая часть берегового оврага заполнена и может располагаться почти вплотную к бровке донного оврага или отстоять от него на десятки и первые сотни метров. О наличии ранее связи между ними свидетельствуют геологические разрезы – третья группа. Выделенные три состояния береговых оврагов являются по сути фазами аккумулятивной стадии развития.

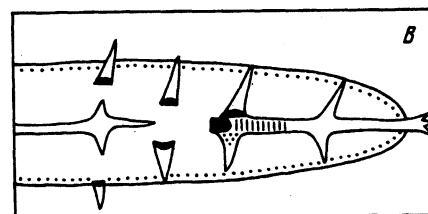
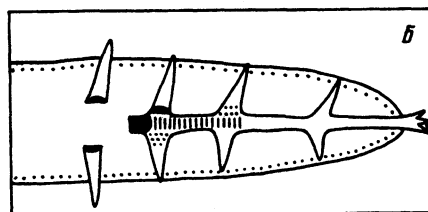
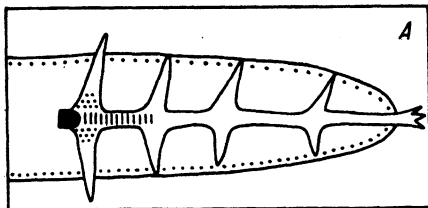
Для территории ключевого участка, расположенного в пределах Курчатовского района Курской обл., было подсчитано процентное соотношение береговых оврагов, находящихся в разных фазах развития, по трем временным срезам (1950, 1966, 1983 гг.). Было учтено 990 оврагов. Отклонения в величинах по годам крайне незначительны, т.е. на территории сохраняется примерно одинаковое, типичное соотношение оврагов различных фаз. Средние величины соотношения береговых оврагов приведены в первой строке таблицы. Эти значения можно принять за константу, ввиду их слабой изменчивости во времени. Было проведено сравнение этих величин с такими же средними значениями, но только для береговых оврагов, которые расположены в тех частях балочных водосборов, где по днищам балок наблюдаются хорошо выраженные процессы заполнения донных оврагов.

Для группы эрозионных форм, приуроченных к районам активной аккумуляции донных размылов, характерно существенное повышение доли оврагов, имеющих тенденцию к заполнению. Таким образом, аккумуляция, распространяющаяся в донных оврагах, охватывает и приуроченные к ним береговые овраги. Обращает на себя внимание тот факт, что заполнение и "отрыв" начинаются в тех береговых оврагах, которые привязаны к устьевой части донных, когда в последних наблюдается смещение конусов выноса в сторону вершины оврага. Дальше наступает очередь склоновых размылов, приуроченных ближе к вершинной части донных. Длина береговых оврагов, раньше утративших связь с донными, продолжает уменьшаться за счет заполнения устьевых частей. Вершина оврага может давать прирост или оставаться практически неизменной в пространстве. Принципиальная схема аккумулятивной стадии развития овражной системы (рисунок) показывает, как происходит постепенный "отрыв" и заполнение береговых оврагов вслед за донными. При повторном врезе донного оврага, начинающемся с погребенной устьевой части более древней формы, происходит образование новых береговых размылов. Наблюдается многоярусное (чаще двухъярусное) расположение эрозионных форм, когда вершинная часть берегового оврага предыдущего врезе еще продолжает жизнь, а в нижней части склона ее "догоняет" овраг более молодого возраста. В случае, когда скорость аккумуляции в эрози-

Принципиальная схема аккумулятивной стадии развития овражной системы

А, Б, В – условные временные срезы

1 – бровка балки, 2 – донные и береговые овраги; 3 – частичное заполнение донного оврага, 4 – намечающийся отрыв берегового оврага от донного, 5 – участки активного заполнения оврагов



онной форме верхнего яруса превышает скорость прироста "догоняющего" ее оврага нижнего яруса или же значительная часть расположенного выше размыва оказалась заполнена до начала нового вреза, то более молодой овраг будет развиваться по полностью погребенной форме. Если размыв нижнего яруса своей вершиной прорезает устьевую часть оврага верхнего яруса, то наблюдается их слияние и активизация. Таким образом, происходит непрерывающаяся смена эрозионной и аккумулятивной стадий в развитии оврагов. Когда не завершается полностью один цикл развития оврагов (конечной стадией которого может быть полное погребение овражной системы), то начинаются процессы повторного размыва и одна "волна" догоняет другую.

При анализе по временным срезам береговых оврагов, приуроченных к заполняющимся донным, наблюдается усиление с течением времени тенденции к заполнению склоновых размывов (в отличие от константных величин). Кроме того, встречаются полностью погребенные овраги. Их можно отнести к четвертой, заключительной, фазе аккумулятивной стадии развития овражного рельефа. Однако для полного погребения берегового оврага требуется сочетание определенных условий, одно из основных – отсутствие повторных размывов. По всей видимости, в большинстве случаев период времени, необходимый для заполнения оврага по всей длине, более длительный, чем период, необходимый для возникновения нового вреза и активизации отмирающего оврага. Некоторые овраги не могут быть полностью захоронены (в силу своего местоположения или размеров) без изменения современных условий морфогенеза, однако будет происходить их частичное заполнение и откапывание.

Интерес представляют многоярусные овраги, как выраженные в рельефе размывы, принадлежащие к разным периодам вреза и развивающиеся по унаследованным формам (хотя часто и с некоторым отклонением в пространстве). При рассмотрении их в зависимости от заполнения донных оврагов отмечаются сходные, с описанными выше, тенденции. Многоярусные эрозионные формы составляют 26,6% от общего количества береговых оврагов. Наблюдается повышение доли многоярусных склоновых форм в районах активного заполнения донных до 34,0%. Это связано с тем, что часть оврагов нижнего яруса охвачена активной аккумуляцией (распространяющейся от донных оврагов), которая затормаживает прирост береговых оврагов, не давая им возможности слиться в единый размыв. Отмечены случаи перехода оврагов из многоярусных в одноярусные при исчезновении (за счет полного захоронения) эрозионных форм одного из ярусов.

Была определена среднегодовая разность между скоростью заполнения оврагов верхнего яруса и скоростью вершинного прироста форм нижнего яруса: она близка к нулевым значениям и составляет $-0,02$ м/год. В районах активного заполнения донных

оврагов эта величина составляет +0,16 м/год, скорость заполнения эрозионных форм верхнего яруса превышает скорость вершинного прироста размывов нижнего яруса. И при таких условиях овраги имеют больше возможностей для заполнения, хотя интенсивный эрозионный врез последнего периода может прервать процессы погребения. Таким образом, при рассмотрении многоярусных эрозионных форм можно сделать вывод, что в конечном итоге аккумуляция в донных размывах сдерживает вершинный прирост береговых оврагов.

Овраги – продукт деятельности природных процессов (хотя и при все более возрастающем антропогенном влиянии). И вместе с тем, природные факторы являются внешними по отношению к оврагам, как саморазвивающейся системе. В пределах исследуемого ключевого участка овраги развиваются в однородной толще лессовидных суглинков. И в подавляющем большинстве случаев не вскрывают коренных пород. Признаков дифференцированных тектонических движений не выявлено. Почвенный покров объекта однороден (серые лесные почвы). Существенных изменений климата за период жизни оврагов не наблюдалось. Сравнение средних многолетних значений осадков и температуры за два временных отрезка между периодами проведения аэрофотосъемки показывает, что различия были крайне незначительными. Кроме того, анализ динамики овражных форм не дает возможности объяснить развитие системы с помощью направленных изменений внешних факторов. Особенно это наглядно при рассмотрении донных и береговых многоярусных оврагов. В эрозионных формах, расположенных друг от друга на незначительном расстоянии и имеющих сходные параметры водосборов, наблюдается как смена вреза заполнением, так и противоположно направленное развитие.

За рассматриваемый отрезок времени существенных изменений в характере хозяйственного использования также не наблюдалось. Для овражных водосборов были подсчитаны средние многолетние значения коэффициентов эрозионной опасности сельскохозяйственных культур. Полученные значения для временных интервалов между моментами аэрофотосъемок свидетельствуют о незначительных отклонениях.

Смену современного заполнения и вresa в овражных системах нельзя объяснить воздействием внешнего толчка. Исследование механизмов развития эрозионных форм, а также природных и антропогенных факторов, приводит к выводу, что внутрисистемные превращения циклического развития оврагов обусловлены внутренними закономерностями флювиального процесса. А изменение внешних факторов будет накладывать свои особенности на саморазвитие форм рельефа.

Сходные процессы характерны и для более мелких форм линейной эрозии, таких, как промоины. По четырём временным срезам было прослежено развитие густой сети глубоких промоин на балочном склоне (балка близ с. Жмакино Курчатовского района). Вслед за заполнением борозды в нижней части склона (местный базис эрозии для данных размывов) происходило постепенное заполнение промоин, начинающееся с устьевых частей. На участке склона с полным отсутствием следов эрозионных форм были заложены разрезы, вскрывшие погребенные промоины. После захоронения промоины водный поток стал распластанным по склону и потерял способность выносить значительное количество почвенных частиц, по сравнению с руслом, имевшим треугольное поперечное сечение. Следовательно, увеличивается число переложений твердых частиц, уменьшается вынос почвы со склона в днище балки. Наряду с трансформацией плоскостного стока в линейный происходит обратный процесс – трансформация линейного стока в плоскостной. Эрозия изменяет рельеф, но тем самым изменяет свой тип и интенсивность [19].

Решение вопроса о возможности использования аккумуляции наносов для борьбы с эрозией [12, 14] сдерживалось недостатком конкретных исследований. Результаты, полученные в настоящей работе, подтверждают принципиальную возможность использования приемов по задерживанию твердого стока для снижения активности эрозии (линейной и плоскостной) на склонах и приводят к необходимости переоценки ряда методов. Улавливание наносов надо рассматривать не только в связи с водоохранным

значением и защитой земель от заноса, но и с точки зрения воздействия на эрозионный процесс. Например, создание прудов в донных оврагах приведет к активизации аккумулятивных процессов и снижению эрозии в пределах водосбора. Однако вопросы насколько, за какой отрезок времени и при каких условиях возможно эффективное использование аккумуляции как противоэрозионного приема требуют своего решения.

Выводы

1. Аккумуляция в донных оврагах активизирует аналогичные процессы в береговых оврагах, сдерживая их вершинный прирост.
2. Циклическое развитие овражных систем обусловлено внутренними закономерностями флювиального процесса.
3. Аккумуляции наносов в днищах эрозионных форм может быть использована как один из методов борьбы с эрозией на склонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маккавеев Н.И. Некоторые особенности эрозионно-аккумулятивного процесса // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 8. М.: Изд-во МГУ, 1981. С. 5–16.
2. Спиридонов А.И. К изучению овражной эрозии // Вопр. геогр. Сб. 21. 1950. С. 123–127.
3. Тимофеев Д.А. Элементарные морфологические единицы как объект геоморфологического анализа // Геоморфология. 1984. № 1. С. 19–29.
4. Некос С.В., Дамасевич А.Н. Закономерности развития эрозионных процессов на северо-востоке Украины // Экзогенные процессы и окружающая среда: Докл. Всесоюз. совещ. Казань, 1988. М.: Наука, 1990. С. 156–162.
5. Фирсенкова В.М. Временная изменчивость эрозионных процессов в агросистемах Центральной лесостепи // Временная организованность геосистем. М.: ИГАН СССР, 1988. С. 152–156.
6. Агафонов Б.П. Прерывистая денудация // Геология и геофизика. 1982. № 9. С. 119–121.
7. Козлова А.Е. Количественная оценка процессов плоскостного смыва на склонах в аридной зоне Тургайского прогиба (на примере плато Кызильтау) // Геоморфология. 1977. № 2. С. 70–79.
8. Часовникова Э.А. Полевые экспериментальные исследования плоскостного смыва и его закономерностей в лесостепном Поволжье (на примере Ульяновской области) // Геоморфология. 1985. № 2. С. 95–103.
9. Поздняков А.В., Черванев И.Г. Самоорганизация в развитии форм рельефа. М.: Наука, 1990. 204 с.
10. Скоморохов А.И. Продольный профиль тальвега в балках и оврагах // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1978. № 3. С. 74–81.
11. Скоморохов А.И. К развитию форм овражно-балочного рельефа // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1981. № 5. С. 114–121.
12. Скоморохов А.И. О двух тенденциях в развитии овражно-балочного рельефа и возможностях противоэрозионной защиты почв // Геоморфология. 1984. № 1. С. 103–111.
13. Скоморохов А.И. О возвратно-поступательном развитии флювиального рельефа // Геоморфология. 1990. № 2. С. 12–19.
14. Рожков А.Г., Бахирев Г.И., Гайворон Т.Д. О роли аккумуляции твердого стока в борьбе с оврагами и смывом почвы // Геоморфология. 1985. № 3. С. 78–83.
15. Козменко А.С. Основы противоэрозионной мелиорации. М.: Сельхозгиз, 1954. 423 с.
16. Smith B.J. Effects of climate and land-use change on gully development: An example from Northern Nigeria // Z. Geomorphol. 1982. Suppl. 44. P. 33–51.
17. Bettis E.A. Gully erosion // Iowa Geology. 1983. № 8. P. 12–15.
18. Кравченко Р.А. Аккумулятивная стадия развития овражных систем в суходолах и противоэрозионная защита земель (на примере Курской области): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: Ин-т географии РАН, 1998. 18 с.
19. Тимофеев Д.А. Геоморфологические и палеогеографические аспекты проблемы эрозии почв // Геоморфология. 1988. № 2. С. 14–28.

Accumulation in the bottom gullies activates the filling of the bank gullies and retards their heads growth. Cyclic alternation of gullies deepening and filling is caused by internal regularities of erosion-accumulation process. Bottom accumulation in gullies may be used in slope erosion protection.

УДК 551.435.162(470.1/.25 + 571.1/5)

© 2000 г.

Б.П. ЛЮБИМОВ

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ В ЗОНЕ ТУНДРЫ¹

В нашей работе, посвященной зональным особенностям овражной эрозии [1], говорилось об общих закономерностях, присущих различным зонам. Следует, наверное, подробнее разобрать зональные особенности овражной эрозии по каждой зоне, чтобы показать более конкретно, как влияют различия зонального характера на геоморфологию и механизм развития оврагов. В качестве первого такого примера выбрана зона тундры, в которой автор работал много лет и где накоплено достаточно материала для анализа.

По овражной эрозии в тундре в последнее время появилось много новых публикаций, в которых основной упор делается на анализ процесса термоэрозии и на модели развития оврагов по законам классической гидромеханики [2–4]. Это, безусловно, новый и очень важный аспект изучения процесса овражной эрозии, поскольку он дает в первом приближении количественную характеристику и прогноз развития процесса.

Однако, по нашему мнению, все обстоит не так просто. В зоне тундры протекают не только процессы термоэрозии. В оврагах и на овражных склонах активны зональные процессы нивации, солифлюкции, термокарста. Отрицательные линейные формы, каковыми являются овраги, заполнены снежниками, которые в течение весны или всего лета существенно перераспределяют сток и тем самым приводят к несколько иному типу развития оврага, чем при "чистой" термоэрозии. Абстрагироваться от этих зональных процессов при первом приближении и ограничиться только анализом процесса эрозии или термоэрозии можно, но при дальнейшем, более углубленном анализе желательно их учесть.

Сравнивая геоморфологию оврагов и механизм их формирования в зоне тундры и в более южных зонах, возникают следующие вопросы: 1. почему вершины оврагов в тундре, почти всегда заполненные снежниками (весенними и перелетками), имеют циркуобразную или грушевидную форму в плане в отличие от клиновидных и каньонообразных форм южных зон? 2. почему в продольном профиле оврагов в тундре и их отвершков в самой верхней части почти всегда имеется некоторая площадка или даже углубление, соответствующие зоне нивальной консервации и залегающим в вершине снежникам? 3. почему поперечные профили оврагов в тундре помимо "южного" клиновидного V-образного отличаются большим разнообразием (здесь и различные виды асимметричных профилей, и ящикообразные, и корытообразные?) 4. каким образом может сочетаться плоская форма днища с очень крутым продольным профилем оврага? 5. почему в плановом рисунке овражной сети не всегда наблюдается

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 97-05-64096).