



Г.П.Бутаков, О.П.Ермолаев, В.И.Мозжерин,
И.П.Ковальчук, Л.Ф.Литвин, А.Ю.Сидорчук,
А.В.Чернов

(Казанский, Львовский, Московский универ-
ситеты)

ФОРМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ НА МАЛЫХ РЕЧНЫХ ВОДОСБОРАХ

Вопросы изучения и оценки роли склонового смыва, линейной эрозии, транспортировки наносов и их аккумуляции в различных звеньях флювиальных систем важны как для решения практических задач, так и теоретических проблем динамической и экологической геоморфологии. Интенсивное антропогенное воздействие (сведение лесов, распашка земель) привело к усилению процессов эрозии на водосборах, что вызвало нарушение сложившегося естественного равновесия эрозионно-аккумулятивных процессов во всех звеньях гидросети. Ускоренный, а местами катастрофический смыв почв на склонах водосборов, вынос материала по ложбинам, интенсивный рост оврагов привели к поступлению в балки, русла малых рек и на их поймы большого количества наносов. В результате произошло обмеление и заиле-

ние малых рек, отмирание их русел, особенно в верхних звеньях гидросети, резкое ухудшение состояния пойменных земель. Для оценки масштаба этих явлений и разработки научно обоснованных схем противоэрозионных мероприятий необходимо выявить количественные характеристики эрозионно-аккумулятивных процессов в системе "склон-овраг-балка-пойма и русло малой реки" в разных природных зональных и региональных условиях при разном антропогенном воздействии.

Пояса эрозии на склонах в речном бассейне

Увеличение объема и концентрации склонового поверхностного стока, происходящее в распаханном речном бассейне от водораздела к днищу долины, обуславливает закономерную смену в этом же направлении видов эрозии, каждый из которых характеризуется набором типичных для них признаков (Ермолаев, 1987). Рубежи, где происходит трансформация одного механизма смыва в другой, могут быть идентифицированы на склонах различной морфологии с большой точностью. Это позволило выделить пояса с определенными (ведущими) механизмами эрозии, пространственная организация которых представляет структуру бассейновой эрозии (СБЭ). Полный спектр СБЭ, начиная от водораздела, включает следующие пояса: 1 - капельно-дождевой деструкции (ПКД); 2 - микроручейковой (ПМЭ); 3 - струйчатой (ПСЭ) и 4 - овражной эрозии (ПОЭ). Залесенные участки бассейнов и чрезвычайно редкие сейчас целинные участки водораздельных поверхностей образуют ареалы отсутствия эрозии, где смыв не наблюдается или ничтожно мал.

Анализ СБЭ в более чем 300 репрезентативных бассейнах (а ими являются бассейны выше 3 порядка) на востоке Русской равнины (лесная, лесостепная и степная зоны) позволил установить средние значения ширины (м) и площади (% от площади бассейна) поясов эрозии: ПСЭ - 453 м, 50,7%; ПМЭ - 384 м, 38%; ПКД - 133 м, 8,0%; ПОЭ - 156 м, 3,3%.

Наиболее эффективным методом идентификации СБЭ является дешифрирование крупно- и среднемасштабных аэрофотоснимков. Для каждого эрозионного пояса присущ свой спектральный "образ" что, вместе с плановой основой изображения на АФС, является принципиально важным в установлении СБЭ.

По отдельным компонентам каждого эрозионного пояса был

собран фактический материал, помогающий раскрыть условия функционирования всей эрозионной системы. Наиболее значительными из них являются крутизна, длина, форма склона, тип почв и их механический состав, характер сельскохозяйственной обработки склона и агрофон, интенсивность снеготаяния и выпадения жидких осадков, то есть набор факторов, обуславливающих изменение склонового поверхностного стока.

Анализ зависимостей ширины и площади поясов эрозии от крутизны склонов свидетельствует, что с увеличением крутизны происходит резкое сокращение ПКД, ПМЭ и рост ПСЭ и ПОЭ. Суммарное влияние крутизны и длины склона предопределяет развитие ПМЭ, ПСЭ и в меньшей степени ПОЭ. Фактор крутизны опосредованно участвует в дифференциации бассейновой эрозии на фоне действия других факторов, часто их затушевывая, а иногда и принципиально меняя характер связей. Хорошая водопроницаемость песков и карбонатно-кремнистых пород обуславливает минимальную длину линейных (ПСЭ, ПОЭ) и максимальное развитие эрозионно слабоактивных поясов (ПКД, ПМЭ). Уменьшение водопроницаемости пород от глинисто-мергельных к глинистым и суглинистым сопровождается резким сокращением ПКД и ПМЭ и активным ростом поясов линейной эрозии (ПСЭ, ПОЭ).

Благодаря большей интенсивности снеготаяния на склонах южной экспозиции ПСЭ и ПОЭ имеют и большую ширину по сравнению с северной экспозицией, где наилучшее развитие получает ПКД и особенно ПМЭ. Чем выше залесенность, тем меньшую площадь занимают ПСЭ и ПОЭ при относительно стабильной доли ПКД. В сильно залесенных районах подзоны южной тайги бассейновая эрозия минимальна. В СБЭ практически не присутствуют 3 пояса (ПКД, ПСЭ, ПОЭ). Вырубка лесов и последующая распашка земель катастрофически снижают противоэрозионную защиту почв, что приводит к гипертрофированному развитию линейной эрозии, на долю которой приходится до половины и более площади бассейна. Происходит упрощение СБЭ. Необходимо отметить, что при лесистости бассейнов свыше 90% поясная СБЭ распадается практически полностью. Это позволяет утверждать об антропогенном характере поясной структуры бассейновой эрозии.

Анализ АФС повторных залетов свидетельствует об относительной стабильности границ эрозионных поясов в многолетнем

разрезах. В то же время, по материалам стационарных наблюдений пояса эрозии обнаруживают значительную внутригодовую динамику. Наиболее подвижной является граница между ПМЭ и ПСЭ, которая по завершении ливневого стока располагается значительно ниже (30–150 м) ее положения после талого стока. Чем больше интенсивность снеготаяния, тем меньше ширина ПКД и ПМЭ и тем больше ширина ПСЭ.

Используя почвенно-морфологический метод, а также зная период интенсивного агрикультурного освоения бассейнов (по историко-архивным материалам), удалось определить интенсивность эрозионных потерь почвы в поясах эрозии (для лесной и лесостепной зоны). В среднем за год по поясам эрозии они составили: в ПКД – 0,06 мм; в ПМЭ – 0,25 мм; в ПСЭ – 0,45 мм, в ПОЭ – 0,54 мм. Вклад дефляции в эти цифры незначителен, на 1–2 порядка ниже, чем интенсивность эрозии.

Значительное влияние оказывают на эрозионно-аккумулятивные процессы различия в форме склонов. Так, на распаханых выпукло-вогнутых склонах Подольской возвышенности методом водоронин определялось изменение интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов по длине склона (табл. I). Выявляются ПКД и ПМЭ в верхней пологой части склона, ПСЭ в средней крутой части склона и пояс аккумуляции материала в нижней пологой части склона.

Количественные данные, подтверждающие роль формы склонов в эрозионно-аккумулятивных процессах, получены в результате натурных измерений стока воды и наносов в различных поясах эрозии на склонах юга таежной зоны (Калужская область). Эти измерения проводились путем замеров расходов воды объемным способом и отбора проб на мутность в замыкающих створах склоновых водосборов. Экспериментальные водосборы располагались на пахотных склонах разных морфологических типов – собирающих (водосборы ложбин и потяжин), рассеивающих и прямых; с разной экспозицией, средней крутизной от 2,5 до 4 градусов и площадью от 2 до 12 гектаров. Выдерживались следующие методические принципы: а) водосборы ограничиваются только естественными рубежами стока; б) измерительные устройства не вносят изменения в гидравлику потоков (что достигалось применением специально сконструированных лотков и делителей стока); в) наблюдения

Особенности проявления эрозивно-аккумулятивных процессов на распахиваемых склонах
Подольской возвышенности

Экспозиция, бассейн, агрофон, осадки	Крутизна участка склона град	Показатели учебных площадок			Количество во эро- зионных борозд	Объем эрозий- ных борозд, м ³	Слой смыва почвы, мм	Объем аккумуля- ции м ³
		длина м	ширина, м	площадь га				
I	2	3	4	5	6	7	8	9
1985 г.								
Ежнал, вспашка	0-2,5	60	50	0,30	0	0	0	0
вдоль склона.	2,5-4	50	50	0,25	9	0,35	0,14	0,01
Бассейн р. Дуб-	4-5	50	50	0,25	33	1,68	0,71	0,06
ровки. Слой воды	5	50	50	0,25	42	2,40	0,96	
в снеге	6	80	50	0,40	31	4,33	1,08	
36,8 мм	7	70	50	0,35	49	7,41	2,12	
	8	70	50	0,35	54	9,16	2,62	
	9-11	70	50	0,35	51	7,85	2,24	1,31
	5	30	50	0,15	38	2,01	1,33	4,79
	1	90	50	0,45	8	0,22	0,48	5,35
	1	50	50	0,25	2	0,05	0,20	12,25
	0-1	50	50	0,25	1	0,005	0,02	4,82
Итого				3,35		34,455	1,06	28,60 =
								0,85 мм
								A = 80,6%

[illegible]

проводятся на фоне зональной агротехники и производственных севооборотов; г) частота измерений обеспечивает освещение всего диапазона расходов воды и мутности (в светлое время суток ежедневно, ночью реже в зависимости от величины расходов).

Оценка аккумуляции наносов на склонах и в верховьях суходольной сети проводилась путем определения объемов отложившихся толщ.

Осредненные за восьмилетний период (1982-1989 гг.) данные о стоке воды и наносов с обрабатываемых склонов (табл. 2) свидетельствуют, что среднегодовая интенсивность смыва составила от 0,15 т/га на прямых склонах до 1,5-2,0 т/га на водосборах собирающего типа, где немалую долю общего смыва составляет эрозия в тальвеге центрального понижения.

Переотложение наносов внутри самих полевых водосборов составляет максимум до 20% от удаленного за их пределы материала, до 50-60% которого, в свою очередь, отлагаются потоками у края пашни.

Овражная эрозия

Особенности развития овражной эрозии рассматриваются здесь на примере востока Русской равнины, включающего, кроме Среднего Поволжья, южную часть Кировской и восточную Пермской областей, где эта эрозия интенсивно проявляется. Исследования, базирующиеся на сплошном дешифрировании крупномасштабных АФС и полевых наблюдениях, позволили существенно уточнить прежние представления о густоте и скоростях роста оврагов (табл. 3). Общая протяженность всех оврагов превышает 40 тыс. км, но это составляет лишь 8,6% протяженности всех эрозионных форм. Густота оврагов по элементарным бассейнам колеблется от 0 (на значительной части Пермской области и на западе Марийской ССР) до 4,65 км/км² (Ульяновское Предволжье).

Статистический анализ показал, что среди факторов, контролирующих густоту оврагов, главная роль принадлежит степени залесенности, являющейся обобщенным показателем хозяйственной освоенности. На втором месте геологические факторы: распространение наиболее размываемых лессовидных суглинков, состав коренных пород. Геоморфологические факторы (глубина вертикального расчленения, средний уклон поверхности и др.)

Характеристики полевых водосборов, стока воды и наносов на юге таежной зоны ЕТС
(1982-1989 гг.)

№ водосбора	Морфологическая характеристика (тип водосбора, экспозиция, средняя крутизна)	Запасы воды, мм	Площадь водосбора, га	Сток водосбора, воды, мм	Коэффициент стока	Интенсивность смыва, т/га	Мутность воды, г/литр
участок "Сенокосная балка"							
1	Склон дуговой, выпуклый; В; 3,5°	I20	3,9	32,7	0,29	0,09	0,49
2	Ложбинный, циркообразный; В, 4°	I21	4,7	50,1	0,43	0,15	0,46
3	Склон радиально-расходящ.; 3 (запад), 3°	I04	2,2	68,6	0,61	0,08	0,18
участок "Егоров овраг"							
1	Ложбинный, грушевидный; ССВ, 3°	I20	12,0	85,4	0,71	2,00	2,71
2	Потяженный, каплевидный; ССВ, 2,5°	I10	0,7	78,9	0,63	0,71	2,66
участок "Митенки"							
1	Ложбинный линейный, ССВ, 2°	I21	4,3	88,2	0,70	0,15	0,86
2	Потяженный линейный, С, 2°	I22	3,4	80,2	0,65	0,17	1,29
участок "Бутовский холм" (период наблюдений 1984-1989 гг.)							
1	Ложбинный, грушевидный; ССВ, 3,5°	I07	11,0	75,7	0,70	1,48	1,42

оказались на третьем месте. Слабой оказалась зависимость овражного расчленения от гидроклиматических факторов (Овражная эрозия востока..., 1990).

Таблица 3

Средние показатели овражной эрозии на востоке
Русской равнины

Административная единица	Густота оврагов м/км ²	Суммарная длина оврагов, км	Прирост, м/год	
			первич- ных	вторич- ных
Пермская обл. (равнин- ная часть)	2,1	188	3,55	4,14
Кировская обл. (южная часть)	67,0	2190	-	-
Удмуртская ССР	31,0	1260	2,18	2,62
Марийская ССР	40,0	780	-	-
Чувашская ССР	410,0	6490	2,93	-
Татарская ССР	230,0	14560	1,47	1,80
Ульяновская обл.	520,0	14620	1,62	-
В целом	140,0	40088		

Несмотря на большие вариации густоты, в целом распространение оврагов зонально. Максимум их приходится на лесостепь: к югу от линии Чебоксары-Казань-Ижевск средняя густота - $0,16 \text{ км/км}^2$, залесенность не превышает 20%. В южной тайге средняя густота оврагов около $0,01 \text{ км/км}^2$ при залесенности около 55%. В средней тайге при залесенности свыше 70% густота оврагов редко превышает $0,001-0,002 \text{ км/км}^2$. Таким образом, в целом зональность овражной эрозии определяется хозяйственной освоенностью территории.

В то же время наблюдения показывают, что в подзоне средней тайги даже на пахотных землях оврагов мало. Северную границу развития оврагов на пахотных землях на востоке Русской равнины можно провести по субширотным отрезкам долин рек Пижмы, Вятки, Чепцы, а в Пермской области - по водоразделу Иньвы и Обвы. Положение ее определяется геолого-геоморфологическими условиями: значительным сокращением развития лессовидных суглинков, широким распространением песков, уменьшением крутизны и длины

склонов. Севернее этой границы овраги имеют лишь эпизодическое развитие (вдоль дорог, в населенных пунктах).

Стационарные наблюдения на ряде участков (Коротина, 1981; Рысин, 1982; Бутаков и др., 1987) выявили большой диапазон роста оврагов за последние два десятилетия. Какой-либо пространственной дифференциации скоростей не выявляется. Нет также связи современных скоростей роста с густотой оврагов. Средние скорости прироста первичных оврагов колеблются от 0 до 6,5 м/год, но наиболее типичны от 0,5 до 2,0 м/год. Рост вторичных оврагов в 1,5–2,0 раза больше. Средние многолетние наибольшие зафиксированные скорости роста вторичных оврагов достигают 20–25 м/год. В целом высокие скорости роста оврагов характерны для Пермской области, высокого Заволжья Татарии, т.е. там, где овражная сеть начала формироваться недавно.

Анализ скоростей ежегодного роста оврагов с начала 50-ых годов по 1990 г. позволил выявить неравномерный пульсационный характер процесса. Снижение скоростей наблюдалось в 1965, 1967, 1972, 1975, 1978, 1983, 1987 годах, т.е. повторялось через 3–5 лет. Наоборот, активизация овражной эрозии происходила в 1964, 1968–1969, 1973, 1976, 1979, 1988 годах. Эти колебания связаны с гидрометеорологическими причинами.

Кроме пульсации скоростей выявлено и их затухание во времени. Особенно это отчетливо проявляется, если удлинить ряд наблюдений путем использования материалов АФС. Затухание роста для Ульяновской области установили Е.А.Миронова и Л.Е.Сетунская (1980). Проявляется оно в Татарии и Удмуртии (овражная эрозия востока..., 1990). Затухание роста оврагов связано не только с влиянием разнообразных природоохранительных мероприятий, но и с естественной стадийностью эрозионного процесса. Энергичный прирост происходит на первых этапах развития оврагов, затем начинается плавно-пульсационное затухание. Материалы по востоку Русской равнины позволяют оценить продолжительность активного развития оврагов в 15–20 лет. Однако общая продолжительность роста отдельных оврагов может достигать 100–150 лет.

Балки

Балки являются первым звеном в эрозионно-аккумулятивной системе, где преобладание эрозии сменяется чередованием транзи-

та материала и его аккумуляции; взаимосочетания этих процессов связаны с размерами балок, изменяются по их длине и зависят от ряда внешних условий. Исследования строения и рельефа балок производились в районах с различными геологическими условиями на восточном склоне Среднерусской возвышенности (правобережье Дона - в бассейне Ведуги), где непосредственно у поверхности залегают меловые породы, на Приволжской возвышенности с аналогичным геологическим строением, и на северном склоне Мелового Сырта, где меловые породы залегают глубже врез местных эрозийных форм.

Для крупных балок можно отметить значительное разнообразие их строения при более или менее одинаковом рельефе. Общая мощность рыхлых четвертичных отложений в днище лога Репного - крупной балки в бассейне р.Ведуги (длиной около 20 км), невелика: в низовьях она составляет 5-6 м, в среднем течении (3 км выше устья) уменьшается до 2,5 м; выше эти отложения постепенно выклиниваются. Они представлены чередованием глин, суглинков, супесей, песков и линз галечников. В их расположении друг относительно друга можно отметить следующие закономерности. Во-первых, суглинистые и глинистые породы залегают в основании четвертичной толщи, непосредственно на коренных породах, тогда как выше, у дневной поверхности располагаются супесчано-песчаные слои. Подобная стратиграфия типична как для основного лога, так и для наиболее крупных его балочных притоков. Во-вторых, балочные террасы - ровные площадки, сохранившиеся между современным дном и склонами балки, сложены суглинисто-глинистым материалом сверху донизу. В-третьих, чем выше по течению, тем хуже сортировка четвертичной толщи, тем более перемешаны, особенно в ее верхней части, прослой и линзы супеси, песка и галечника.

Данные закономерности объясняются высокой чувствительностью балок, выработанных вблизи коренных пород, даже к небольшим изменениям, происходящим на их водосборах и в оврагах. В частности, глинистые толщи в "плечиках" балки и в основании ее современного дна говорят о спокойных условиях формирования балки в доагрикультурный период; оврагов - ныне основных поставщиков крупного материала в балки, по-видимому, не существовало, и в эрозийной форме процессы углубления дна сочетались

с аккумуляцией мелкого материала, сносимого со склонов.

Распашка склонов и водоразделов привела к возникновению оврагов, быстро врезававшихся в коренные меловые породы, песчаники и глины, вскрывших водоносные горизонты, что увеличило сток по днищу балки. Произошел ее врез особенно глубокий (до 3 м) в приустьевой части. От прежнего дна остались лишь "плечики".

Общее перераспределение стока в пользу поверхностного в связи с изменением гидрогеологического строения, сократившее в среднегодовом разрезе водность балок, а также продолжающаяся эрозия на водосборах и в оврагах вновь вызвали процессы аккумуляции на днище балки, но уже не тонкодисперсного склонового материала, а продуктов эрозии почв вместе с грубообломочными выносами из оврагов.

По иному сложены днища крупных балок, образующих балочно-русловую систему Павельев Яр - Погромка, дренирующую северные склоны Мелового Сырта, сложенные лессовидными суглинками. Мощность четвертичных балочных отложений превышает 6 метров, представлены они однородными плотными суглинками, темными в верхней части разреза (2-3 м) и коричневыми в нижней.

Очевидно, что условия накопления балочного аллювия при однородности окружающих балку рыхлых пород иные, чем при близком залегании скальных коренных пород. На начальных естественных стадиях развития этих эрозионных форм в них аккумуляровался лессовидный материал, поступающий с бортов балок. Начало агрикультурного периода ознаменовалось увеличением смыва материала в балку, однако механический его состав остался тем же, лишь гумусированные частицы смываемой почвы придали отлагаемой породе темный цвет.

Заметно отличается от описанного строение основной балки Павельев Яр на протяжении нижних 5 км перед превращением ее в долину реки Погромки. Мощность четвертичных балочных отложений превышает здесь 7 м; верхние 3-4 м разреза представлены плотными темными суглинками, которые подстилаются влажной, более рыхлой темной толщей переслаивающихся супесей, суглинков и песков плохо сортированных, глинистых; иногда встречаются прослой среднезернистых более чистых серых песков.

Фация переслаивающихся супесей и песков в основании раз-

реза типична для разрезов в руслах и поймах ныне действующих ручьев (самых малых рек I-го порядка) как в однородных (р. Погромка), так и неоднородных (Ведуга) подстилающих грунтах. Там ее образование связывается с высокой неравномерностью стока в ручьях, в результате которой в их руслах переносятся и отлагаются как пески и даже галька (в половодье, дождевые паводки), так и илы со склонов, превращающиеся в суглинки и супеси (в межень).

Наличие подобной фации - фации ручьев в основании балочных разрезов Павельева Яра дает основание предполагать, что на первой стадии существования эрозионной формы она была занята постоянным водотоком - ручьем, подпитка наносами которого шла из лессовых горизонтов; в русле они потом сортировались. Начало агрикультурного освоения степей Оренбуржья привело, как и в других местах, к резкому увеличению сноса илистых частиц с полей в русло ручья - оно оказалось погребенным илом, сток в основном перешел в подземное состояние, и ручей превратился в балку - Павельев Яр. Снесенные туда илы уплотнились, образовав плотный слой суглинков.

Несмотря на различия в строении толщ, рельеф балок обладает схожестью: во всех случаях в них присутствуют уже упоминавшиеся "плечики" - фрагменты балочных террас; днища самих балок достаточно плоские, но осложняются конусами выноса из оврагов, занимающими незначительные площади дниц балок. Конусы выносов из оврагов в лог Репной более контрастны (меньше и выше), чем конусы в Павельевом яру.

Тальвег балок представлен современным врезом, глубина которого колеблется от 0 до 1 м в зависимости от наличия оврагов-притоков. Конусы выноса оврагов чаще всего полностью перекрывают современные донные врезы, однако потоки воды, вытекающие во время паводков из оврагов, быстро восстанавливают их ниже конусов выноса, где они продолжают вплоть до нижележащих конусов. Таким образом, конусы выноса оврагов на днищах балок являются, как бы, местными базисами эрозии, препятствующими свободному транзиту наносов из оврагов через балки вчиз в малые реки.

Несколько иной характер рельефа и строения имеют небольшие балки и ложбины, составляющие верхние звенья балочных эрозион-

ных систем. В днищах таких форм на скальных и глинистых коренных породах залегают темноцветные гумусированные суглинистые толщи, отличающиеся следующими признаками: а) верхняя часть толщи или вся толща имеет темно-серую окраску; б) часто встречаются слоистые пачки мощностью до 40-60 см, обладающие тонкой слоистостью с переслаиванием темных глинистых и более светлых опесчаненных прослоек и линзочек мощностью в несколько мм; в) в нижней части толщи располагается маломощный базальный горизонт, обогащенный гравием, песком и более крупным обломочным материалом; балочный аллювий иногда подстилается погребенными почвами с выраженными генетическими горизонтами; г) для верхней части часто характерна порошистая или зернистая структура.

Подобные отложения с некоторыми провинциальными литологическими особенностями повсеместно встречаются в днищах балок и ложин Среднерусской (балка Гнилице - верховье ручья Ведуга) и Приволжской возвышенностей (балка Ржевец - приток реки Малый Колышлей). Несмотря на значительные различия в общем облике рельефа этих территорий и самих балок, мощности балочного аллювия примерно одинаковы и составляют от 0,5 до 2,5 м. Характерно обычно некоторое увеличение мощностей вниз по течению, а в отдельных случаях (балка Гнилице) возрастание мощностей на участках выполаживания продольного профиля балки.

Небольшие балки и ложбины с развитой толщей агрикультурного балочного аллювия и пролювия отличаются и по своей морфологии. Для них характерно плоское днище, резко сочленяющееся с крутыми склонами.

Описанные здесь отложения верховьев крупных балок, небольших балок и ложбин являются своеобразным аналогом верхних пачек отложений крупных балок. Отсутствие в малых эрозионных формах отложений, генетически сходных с нижними пачками разрезов крупных балок, говорит о том, что направленность эрозионно-аккумулятивных процессов в малых формах отличалась от таковой в крупных эрозионных формах. Во время формирования нижних пачек аллювия в крупных балках, мелкие формы испытывали интенсивное врезание, которое сменилось аккумуляцией только после широкого сельскохозяйственного освоения склонов. Другой генетической особенностью является меньшее участие в фор-

мировании этих отложений овражного пролювия, поскольку овраги здесь встречаются менее часто, чем по бортам долин крупных балок.

Высказанные соображения о формировании балок и балочного аллювия подтверждаются анализом пространственной структуры и геологической истории развития овражно-балочной сети востока Русской равнины в четвертичное время. Густота балочной сети в этом регионе значительно (в 6,5 раз) больше, чем овражной (табл. 4). В общей структуре эрозионной сети на долю балок приходится 62,1%. Такое существенное преобладание балочной сети над овражной является следствием того, что первая сформировалась в течение геологически длительного времени. Основная часть ныне существующих балок заложилась как первичная эрозионная сеть еще в микулинское межледниковье. В перигляциальных условиях раннего и позднего валдая склоны этих эрозионных форм (небольших речных долин, оврагов) под воздействием делювиально-солифлюкционных процессов выположились (стали из прямых выпукло-вогнутыми), в ряде случаев преобрели асимметрию климатического типа (Дедков, 1970; Бутаков, 1986). Доказательством микулинского времени заложения этих балок являются две генерации склоновых суглинков, разделенных слабо разгитой погребенной почвой средневалдайского возраста. Часть балок имеет всего один горизонт склоновых суглинков, следовательно они поздневалдайского возраста. Третью группу образуют балки с симметричными склонами и плоским днищем. Это молодые голоценовые балки, лишь недавно перешедшие в эту категорию эрозионных форм из оврагов.

В течение голоцена плейстоценовые балки подверглись слабому преобразованию. На их днищах местами происходило заболачивание и накопление торфа. В течение последнего тысячелетия этот процесс активизировался: в нижней части склонов балок, на их днищах и поймах малых рек началась аккумуляция молодого делювия и наилка. По данным С.Г.Курбановой (1988) возраст этого наилка укладывается в интервал до 600-800 лет, т.е. соответствует времени интенсивного хозяйственного освоения этого региона. Возраст погребенных под молодым делювием почв и торфов составляет 1-2 тыс. лет (2370 ± 70 КИГН-232; 1900 ± 60 КИГН-185; 1760 ± 65 КИГН-181; 1050 ± 50 КИГН-182). Время накопления мощных

торфов в подошве отложений, образующих плоское днище балок, составляет, по радиоуглеродным данным С.Г.Курбановой и Л.В.Петренко (1988) 4-5 тыс.лет.

Таблица 4

Характеристики балочного расчленения на востоке
Русской равнины

Административная единица	Средняя густота км/км^2	Наибольшая густота км/км^2	Суммарная длина тыс. км
Пермская обл. (равнинная часть)	1,89	4,50	170,96
Кировская обл. (южная часть)	0,62	2,58	19,74
Удмуртская ССР	0,54	3,09	21,96
Марийская ССР	0,24	1,76	5,29
Чувашская ССР	1,22	3,00	19,54
Татарская ССР	0,62	3,50	29,10
Ульяновская обл.	0,44	1,82	12,44
В целом	0,98	4,50	289,40

Этим анализом подтверждается древний доагрикультурный возраст балочной сети и начало заметных изменений в ней в последние 600-800 лет в связи с началом агрикультурного освоения территории. К настоящему времени мощность молодого делювия у подошвы склонов и наилка на днищах балок, на поймах малых рек определяется степенью хозяйственной освоенности территории бассейна. В лесной зоне средняя мощность отложений составляет 34 см, максимальная - 115 см. В лесостепной зоне эти показатели, соответственно, увеличиваются до 76 и 180 см. Стационарные наблюдения С.Г.Курбановой показывают, что в 1980-ых годах скорости накоплений делювия и наилка составляли в среднем 2,4 мм/год, возрастая в отдельных случаях до 63 мм/год (р.Кня - правый приток Вятки у Вятских Полян).

Малые реки

Малые реки (длиной до 100 км), составляющие верхние звенья речных систем и имеющие, как правило, 1-3-й порядок, в современных условиях характеризуются либо транзитом материала, либо его аккумуляцией.

мировании этих отложений овражного пролювия, поскольку овраги здесь встречаются менее часто, чем по бортам долин крупных балок.

Высказанные соображения о формировании балок и балочно-овражного пролювия подтверждаются анализом пространственной структуры геологической истории развития овражно-балочной сети восточной Русской равнины в четвертичное время. Густота балочной сети в этом регионе значительно (в 6,5 раз) больше, чем овражной (табл. 4). В общей структуре эрозионной сети на долю балок приходится 62,1%. Такое существенное преобладание балочной сети над овражной является следствием того, что первая сформировалась в течение геологически длительного времени. Основная часть ныне существующих балок заложилась как первичная эрозионная сеть еще в микулинское межледниковье. В перигляциальных условиях раннего и позднего валдайских склоны этих эрозионных форм (небольших речных долин, оврагов) под воздействием денудационно-солифлюкционных процессов выположились (стали из прямых выпукло-вогнутыми), в ряде случаев преобрили асимметрию климатического типа (Дедков, 1970; Бутаков, 1986). Доказательством микулинского времени заложения этих балок являются две генерации склоновых суглинков, разделенных слабо разбитой и гребенной почвой средневалдайского возраста. Часть балок имеет всего один горизонт склоновых суглинков, следовательно они поздневалдайского возраста. Третью группу образуют балки с метричными склонами и плоским дном. Это молодые голоценовые балки, лишь недавно перешедшие в эту категорию эрозионных форм из оврагов.

В течение голоцена плейстоценовые балки подверглись сильному преобразованию. На их днищах местами происходило заболачивание и накопление торфа. В течение последнего тысячелетия этот процесс активизировался: в нижней части склонов балок, на их днищах и поймах малых рек началась аккумуляция молодых делювия и наилка. По данным С.Г. Курбановой (1988) возраст наилки укладывается в интервал до 600-800 лет, т.е. соответствует времени интенсивного хозяйственного освоения этого региона. Возраст погребенных под молодым делювием почв и торфов составляет 1-2 тыс. лет (2370 ± 70 КИГН-232; 1900 ± 60 КИГН-185; 1760 ± 65 КИГН-181; 1050 ± 50 КИГН-182). Время накопления мощных

рек. Последнее означает полное отмирание реки без участия процессов заиления. Деградация рек связана, обычно, с гидрологическими причинами: изменением источника питания и его режима, полным его прекращением, усилением эоловой деятельности на водосборах, а также с интенсивным водозабором на орошение. Результатом деградации становится сухое в межень песчаное русло с отдельными озерами на месте бывших плесов.

На равнинах различные реки, даже протекающие в сходных условиях, могут быть заилены в разной степени - в одних этот процесс только начинается, в других - подходит к концу. Это позволяет проследить механизм заиления малых рек, типичный для условий лесной, лесостепной и степной зон Европейской части страны.

Материал, поступающий со склонов из оврагов, балок, частично откладывается на пойме малой реки, частично поступает непосредственно в русло. С поймы часть материала также попадает в русло во время половодий при размыве ее берегов. В русле отложение поступившего со склонов материала происходит прежде всего возле берегов, в зоне ограниченного транзита материала. Здесь же при повышенном содержании в реке удобрений и прочих реактивов, стимулирующих рост растений, начинается интенсивное зарастание.

Если водный поток справляется с наносами, поступающими в остальные части русла, то дальнейшего заиления не происходит. В противном случае процессы аккумуляции охватывают постепенно всю площадь русла, откладываясь в половодья на перекатах; в межень илистые наносы перемещаются в глубокие плесы. Для развития растений наиболее благоприятные условия возникают сначала на перекатах; русла в результате превращаются в цепочку проточных озер - плесов и растительных перемычек на перекатах. Эрозионно-транспортная способность реки при этом резко снижается, и отложение ила, а вслед за ним и зарастание, охватывает уже все русло. От плавневых рек заиленные отличаются, во-первых, относительно сухими поймами, во-вторых, малым слоем ила (50-70 см), под которым сохранились песчаные русловые отложения.

Дальнейшее развитие процесса может привести к полному прекращению стока, отмиранию водной растительности и превра-

чению долины малой реки в балку. Чаще всего заилению и отмиранию подвержены верховья малых рек - ручьи (реки I-го порядка). Подобную трансформацию испытала, видимо, р. Погромка в своем верхнем течении, превратившись за агрикультурный период в балку Павольев Яр. Близкий процесс произошел в долине р. Мал. Клышлей в ее низовьях: старое русло реки и все дно долины за последние десятилетия оказалось перекрыто темносерыми суглинистыми отложениями мощностью до 1,5 м. А. В. Черновым (1988) описано аналогичное превращение верховьев ручья Ведуга. В то же время, при сильном и длительном заилении отмирают и реки 2-4-го порядка.

Механизм заиления малых рек несколько видоизменяется в случае, когда интенсивная сельскохозяйственная деятельность на водосборах сопровождается осушительной мелиорацией водосборов, пойм и русел. Спрямление русел при этом приводит к резкому их врезанию, что вместе со сбросом излишков воды из болот и заболоченных пойм приводит к снижению уровня грунтовых вод. Последнее также вызывает усиленный вынос растворенных и минеральных веществ и увеличение неравномерности стока в магистральных каналах (бывших реках). Быстрое врезание, достигнув предельной отметки, прекращается, скорости потоков в каналах падают, и на их дне остаются продукты недавней глубинной и боковой эрозии. Иногда осушение болот вызывает активизацию эоловых процессов в долинах. Все эти явления приводят к массовому заилению как магистральных каналов, так и неспрямленных участков рек, сохранившихся, в основном, в верховьях.

Заиление и деградация малых рек могут также происходить при усиленной откачке подземных вод. Снижение уровня грунтовых вод, уменьшение роли грунтового питания при усилении интенсивности поверхностной эрозии в конечном итоге приводит к заилению и деградации малых рек.

Анализ реакции на нарушение баланса наносов русел трех естественных групп показывает, что наиболее устойчивым к заилению являются реки первой группы, наименее устойчивыми - реки третьей группы. Заиление и деградация отдельных малых рек в совокупности приводит к трансформации целых речных систем, причем прослеживается прямая связь между процессами, происходящими с речными системами, и хозяйственной деятельностью на

речных водосборах. Она иллюстрируется на примере Среднего Поволжья, где изучена достаточно полно (Дедков, 1970; Дедков и др., 1982; Дедков, Мозжерин, 1984 и др.). Если о площади пашен в разное время судить сложно, то динамика залесенности восстанавливается, по крайней мере, за последние два века (Бойко, 1982). С 1900 по 1968 гг. средняя лесистость территории Татарстана и ее отдельных частей уменьшилась более, чем в 3 раза. Очевидно, близкими темпами шло увеличение распаханности.

Изменения в структуре ландшафта и в структуре водного стока отразились в уменьшении количества постоянных водотоков, их длине и густоте речной сети, что установлено Ф.Ф.Бойко при сопоставлении разновременных карт (табл. 5). За 100 последних лет средняя густота речной сети уменьшилась на 18%, а в Предкамье даже на 24%, причем наиболее быстрыми темпами пересыхание рек шло в тех районах, где снижение залесенности было максимальным.

Заиление и деградация рек, связанная с антропогенным фактором, а также широкое развитие овражной эрозии, сопровождающее распашку земель, в совокупности вызвали существенную перестройку всей структуры русловой эрозионной сети. Обобщенные данные по ней, выраженные густотой различных видов расчленения, получены дешифрированием крупномасштабных аэрофотоснимков по 1673 бассейнам всего Татарстана (табл. 6).

Особенности заиления малых рек подчиняются зональным закономерностям. Районы с отсутствием заиления рек связаны с тундровыми и таежными ландшафтами с их высоким коэффициентом стока; районы с чередованием заиленных и незаиленных рек тяготеют к смешанным и широколиственным лесам; районы с заилением верхних звеньев гидросети во многом совпадают с лесостепью; полностью заиленные реки находятся в степной зоне; районы с зарегулированием стока совпадают с зонами сухих степей и полупустынь, где реки чаще отличаются местным внутренним стоком (слепыми устьями).

Влияние природной географической зональности на заиления малых рек, так же, как и на развитие овражной эрозии проявляется опосредованно - через влияние природной среды на деятельность человека. Таежная и тундровая зоны характеризуются

Таблица 5

Распределение числа бассейнов по интервалам густоты речной сети в западной части ТССР (в %% к общему числу учтенных бассейнов, по подсчетам Ф.Ф.Бойко). В числителе - данные на 1876 г., в знаменателе - на 1976/80 гг.

Части ТССР	Кол-во бассейнов	Густота сети, км/км ²				Средняя густота речной сети км/км ²
		0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6	
Предволжье	<u>122</u>	<u>1,6</u>	<u>24,6</u>	<u>44,3</u>	<u>29,6</u>	<u>0,51</u>
	129	7,0	38,0	44,2	10,8	0,42
Западное	<u>403</u>	<u>4,5</u>	<u>30,8</u>	<u>34,0</u>	<u>30,7</u>	<u>0,49</u>
	406	17,5	42,9	34,7	4,9	0,37
Предкамье	<u>300</u>	<u>14,0</u>	<u>52,0</u>	<u>27,3</u>	<u>6,7</u>	<u>0,36</u>
	277	18,1	59,2	18,7	4,0	0,31
Закамье	<u>825</u>	<u>7,6</u>	<u>37,5</u>	<u>33,1</u>	<u>21,8</u>	<u>0,44</u>
	812	15,6	47,7	30,8	5,5	0,36

Таблица 6

Средние величины овражного, балочного и речного расчленения бассейнов по интервалам залесенности

Залесенность %	Кол-во бассейнов	Густота сети, км/км ²		
		овражной	балочной	речной
0-10	855	0,272	0,614	0,469
11-20	324	0,211	0,614	0,469
21-30	184	0,186	0,674	0,437
31-40	98	0,192	0,720	0,486
41-50	70	0,139	0,618	0,480
51-60	45	0,111	0,644	0,497
61-70	20	0,165	0,682	0,441
71-80	18	0,083	0,531	0,424
81-90	14	0,084	0,589	0,451
91-100	15	0,089	0,381	0,585
В целом	1673	0,230	0,630	0,467

малой сельскохозяйственной освоенностью, что не способствует заилению протекающих здесь рек. Смешанные и широколиственные леса Европейской части СССР давно осваиваются путем частичных вырубок и распахов вырубленных участков, что создает здесь чересполосицу полей и лесов и обуславливает чередование заиленных и незаиленных рек (ручьев). В лесостепи заиление охватывает большее число рек (ручьев) за счет расширения распашанных площадей; наконец в степях, где все водосборы почти полностью распашаны, и из-за засушливости климата большие объемы воды безвозвратно забираются на орошение, заилены все реки вплоть до 4-5 порядков.

Западнее долготы Тамбова границы районов заиления и физико-географических зон не совпадают значительно чаще, что связано с превадированием здесь аazonальных геолого-геоморфологических факторов и большей, чем на востоке, сельскохозяйственной освоенностью. Так, процессы заиления затрагивают большинство рек лесостепи в пределах Окско-Донской низменности, тогда как на лесостепной и степной Среднерусской возвышенности отмечается чередование заиленных и незаиленных рек, более типичное для юга лесной зоны.

Приведенный анализ дает представление о величине антропогенного давления на малые реки, позволяющее определить региональные пороговые значения возникших в результате антропогенной деятельности процессов и явлений, после перехода через которые речные системы испытывают необратимые деформации и в дальнейшем погибают. Исходя из этих принципов, можно выявить уровень допустимого вмешательства в жизнь системы "водосбор-река" в тех регионах, где это еще возможно, и определить меры по восстановлению малых речных систем там, где под влиянием вмешательства в их жизнь они подверглись необратимым изменениям.

Литература

- Курбанова С.Г., Петренко Л.В. Антропогенно обусловленное усиление аккумуляции аллювия малых рек востока Русской равнины. В кн.: Экзогенные процессы и окружающая среда. Изд-во Казанского ун-та, 1988.
- Курбанова С.Г. Роль погребенных почв в расчленении пойменно-го аллювия. В кн.: Комплексные географические исследо-

вания Северного Кавказа и Поволжья. Грозный, 1988

Овражная эрозия востока Русской равнины. Изд-во Казан. ун-та 1990.

Бутаков Г.П., Двинских А.П., Назаров Н.Н., Рысин И.И. Современная овражная эрозия на востоке Русской равнины. Геоморфология, 1987, № 2.

Коротина Н.М. Скорость роста оврагов в Ульяновском Поволжье. Геоморфология, 1981, № 4.

Рысин И.И. Почвенная и овражная эрозия на территории Удмуртской АССР. Автореф. диссерт. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М., 1982.

Миронова Е.А., Сетунская Л.Е. Методика и результаты многолетних наблюдений за развитием оврагов в Поволжье. В кн.: Современные аспекты изучения эрозионных процессов. Новосибирск, 1980.

Бутаков Г.П. Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. Казань, 1986.

Дедков А.П. Экзогенное рельефообразование в Казанско-Ульяновском Приволжье. Казань, 1970.

Ермолаев О.П. Изучение структуры эрозии в речном бассейне. В кн.: Количественный анализ экзогенного рельефообразования. Изд-во Казан. ун-та, 1987.

Дедков А.П., Мозжерин В.И. Эрозия и сток наносов на земле. Изд-во Казанского ун-та, 1984.

Дедков А.П., Бойко Ф.Ф., Мозжерин В.И., Часовникова Э.А. Антропогенные изменения системы процессов экзогенного рельефообразования в Среднем Поволжье. В кн.: Рельеф и хозяйственная деятельность. М., 1982.

Бойко Ф.Ф. Изменения лесистости Татарской АССР в результате воздействия человека. В кн.: Проблемы отраслевой и комплексной географии. Изд-во Казанского ун-та, 1976.

Чернов А.В. Современное развитие малых рек центральных районов Европейской части СССР. В кн.: Малые реки центра Русской равнины, их использование и охрана. М., 1988.