

Бутаков Г.П., Голосов В.Н., Дедков А.П., Кичигин А.Н., Мозжерин В.И., Сидорчук А.Ю., Чернов А.В. 

Малые реки как наиболее уязвимое звено речной сети

Введение

Водотоки разделяются на постоянные и временные. Эти понятия несут в себе не только гидрологическое, но и геоморфологическое содержание, так как долины постоянных и временных водотоков в значительной степени различны. Каждый из этих классов имеет более дробное расчленение: реки подразделяются на большие, средние и малые, временные водотоки - на балки, овраги, ложбины, рывины и т.д.

Каждая группа рек характеризуется своими гидрологическими и геоморфологическими параметрами. Многие из них установлены эмпирически, но тем не менее четко описывают особенности и различия тех или иных рек. Так, малыми принято считать реки длиной менее 100 км со среднегодовыми расходами воды м³/с. Такие их размеры обуславливают совершенно специфический гидрологический режим, отличный от режима средних и крупных рек своей малой зарегулированностью и очень быстрым реагированием на климатические и антропогенные изменения в бассейне. Отсюда вытекают и морфодинамические отличия малых рек. Так, в своем естественном состоянии большинство равнинных малых рек не приспособлено для переноса большого количества аллювия: транспорт наносов происходит там только в недолгие дни и часы половодья и дождевых паводков преимущественно во взвешенном виде; донные наносы влекутся ровным слоем по центру русла или образуют микрогряды. В межень воды светлеют, взвешенные наносы оседают в пределах русел до следующего паводка.

Крайне замедленно протекают на малых реках и горизонтальные миграции русел: скорость размыва берегов лишь на отдельных очень коротких фрагментах русел составляет 1-2 м/год; на большем же их протяжении размыв происходит только во время очень крупных половодий. Тем не менее, в историческом масштабе горизонтальные русловые деформации на малых и других реках являются идентичными - и те и другие обладают извилистой в плане формой, излучины со временем искривляются и спрямляются.

Уязвимость малых рек к изменениям на водосборе.

Малые реки, располагаясь в самых верхних звеньях гидросети, отличаются высокими уклонами и большим разбросом их значений. Так, все равнинные крупные реки имеют уклоны в интервале 0,05-0,1 м/км. На средних реках уклоны повышаются до 0,15-0,6 м/км. Уклоны малых рек могут колебаться от 0,1 до 3-4-х м/км.

Уклоны вместе с водностью характеризуют эрозионно-транспортирующую способность потока, которая при высоких уклонах будет значительно выше, чем при низких. В равнинных условиях при более-менее однородных подстилающих породах, связь между уклоном и водностью обратная. Нежиховским (1971) на основании обработки большого гидрометрического материала эта зависимость для рек длиной >10 км установлена в виде:

$$I = \frac{A_3}{F^{0,35}}$$

Здесь I - уклон; F - площадь водосбора в км²; A_3 составляет 0,0142 для возвышенностей; 0,0085 для увалов; 0,0036 для холмистых равнин и 0,0014 для низменностей.

В то же время самые большие уклоны (больше, чем следует из зависимости Нежиховского) присущи верховьям рек вблизи их истоков, а также рекам длиной менее 10 км. Это показано Ржаницыным (1985) при обобщении большого морфометрического материала по рекам Европейской России (табл.1). Это дает возможность дополнительно разделить малые реки на собственно малые реки и ручьи: последние будут отличаться максимальными уклонами при очень небольшой водности.

Таблица 1. Обобщенные морфометрические и гидравлические параметры равнинных малых рек Русской равнины (по Н.А.Ржаницыну)

Порядок реки	Площадь водосбора км ²	Длина км	Расход м ³ /с	Ширина русла м	Средняя глубина м	уклон	Модуль стока наносов т/га
1	0,39	0,8	0,0039	0,26	0/045	0,134	310
2	1,20	1,5	0,011	0,69	0,068	0,0492	50
3	3,60	2,8	0,03	1,6	0,098	0,20	10
4	10,5	5,1	0,088	3,5	0,15	0,0089	3
5	30,7	9,3	0,25	7,0	0,22	0,0042	1
6	89,0	16,9	0,71	13,3	0,32	0,00216	0,4
7	262,0	31,0	2,0	24,2	0,45	0,00114	0,16
8	770,0	57,0	5,65	42,0	0,70	0,00063	0,08
9	2260,0	104,0	16,0	70,0	0,99	0,00036	0,04

Повышенные уклоны обеспечивают высокий энергетический потенциал ручьев, который проявляется во время половодий и дождевых паводков, когда потоки в ручьях могут становиться бурными. Это отчетливо выражено в морфологии долин ручьев - они имеют пусть неглубокий, но крутосклонный врез и узкую чаще одностороннюю пойму. Долины собственно малых рек отличаются более мягкими формами.

Существует еще одна любопытная особенность, обусловленная пограничным положением долин малых рек и ручьев в ряду постоянных водотоков: их морфология имеет большое сходство с морфологией балок и оврагов, занимающих такое же пограничное положение, но уже в ряду временных водотоков. Это связано с непостоянством во времени границы между временными и постоянными водотоками: при одних условиях (увлажненности климата, уровне хозяйствования) по дну эрозионных форм постоянно течет водный поток и существуют малые реки и ручьи, при других - постоянный сток прекращается, и долины малых рек и ручьев превращаются, соответственно, в балки и овраги.

Все сказанное выше справедливо для условий холмистых равнин, сложенных однородными размываемыми грунтами, типичных для Центральной России, юга Западной Сибири и многих других равнинных областей страны. В случае, если равнина сложена трудноразмываемыми породами, лишь немного прикрытыми рыхлыми отложениями, морфология малых рек и ручьев будет несколько иной, так как на распределение уклонов по продольному профилю начнет влиять строение ложа долины: при пересечении участков выхода прочных пород уклоны увеличиваются независимо от положения данного места на продольном профиле. Поэтому, здесь ручьи могут иметь уклоны меньшие, чем малые реки. Это отражается и в морфологии их долин: ручьи текут в широких, едва заметных понижениях поверх кровли прочных пород, тогда как малые реки могут быть и врезанными. На морфологию балок и

оврагов литология подстилающих пород в данном случае влияния не оказывает. Подобные условия характерны для структурных возвышенностей (Среднерусской, Приволжской, и т.д.). При расположении бассейнов в пределах тектонических депрессий - низменных равнин, уклоны уже в самых верховьях рек становятся небольшими - около 0,2-0,4 м/км. В таких условиях ручьи в принятом здесь понимании, равно как и овраги, могут вообще отсутствовать.

Реки и временные водотоки, как элементы флювиальных систем, являются в той или иной степени уязвимыми (или устойчивыми) к любым внешним воздействиям, причем, в первую очередь, антропогенным, превышающим все другие по скорости и массовости воздействия. Степень уязвимости в первую очередь зависит от энергетического потенциала и инерционности (т.е. замедлению реакции на изменение внешних условий) всей системы или ее участка. Энергетический потенциал во многом определяется эрозионно-транспортующей способностью потока, т.е. его уклоном и водностью; инерционность также прямо зависит от водности и площади водосбора. Главным критерием уязвимости малых рек по отношению к заилению является их относительная транспортующая способность - отношение транспортующей способности (ОТС) малой реки в данном створе к стоку наносов, поступающему в реку с водосбора. По ОТС можно определить направленность и интенсивность развития продольного профиля. При $ОТС > 1$ происходит углубление реки и очищение ее от наносов. Такие участки реки устойчивы по отношению к заилению, и степень устойчивости тем больше, чем больше ОТС. При $ОТС < 1$ происходит аккумуляция наносов в реке, повышение поймы и русла. Такие участки реки неустойчивы (уязвимы) по отношению к заилению, и степень неустойчивости (уязвимости) тем больше, чем меньше ОТС.

В последней графе таблицы (1) приведен модуль стока наносов с водосбора: который соответствует транспортующей способности потока. Для расчета транспортующей способности потока использована формула Е.А.Замарина (1951).

$$R = 0,022 * Q \left(\frac{U}{\omega} \right)^{1,5} \sqrt{HI} \quad (1)$$

Эта формула калибрована по данным о транспортующей способности потоков с алевритовыми и мелкопесчаными наносами, наиболее обычными в малых реках. Здесь R - транспортующая способность потока в кг/с; Q - расход воды в м³/с; U - скорость течения в м/с; ω -гидравлическая крупность в м/с, формула справедлива в диапазоне $\omega 0,002-0,008$; H -глубина потока в м; I -уклон. Формула Замарина также может быть записана в виде:

$$R = k_1 * Q^{1,5} * I^{0,5} \quad (2)$$

Коэффициент k_1 равен 0,59 для крупных алевритов и 0,66 для тонких песков.

Если модуль стока наносов в ходе ускоренной эрозии на водосборе (с учетом коэффициента доставки наносов в реку) превышает указанный в таблице 1 для данной категории рек, то $ОТС < 1$, и река на данном участке уязвима по отношению к заилению. В результате аккумуляции значительной части наносов мутности рек вниз по течению уменьшаются и устанавливается характерная для агрикультурных ландшафтов обратная зависимость модулей стока взвешенных наносов от площадей бассейнов (Дедков, Можерин, 1984).

Следует учитывать, что в табл. 1 вынесены обобщенные морфометрические и гидравлические параметры малых рек. Морфометрические характеристики мелких водотоков, постоянных и временных, гораздо более разнообразны и существенно зависят от местных особенностей ландшафта.

Так как в формуле (2) роль водности оказывается выше роли уклона, то и уязвимость крупных многоводных рек в целом ниже, чем средних, а средних - ниже, чем малых. Однако, это справедливо только при сравнении крупных, средних и всех малых рек. Среди собственно малых рек и ручьев значения инерционности и водности в целом становятся близкими, поэтому влияние уклона на уязвимость возрастает. Отсюда, уязвимость к внешним воздействиям собственно малых рек оказывается выше, чем уязвимость меньших по размерам ручьев.

Наиболее уязвимыми оказываются реки 4-9 го порядка, так как при дальнейшем росте длины, площади водосбора и, соответственно, водности, уязвимость рек к внешним воздействиям снижается. Различен и характер антропогенных воздействий, оказывающих наибольшее влияние на состояние крупных и малых рек. Эрозионно-транспортующая способность крупных рек весьма высока и также инерционна, поэтому нужны слишком большие объемы привнесения (или извлечения) наносов руслообразующих или более мелких фракций, чтобы река на них среагировала. Крупные реки изменяются только при внесении в них наносов крупнее руслообразующих, причем в больших количествах. Именно это и происходит при строительстве плотин, набережных и т.д. То же можно сказать об объемах привлечения и отъема стока.

Эрозионно-транспортующая способность всех малых рек невелика и очень непостоянна в зависимости от внешних условий. Для изменения малых рек, прекращения в них русловых процессов и даже полного уничтожения русел, достаточно незначительного увеличения количества наносов, поступающих в русло, причем наносы могут быть любых фракций, в том числе значительно ниже руслообразующих (переносящихся только во взвешенном состоянии). К подобному эффекту может привести снижение объема стока, небольшое в абсолютном исчислении, но вполне соизмеримое с естественным объемом стока малой реки.

Оба этих условия сопровождают сельскохозяйственную деятельность человека. При распашке склонов и водоразделов малых рек происходит резкое возрастание количества наносов в руслах: частицы почвы переносятся вместе со склоновыми потоками во время ливней и снеготаяния; некоторая их часть оседает на поймах, увеличивая слой наилка, но больше всего попадает в речные русла. Меженные уклоны и водность собственно малых рек оказываются явно недостаточными для переноса количества взвешенных наносов, в несколько раз превышающих их естественное содержание. Избыток наносов отлагается в руслах - сначала только в плесовых лощинах, затем и на перекатах, понижая глубины на них и уменьшая пропускную способность рек. При сильном заилении малая река может полностью исчезнуть - русловое понижение будет заполнено суглинками и супесями, а сток станет подземным. Долина бывшей малой реки при этом превращается в балку.

Снижение объема стока при сельскохозяйственной деятельности вызывается двумя причинами. Во-первых, вода расходуется на орошение. Во-вторых, особенно в степи и лесостепи, многие малые реки зарегулированы бессточными плотинами и превращены в каскады прудов. Испарение с поверхности прудов повышается по сравнению с естественными условиями. Уменьшение количества воды в руслах также приводит к заилению и пересыханию малых рек.

Процессы заиления, ставшие типичными для малых рек зоны сельскохозяйственного освоения, на ручьи распространяются в меньшей степени. Как правило, сносимый туда смытый материал выносится в нижележащие звенья гидросети во время половодий и дождевых паводков, когда водность ручьев увеличивается в десятки раз, а уклоны сохраняются очень высокими. Гидрологический режим ручьев

аналогичен гидрологическому режиму оврагов в периоды половодий и паводков. Однако, уязвимость ручьев к механическому вмешательству значительно выше, чем у малых рек. На их существовании могут отразиться строительство мостов и водопропускников, прибрежных дорог и просто свалок.

Возможны, как известно, и обратные случаи переходов балок и заиленных малых рек в нормально функционирующие малые реки и ручьи. Если они были обусловлены естественным увеличением среднего или меженного стока (например, при вскрытии в долинах водоносных горизонтов), то происходит постепенная регенерация ландшафтов днищ долин, осушение пойм, восстановление стока воды и наносов. В природе такие случаи редки и могут рассматриваться, как возможный путь рекультивации заиленных малых рек. Лишь при крайних формах заиления увеличение или регулирование стока воды должно сопровождаться механическим воссозданием русел малых рек.

Однако, чаще в районах массового орошения, долины и русла ручьев и малых рек, а иногда и балок, используются для пропуска вод, идущих на орошение, и сточных вод. При этом, количество воды, стекающее по руслам, значительно превышает то, которое проходило по ним в естественном состоянии. Малые реки оказываются уязвимыми и к подобному нарушению естественных условий: их русла начинают интенсивно врезаться в дно долины, понижается базис эрозии для притоков, оживляются склоновые овраги и, что бывает особенно часто, начинают активно расти донные овраги в балках. Осушаются водозаборы, нарушается устойчивость инженерных сооружений в руслах.

Деградация малых рек таежной зоны.

Примером современного изменения русел малых рек в таежной зоне Европейской России является территория Вологодской области (Филенко, 1966). В геоморфологическом отношении изменения эрозионно-аккумулятивных процессов на малых реках привели к переменам в морфологии русел, которые проявились в уменьшении меженных глубин, размыву пойменных берегов и к исчезновению русловых форм в верховьях речной сети.

Для лесной зоны по сравнению с другими зонами характерна наибольшая густота речной сети, что определяется в основном развитием малых рек. Нежиховский (1971) показал, что при длине рек 10-100 км их густота в лесной зоне Русской равнины составляет 10 км/км^2 , в лесостепи $0,07 \text{ км/км}^2$ и в степи $0,05 \text{ км/км}^2$. Это в первую очередь связано с водообильностью территории. Известно, что для существования реки нужно такое количество воды, которое будет превышать испарение, инфильтрацию в грунты, транспирацию водной растительностью и обеспечит эрозию ложа и сток наносов (Маккавеев, 1955). Русло сформируется ниже места установившегося равновесия между поступлением наносов с водосбора и удалением их из тальвега. Минимальная водосборная площадь, обеспечивающая зарождение русла, в условиях Вологодской области очень изменчива, но при $4-5 \text{ км}^2$ площади водосбора в большинстве геоморфологических комплексов русло обычно уже прослеживается. При высокой водообильности территории сток в руслах малых рек способен поддерживаться даже в маловодные периоды и при незначительном врезе тальвега как за счет дренирования грунтовых вод, так и за счет стока болотных вод (заболоченность Вологодской области 13%). При глубоком врезе главных рек в питание малых рек притоков велика доля подземной составляющей. Часто при подрусовой разгрузке напорных вод в руслах малых рек формируются переуглубленные "бочажные" участки

до 3-4 м глубиной. В пределах Вологодской области реки не пересыхают и не промерзают.

Главной причиной деградации русел в верховьях рек и изменения морфологии малых рек, как и в других зонах, является резкое увеличение стока наносов с водосборной площади. Оно связано (Кичигин, 1992) с перестройкой структуры сельхозугодий, изменениями в приемах почвообработки, с деструктивным влиянием на почвогрунты различных видов строительства (промышленного, гражданского, автодорожного, трубопроводного, гидромелиоративного и т.д.). В русловую сеть при этом поступает большая масса продуктов эрозии, содержащая значительное количество глинистых частиц. Глинистые минералы, осевшие в руслах, способствуют структуризации осадка. Быстрому слипанию частиц осадка способствуют загрязняющие вещества: увеличение концентрации электролитов в дисперсных коллоидных системах приводит к исчезновению ионно-электростатического отталкивания между частицами. В последующем даже при уменьшении стока наносов водный поток не в состоянии размыть структурированный осадок.

Процессы заиления русел таежной зоны более активно происходят на широкопойменных реках, преобладающих в бассейнах Ваги, Кубены, Юга. Меньшее заиление характерно для врезанных русел - притоков Сухоны, рек бассейна Онежского озера. Одно из наиболее неприятных последствий исчезновения русел, уменьшения их пропускной способности - резкое изменение сложившегося режима грунтовых вод в приречных ландшафтах. Здесь происходит заболачивание и даже подтопление территории, причем в пределах и вблизи населенных пунктов этот процесс носит аварийный характер.

Деградация малых рек юга лесной зоны и лесостепи.

Для более засушливой территории юга лесной зоны и северной лесостепи на востоке Русской равнины нельзя объяснить потерю у многих малых рек постоянного стока только процессами заиления русел рек и родников. Результаты многочисленных исследований, в том числе полевых экспериментальных и стационарных на парных (лесных и безлесных) бассейнах (Материалы..., 1975) показывают, что вырубка лесов и распашка земель в подавляющем большинстве случаев ведут к значительному увеличению поверхностного стока и сокращения подземного. В соответствии с этим возрос паводочно-паводочный сток рек и уменьшился меженный. Главной причиной такого изменения стока является резкое ухудшение водо-фильтрационных свойств почв после их обезлесивания и механической обработки. Большое значение имеет увеличение промерзания почв после уничтожения леса, что резко ухудшает условия инфильтрации талых снеговых вод. По этим причинам верхний горизонт подземных вод, не получая достаточного подземного питания, начинают иссыхать, его уровень понижается, источники уменьшают свой дебит и исчезают. При этом у многих высохших родников, особенно в области развития карбонатных, кремнистых и песчаных пород верхнего мела и палеогена Приволжской возвышенности нет никаких следов заиления. В годы особенно сильной инфильтрации талых вод в почву и грунт (1957, 1979) вследствие подъема уровня водоносных горизонтов, оживали многие родники, десятки лет оставшиеся сухими.

Исследования в Среднем Поволжье показывают, что в одинаковых геолого-геоморфологических условиях воды верхнего горизонта под лесными массивами имеют большую глубину залегания, чем на безлесных участках (Дедков и др., 1995). В различных геологических и гидрогеологических условиях эти различия в глубине выражены неодинаково. В области развития глинисто-мергельных пород татарского

яруса, верхней юры и нижнего мела на территории Татарстана глубина залегания верхнего водоносного горизонта под лесом в среднем в 1,6 раза больше, чем в поле. В области развития легко проницаемых пород верхнего мела и палеогена Ульяновской области это различие в глубинах становится трехкратным. Э.А.Часовниковой (1978) установлена в Ульяновском Предволжье хорошая пространственная зависимость меженного стока рек от лесистости водосборных бассейнов.

Эти пространственные зависимости могут быть легко трансформированы во временные. Вырубка леса в лесостепи и на юге лесной зоны ведет к дренажу верхних водоносных горизонтов, представляющих собой важный элемент системы перераспределения поверхностного и подземного стока и деградации малых рек. В связи с этим на Русской равнине в межень пересыхают многие сотни малых рек, в доагрикультурное время имевшие постоянный сток. По данным С.Г.Курбановой (Дедков и др.,1995) только за последние сто - сто десять лет в северном Предволжье и западном Закамье Татарстана исчезло около 900 малых рек и ручьев. В годы с большими запасами воды в снеге или обильными летно-осенними дождями происходит повышение уровня подземных вод, оживают исчезнувшие родники и вместе с ними - многие малые реки и ручьи. В Поволжье такое кратковременное возрождение родников и малых рек происходило, как уже отмечено, в 1957 и 1979 годах (Станкевич, 1957 и др.). Вполне очевидно поэтому, что основной путь в защите и возрождении малых рек проходит через осуществление мероприятий, направленных на увеличение подземного стока и уменьшение поверхностного. Среди этих мероприятий главная роль должна принадлежать лесомелиорации, способствующей большей инфильтрации талых и дождевых вод и сокращению поверхностного стока и эрозии.

Деградация малых рек степной зоны.

Степная зона России - наиболее поздно земледельчески освоенная территория России. В основном ощутимый рост площади пахотных земель произошел начиная со второй половины прошлого века. Поэтому именно для данной зоны представляется уникальная возможность проследить изменение темпов эрозионно-аккумулятивных процессов во времени и выявить их влияние на заиление малых рек .

Как следует из таблицы 2 суммарные потери почвы в XIX веке произошли в нижнем Поволжье и южном Предуралье, тогда как Подонье и Предкавказье стали аренами интенсивного смыва только в XX веке. Максимальные суммарные потери почвы в Ставропольской губернии, объясняются в первую очередь более высокой интенсивностью осадков в Предкавказье, а также крупной контуровкой полей, способствующий формированию смыва даже при невысокой интенсивности ливней.

Таким образом , различия в длительности освоения территорий степной зоны и соответственно степень изменения агроландшафтов отчасти сглаживаются ввиду более высокой интенсивности процессов на позже освоенных территориях.равнинном Предкавказье в настоящее время, где отмечены максимальные величины смыва, составляющие в среднем по Ставропольскому и Краснодарскому краям 7.1-7.3 т/га в год, а в равнинной части Кабардино-Балкарии - 14 т/га в год. В то же время в других степных районах России средние темпы смыва в 2-4 раза ниже. Лишь в степях Забайкалья, где резкое увеличение слоя осадков привело к катастрофическому развитию бороздковой и овражной эрозии объемы смываемого материала сопоставимы с территорией Предкавказья. Правда доля распаханых земель в степном Забайкалье существенно ниже.

Суммарные объемы смыва по периодам освоения и средний слой смыва за весь период освоения по ряду губерний степной зоны России.

№	Губернии	V_1	V_2	V_3	h, мм
1	Область войска Донского	$\frac{0.14}{4}$	$\frac{0.55}{16}$	$\frac{2.62}{80}$	16.7
2	Ставропольская	$\frac{0}{2}$	$\frac{0.4}{2}$	$\frac{5.72}{98}$	42.1
3	Оренбургская	$\frac{0.7}{7}$	$\frac{3.51}{36}$	$\frac{5.49}{53}$	25.8
4	Саратовская	$\frac{0.49}{12}$	$\frac{1.84}{47}$	$\frac{1.59}{41}$	32.3

Здесь $V_{1,2,3}$ - суммарный объем наносов , смытых с пашни за периоды 1696-1796, 1796- 1887,1887-1980 годы соответственно ; числитель - в млрд.тонн, знаменатель - в процентах от суммарного за весь период освоения; h - средний слой смыва с единицы площади за весь период освоения.

Наносы , формирующиеся за счет смыва почв на распахиваемых склонах переоткладываются по пути транспортировки в нижних частях склонов, в днищах балок и малых рек. Наиболее сложно поддается оценке доля наносов, отлагающихся на участке от пашни до речного русла. Это связано с тем, что темпы аккумуляции зависят от набора случайных меняющихся год от года факторов. Принципы и методы определения различных составляющих баланса подробно изложены в уже опубликованных работах (Ажигиров и др, 1988, Голосов и др, 1992а,б). При большом разнообразии перераспределения наносов на различных водосборах можно выделить некоторые закономерности. Во-первых ,все водосборы разделяются на две группы: небольшие водосборы балок, в прошлом бывшие овраги. Подобные балки характеризуются уклонами русла более 0.01, относительно небольшой протяженностью, плоским одноуровненным днищем, имеют небольшую емкость и не способны задержать значительное количество наносов. В зависимости от соотношения объема смыва и фактической емкости в подобных балках аккумулируется от 5 до 60-70% наносов, смываемых с пашни (если учитывать только те наносы, которые поступают в балку) К подобным относятся водосборы яр Глубокий, Терновая, Крутой яр и др., (см табл.3)). Различия в количестве наносов , аккумулирующихся на склонах связаны с долей пашни на водосборе. Кроме того, благодаря высоким уклонам вторичные врезы, формирующиеся в днищах подобных балок, часто достигают их верховьев, что минимизирует количество наносов,аккумулирующихся в их днищах. Прямо противоположенная картина наблюдается в балках другого типа (Елховка, Марков ручей) , которые сформировались в связи с заилием долин ручьев и малых рек. Их характерными признаками являются: уклоны менее 0.01-0.02 , наличие фрагментов пойм и террас, четкое разделение днища на три участка: эрозионно-аккумулятивный, аккумулятивный и транзитно-аккумулятивный. Как правило, пашня на подобных водосборах более удалена от русловой сети с одной стороны, а благодаря низким уклонам основного русла при значительной ширине днища резко снижается транспортирующие способности потока, что приводит к отложению большей части наносов. В таких балках также как и в заиливающихся днищах речных долин (р. Большая Погромка) аккумулируется от 80 до 100 % наносов.

Таблица 3 Объемы и средние мощности отложений в днищах ряда балочных систем степной зоны России

N	Название , местоположение балки	Средний уклон	Площадь водосбора, км ²	Период интенсивного освоения годы	V _p тыс. м ³	V _{cs} тыс. м ³	H _p м	H _{cs} м
1	Сухой яр, приток р. Айгурки, Ставропольский край	0.01	21.6	50-60	71.06	47.26	2.09	1.39
2	яр Глубокий, приток р.Горькая,Ставропольский край	0.053	4.2	80-100	9.76	2.95	0.8	0.24
3	Сухой яр, приток р.Калаус, Ставропольский край	0.02	11.1	80-100	284.04	125.98	2.02	0.9
4	Терновая, приток р. Калаус, Ставропольский край	0.014	21	100-120	6.6	1.52	1.1	0.25
5	Швединка, приток р.Калаус, Ставропольский край	0.009	26	140-160	34.22	12.15	2.9	1.03
6	Перестроечная, приток р.Средняя Каргалка, Оренбургская область	0.0117 *	-	140-160	44.32	24.35	1.56	0.5
7	Елховка, приток р. Большая Погромка, Оренбургская область	0.0054	27.38	140-160	261.79	99.08	1.4	0.57

Здесь V_p и V_{cs} - суммарный объем аккумуляции за весь период интенсивного сельскохозяйственного освоения и за время с момента начала проведения взрывов в открытой атмосфере с 1954 года соответственно, H_p и H_{cs} - средняя мощность наносов, отложившихся по длине балки за аналогичные интервалы времени.

Сопоставление объемов и средних мощностей отложений в днищах ряда балок за различные интервалы времени (табл.3) позволяет говорить о том, что средние темпы отложения изменяются во времени, естественно различаясь от балки к балки в зависимости прежде всего от интенсивности склонового смыва на водосборе, Постепенное усиление аккумуляции наносов в балочной сети степной зоны сопровождалось синхронным ростом объема наносов, поступающих в речные русла. Сопоставление протяженности речной сети , проводившееся по методике, изложенной в работе Голосова и Ивановой (1994) для малых рек степной зоне России показало, что густота речной сети в среднем по бассейнам рек с площадью водосбора от 50 до 10 000 км² сократилась почти на половину за период с середины прошлого до середины

нынешнего века. При этом наибольшие изменения затронули верхние звенья гидросети: малые реки с площадью водосбора от 100 до 500 км². Региональный анализ показывает, что темпы отмирания малых рек достаточно синхронны с продолжительностью интенсивного сельскохозяйственного освоения территории. Поэтому в частности максимальное заиление рек произошло в Подонье, относительно раньше других освоенном земледельцами (Кириков, 1983). Так протяженность рек в бассейне р. Бузиновка уменьшилась на 73%. В то же время реки Предкавказья сравнительно в меньшей степени деградировали за исследованный столетний период. Помимо более поздней распашки, вероятно, в этом случае сыграло свою роль и большее количество прудов в их верховьях, задержавших значительное количество наносов. В Нижнем Поволжье в бассейнах рек Терсы и Иловли сокращение протяженности малых рек за период с первой четверти XIX до 60-х годов XX века составило от 17% (р. Большая Ольховка) до 75% (р. Красавка), а в целом по бассейнам рек Иловли и Терсы 29% и 40% соответственно (Голосов и Иванова, 1993). Реки степной зоны Оренбуржья также заилились вследствие поступления огромного потока наносов со склонов. Так за период 1855-1954 гг. степные протяженность левобережных притоков р. Самары сократилась на 18% (р. Сорока) - 40% (р. Большая Погромка). В этот же период реки степного Зауралья в бассейнах рек Урал и Тобол практически не изменили свою протяженность, поскольку площади пашни в пределах их водосборов до середины 50-х годов не превышали 10-20%. Однако сразу же после освоения целины и увеличения площади пашни до 40-50% процесс деградации малых рек охватил всю эту территорию и уже к концу 80-х годов число постоянных водотоков с площадью водосбора менее 300 км² сократилось на 79% в сравнении с серединой 50-х годов (Голосов и Иванова, 1994). Имеются данные, что реки равнинной степной части Алтая также значительно заилились за период сельскохозяйственного использования водосбора. Рекогносцировочные обследования рек степного Забайкалья показали, что несмотря на резкое усиление склонового смыва с пашни, особенно усилившегося с конца 80-х годов XX века и увеличения повторяемости летних наводнений, процесс собственно заиления речных русел только начинается.

Основные выводы

Таким образом, уничтожение на огромных площадях естественной лесной и степной растительности и распашка земель обусловили многократное усиление бассейновой (почвенной и овражной) эрозии. Большая масса продуктов эрозии поступили на поймы и русла многочисленных малых рек. Не справляясь с резко возросшей нагрузкой реки аккумуляровали новые антропогенные наносы на своих поймах и в руслах. Заиление русел и находящихся там источников ухудшило питание рек подземными водами, что способствовало деградации большого числа малых рек.

Распределение малых рек с различной степенью уязвимости зависит от геолого-геоморфологического строения территории и природных зон. Это вытекает из положения о подчинении рек законам географического распределения, коль скоро этим же законам подчиняются определяющие их факторы. Анализ состояния равнинных малых рек на Европейской территории России и сопредельных государств показал, что минимальная уязвимость (т.е. максимальная устойчивость) к внешним воздействиям свойственна малым рекам, протекающим по структурным холмистым равнинам и возвышенностям, сложенным близко залегающими к поверхности скальными породами, а также на-

ходящимися в похожих по строению и рельефу областях последних оледенений - Московского и Валдайского. Это объясняется изначальной ступенчатостью продольных профилей малых рек, вызванной неровностью коренной кровли или ледниковых валунных суглинков или глин. Частые увеличения уклонов рек по их длине, следующие за участками с небольшими уклонами, способствуют большей неравномерности скоростей потоков и росту эрозионно-транспортирующей способности таких рек. Максимальная уязвимость типична для малых рек, протекающих в депрессиях рельефа в пределах низменных равнин, что связано с излишней пологостью продольных профилей на всем протяжении рек и ручьев.

Потенциальная уязвимость малых рек отнюдь не совпадает с реальным уровнем заиления малых рек, хотя и влияет на нее. Реальное заиление зависит не столько от степени уязвимости реки к изменениям стока воды и наносов, сколько от фактического их изменения. Последнее также отличается географическим характером распределения, равно как и причины, его вызвавшие. Основной причиной увеличения стока наносов является сплошная и часто неправильная распашка водосборов. Основной причиной уменьшения поверхностного стока является сведение лесов и разбор воды на орошение.

Реки заилены и деградируют в максимальной степени в сельскохозяйственных и засушливых районах. Таковыми являются районы, относящиеся к зоне степей. Также очень сильно заиление коснулось рек, протекающих в зоне лесостепи. В зоне смешанных лесов отмечается выборочное заиление рек, протекающих в опольях, местах искусственного сведения лесов с дальнейшей распашкой полей и опушек. Здесь важным представляется процесс иссушения рек. Еще более фрагментарно распределение заиленных малых рек таежной зоны, исключая районы сплошных вырубок лесов.

В пределах широтных зон уровень заиления и деградации рек определяется их потенциальной уязвимостью, как известно больше зависит от рельефа и литологического строения территории. Так, степные и лесостепные малые реки, протекающие по Среднерусской, Приволжской, Приднепровской, Волыно-Подольской возвышенностей, деградируют в меньшей степени, чем реки протекающие по расположенным между ними в тех же природных зонах равнинам. Малые реки, находящиеся в пределах низменных равнин в лесостепях, в частности, в Украинском Поднепровье и Полесье, заилены практически полностью, так же, как и степные малые реки более расчлененных районов.

Литература

1. Ажигиров А.А., Голосов В.Н., Литвин Л.Н. Эрозия на сельскохозяйственных землях и проблема защиты малых рек от заиления // Малые реки центра Русской Равнины, их использование и охрана, МФГО, 1988, с. 51-61.
2. Голосов В.Н., Силантьев А.Н., Острова И.В., Шкуратова И.Г. Радиоизотопный метод оценки темпов внутрибассейновой аккумуляции // Геоморфология, № 1, 1992, с.30-36.
3. Голосов В.Н., Иванова Н.Н., Литвин Л.Ф., Сидорчук А.Ю. Баланс наносов в речных бассейнах и деградация малых рек Русской Равнины // Геоморфология, № 4, 1992, с.62-71.
4. Голосов В.Н., Иванова Н.Н. Особенности заиления малых рек зоны интенсивного сельскохозяйственного освоения // Водные ресурсы, № 6, 1994, с.684-688.
5. Дедков А.П., Мозжерин В.И. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань:Изд-во Казанск. ун-та, 1984. 264 с.
6. Дедков А.П., Мозжерин В.И., Курбанова С.Г. О деградации речной сети в Среднем Поволжье и ее причинах.// Труды Акад.водохоз-ва. наук. вып. 1, 1995. С. 93 - 98.

7. Замарин Е.А. Транспортирующая способность и допускаемые скорости течения в каналах. М.,-Л., Гострансиздат, 1951, 82 с.
8. Кириков С.В. Человек и природа степной зоны - Наука, М., 1983, 128 с. 1991, с. 27-28.
- 9.Кичигин А.Н. Причины деградации русел малых рек Вологодской области Геоморфология ,N1, 1992, с.56-61
- 10.Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М., Изд-во АН СССР, 1955, 346 с.
11. Материалы гидрометрических наблюдений на почвах и лесных парных водосборах. Вып.3, 1974 - 1975 гг., вып. 4, 1975.
- 12.Нежиховский Р.А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды Л., Гидрометеоздат, 1971, 476 с.
- 13.Ржаницын Н.А. Руслоформирующие процессы рек. Л., Гидрометеоздат, 1985, 263 с.
- 14.Станкевич Е.Ф. Ожившие родники.// Красная Татария, N 154, 1957.
- Филенко Р.А. Воды Вологодской области. Л, ЛГУ, 1966, 131 с.