

А.Ю. Сидорчук  
член-корреспондент АВН  
Московский университет



## **Эрозионно-аккумулятивные процессы на Русской равнине и проблемы заиления малых рек.**

### **Введение**

На речных водосборах Русской равнины к началу субатлантического времени голоцена произошла общая стабилизация эрозионно - аккумулятивного комплекса. На плакорах и склонах густой растительный покров препятствовал развитию эрозии, здесь накапливались продукты эолового переноса и шло почвообразование, только на крутых склонах речных долин возникали овраги; в ложбинно-балочной сети происходило выколаживание бортов склоновыми процессами и медленное заполнение в днищах; в наиболее глубоко врезанной сети ручьев, малых и средних рек формировались выработанные продольные профили; крупные реки осуществляли в основном транзит наносов и в речных дельтах наносы аккумулировались.

Эта схема в общих чертах сохранилась на водосборах рек северного мегасклона Русской равнины, где в относительно меньшей степени проявилось антропогенное воздействие на эрозионно-аккумулятивный комплекс. На водосборах рек южного мегасклона (Волги, Дона, Днепра, Днестра и др.) в результате сведения лесов, неумеренной распашки междуречий (в том числе крутых склонов и присетевых участков) и пойменных земель нарушился естественный ход эрозионно-аккумулятивных процессов. Максимум эрозии приходится здесь на склоны междуречий и ложбинную сеть, где происходит интенсивный смыв почв, формирование и рост оврагов. Эродируемый материал поступает в балки, ручьи и малые реки, где происходит интенсивная аккумуляция наносов, часто ведущая к исчезновению поверхностного стока воды и морфологической деградации рек. В зонах наиболее активной эрозии эти процессы затрагивают и средние реки, а в отдельных случаях аккумуляция наносов фиксируется и в руслах крупных рек.

### **Эрозия почв на склонах.**

Степень эродированности почв на склонах устанавливается при почвенно - эрозионных съемках обычно почвенно - морфологическим методом с учетом рельефа территории. Обобщение этих данных проведено С.С.Соболевым [11] и, в последнее время, в Почвенном институте им. Докучаева. Однако степень эродированности почв (даже в случае правильной диагностики) связана не с абсолютными, а с относительными (относительно мощности почвенных горизонтов) величинами смыва.

Эродированность почв в абсолютном измерении и ее изменение во времени можно оценить на основе расчетов по апробированным для территории Русской равнины математическим моделям почвенной эрозии с учетом изменения во времени главных факторов эрозии - площади распаханых земель, количества зимних и летних осадков, характера землепользования. В НИЛ эрозии почв и русловых процессов МГУ проведена апробация и модификация 2

моделей эрозии [6]: Государственного гидрологического института [5] для эрозии в период снеготаяния и универсальное уравнение почвенной эрозии Службы охраны почв США [12] для смыва в период летних дождей. На основе базы данных о современных факторах эрозии, входящих в модели, составлена карта эрозионного потенциала для Русской равнины [1] в масштабе 1:1500000. Эта карта положена нами в основу ретроспективных расчетов интенсивности эрозии для временных срезов 1696, 1725, 1763, 1796, 1861, 1887, 1950, 1980 гг., обеспеченных данными о величинах основных переменных во времени факторах эрозии. Определены объемы смыва почв за различные периоды и распределение пашни по площадям с различной степенью смытости почв.

Пространственно-временная изменчивость почвенной эрозии на Русской равнине определяется пространственной дифференциацией рельефа и эрозионной устойчивости почв, и пространственно - временными изменениями распаханности земель, величин осадков, характера севооборотов и типа землепользования. В XVIII в., за расчетный период 1696-1796 (включительно) гг., основная эрозионная нагрузка приходилась на наиболее населенную и распаханную территорию российского нечерноземья. Всего здесь было перемещено 11,7 млрд.т. почвы, что составило 60% общего объема перемытых почв на Русской равнине за этот период. На 94% площади пашни мощность слоя смыва не превышала 10 см. Но выделяются 2 основных ареала наиболее интенсивной эрозии: западный - Московский, и восточный - Приволжский, где на 8-9% пашни смыв составил 10-20 см. Для дерново-подзолистых почв, где максимальная мощность гумусового горизонта составляет 15-20 см, а скорость почвообразования (под естественной растительностью) не превышает 2-3 см за 100 лет, подобные темпы эрозии достаточны для формирования средне- и сильносмытых почв.

В лесостепи на юго-западе Русской равнины, на Волыно-Подольской возвышенности и в Молдавии, начинает формироваться юго-западный ареал смытых черноземных почв.

В XIX в., за расчетный период 1796-1887 (включительно) наиболее интенсивная эрозия все еще проявлялась на старопашотных землях Нечерноземья. Общий смыв составил 16,4 млрд.т. Интенсивность эрозии увеличилась по сравнению с предыдущим периодом за счет распашки неудобий и более крутых склонов после реформы 1861 г. В результате в Московском ареале интенсивной эрозии на 40% пашни слой смыва к 1887 г. превысил 10 см, на 22% пашни он превысил 30 см. В Приволжье до 63% пашни было размыто более чем на 10 см и 14% - более чем на 30 см. Однако смыв в нечерноземной зоне составил только 45% от общего перемещения почв на Русской равнине за этот период.

Освоение лесостепной черноземной зоны Русской равнины под пашню привело к общему перемещению 16,5 млрд.т почвы за 1796-1887 гг, т.е. также 45 % от общего смыва. Формируются юго-западный и центрально-черноземный ареалы интенсивного смыва. В Молдавии на 29% пашни слой смыва превысил 10 см, на 10% пашни - 20 см. На юге Курской губернии (современная Белгородская область) на 30% пашни смыв превысил 10 см. Однако для развитых здесь черноземов обыкновенных с мощностью гумусового горизонта до 80-90 см и скоростью почвообразования (под естественной растительностью) 4-4,5 см за 100 лет подобные темпы эрозии не приводят к таким изменениям

мощности почвенного профиля, которые могут быть выявлены при почвенно-эрозионных съемках.

В XX в. (расчетный период 1887-1980 гг.) существенно уменьшается интенсивность эрозии на старопашотных землях Нечерноземья. За этот период здесь было перемещено 9,8 млрд.т. почв или 23 % от всего смыва на Русской равнине. Это связано с общим уменьшением площади пашни (в отдельных регионах до 50-70%), часто за счет прекращения распашки наиболее эродированных и крутосклонных земель. В результате общая эродированность земель к 1980 г. увеличилась незначительно.

В лесостепной зоне в XX в. было перемещено 16,4 млрд. т (39% общего смыва). В Молдавии на 65% площади пашни мощность смыва превысила 20 см к 1980 г. и на 12% пашни сокращение почвенного профиля превысило 30 см. На территории ЦЧО наиболее интенсивная эрозия проявилась в Белгородской области (на 7% пашни смыв превысил 30 см).

В XX в. интенсивное земледелие распространяется в степной зоне Русской равнины. Здесь было смыто за 1887-1980 гг. 15,5 млрд.т почв, что составило 37% от общего объема перемещенных почв за этот период. В среднем сокращение мощности почв было невелико, лишь локально оно превысило 30 см, однако на юге Украины и в Ставропольском крае сформировались южный и юго-восточный ареалы значительного смыва почв.

В целом за период 1696-1796 (включительно) гг. на Русской равнине было перемещено склоновой эрозией 19,5 млрд.т. почв, в 1796-1887 гг. - 36,7 млрд.т. почв, и за период 1887-1980 гг. - 42,5 млрд.т. почв. Постоянное увеличение во времени объемов продуктов эрозии объясняется общим увеличением площади пашни, вовлечением в сельскохозяйственный оборот более подверженных эрозии земель. В наибольшей степени смыты почвы в Нечерноземной полосе Европейской России, особенно на Среднерусской и Приволжской возвышенностях, где общий смыв за 1696-1980 гг. составил 1400-1800 т/га. В лесостепи наибольший смыв фиксируется на юго-западе (в Молдавии и Волыно-Подольской возвышенности, 1200-1800 т/га) и в центральных черноземных областях России (1000-1600 т/га). В степи максимальный смыв происходит на юге и юго-востоке зоны (рис.1). Общий объем склоновой эрозии на Русской равнине за период 1696-1980 составил 98,6 млрд. т. перемещенных почв. На 20,5% пашни слой смыва превысил 10 см, на 7% пашни - 20 см.

### **Овражная эрозия.**

Развитие овражной эрозии на Русской равнине определяется теми же факторами, что и развитие склоновой - изменением площади распаханых земель, количества зимних и летних осадков, характера землепользования. Однако распределение во времени интенсивности и объемов смыва для склоновой и овражной эрозии - принципиально разное.

Интенсивность и объемы смыва почв со склонов изменяются в полном соответствии с изменением во времени и пространстве значений факторов эрозии - как было показано, общее увеличение площади пахотных земель привело к общему монотонному увеличению объемов смыва со склонов. Интенсивность овражной эрозии за этот же период неоднократно достигала максимума и уменьшалась до минимальных величин. Л.А.Моряковой было датировано около 500 оврагов на юге Нечерноземья России по мощности и

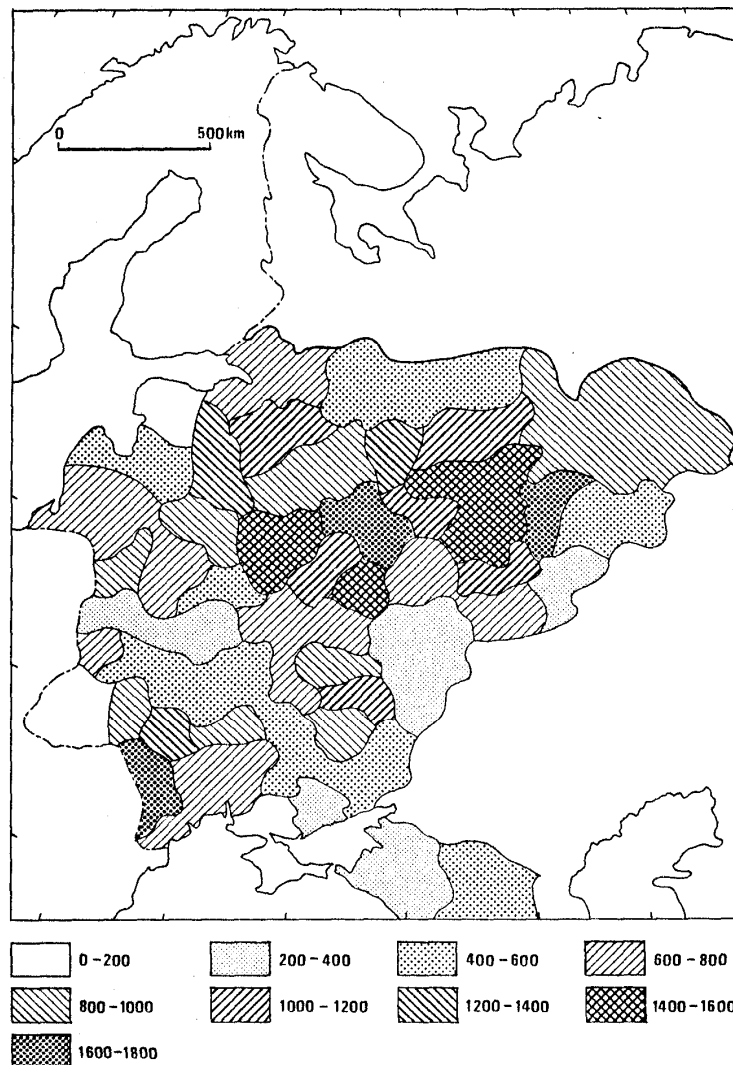


Рис.1 Рассчитанная величина смыва почв в т/га за период 1696-1980 гг. на Русской равнине

гумусированности почв на конусах выноса и стабильных склонах оврагов [8]. Обработка этих данных показала, что с конца XV в. на этой территории было 5 максимумов интенсивности оврагоформирования: в конце XV в., в конце XVII в., в начале XIX в., в конце XIX в. и в середине XX в. Три последних максимума хорошо увязываются со значительным увеличением площади пашни после налоговых реформ 1762 г., освобождения крестьян 1861 г., и коллективизации 1928 г. Величины этих максимумов на разных территориях могут быть разными, и на позднее освоенных землях отсутствуют первые максимумы, однако общее изменение оврагообразования на Русской равнине приурочено к основным этапам, указанным в табл. 1. Максимум интенсивности оврагоформирования приходится на середину периода: через 30-40 лет после максимума оврагообразовательный потенциал данного эпизода освоения новых земель реализуется и образование новых оврагов практически не происходит.

В НИЛ эрозии почв и русловых процессов МГУ были проведены расчеты количества оврагов и объемов выноса продуктов овражной эрозии за агрикультурный период (~500) лет для территории Русской равнины [9].

Обработка этих данных показывает, что несмотря на широкое развитие оврагов, на большей части территории вынос продуктов овражной эрозии за все это время не превышает 20 т/га. В среднем и нижнем Поволжье и на юге Украины эта величина составляет 20-30 т/га, и только в ЦЧО, на Средней Волге и в Молдавии превышает 30 т/га. В целом объем выноса продуктов овражной эрозии на Русской равнине за агрикультурный период составил около 4 млрд. т наносов.

### **Заиление малых рек южного мегасклона Русской равнины.**

Весь огромный объем смытого со склонов и вынесенного из оврагов материала распределяется на нижних частях склонов, в конусах выноса оврагов, в днищах балок, а также поступает на поймы и в русла ручьев и рек разных размеров. Распределение наносов в эрозионно-руслевой сети определяется характером баланса наносов в эрозионно-аккумулятивном комплексе склон-ложбина-овраг-балка-ручей-река-дельта.

Распространенным методом оценки баланса наносов в этом комплексе является гидрометрический метод. Он заключается в измерении объемов стока воды и наносов в гидрометрических створах, расположенных по длине эрозионно-руслевой сети и в последующих расчетах баланса наносов. Часто используется почвенно-геоморфологический метод. На основе изучения изменений мощностей горизонтов в эродированных и намытых почвах, объема эрозионных форм и коррелятивных им аккумулятивных образований при условии синхронизации событий может быть рассчитан баланс наносов в среднем за некоторый период времени, определяемый наличием временных реперов в системе (например, наличия  $^{137}\text{Cs}$  в отложениях).

В последнее время важным методом оценки баланса наносов в эрозионно-аккумулятивном комплексе становится использование математических моделей эрозионно-аккумулятивных процессов. В качестве комплексного показателя баланса наносов используется коэффициент выноса наносов  $K_B$ , равный отношению объема наносов, выносимых из замыкающего створа  $T$ , к общему объему эрозии на водосборе  $\mathcal{E}$ :  $K_B = T/\mathcal{E}$ .

Для расчета баланса наносов на водосборах и долинах рек южного мегасклона Русской равнины использовалось сочетание всех методов. Для 6 ключевых водосборов ручьев и малых рек с площадями бассейнов до 200 кв. км баланс наносов определялся почвенно-геоморфологическим методом [3]. Эти ключевые участки расположены в лесной, лесостепной и степной зонах. Осреднение данных по балансу наносов позволяет принять среднее значение коэффициента выноса с водосборов площадью менее 200 кв. км в лесостепи и степи  $K_B=0,5$ . Для балочных водосборов лесной зоны этот коэффициент существенно больше и приближается к 1,0.

Коэффициенты выноса наносов с водосборов рек разных размеров в бассейнах Днестра, Днепра, Дона и Волги получены сочетанием расчетного и гидрометрического методов. Величина смыва наносов с водосборов, для которых имеются наблюдения за стоком наносов, получалась расчетом по модифицированным формулам ГГИ и Управления охраны почв США. Величина выноса наносов через замыкающие створы этих водосборов принималась по данным многолетних измерений Гидрометеослужбы. Рассчитанные значения коэффициентов выноса для водосборов с площадью более 200 кв. км уменьшаются с увеличением площади водосбора  $F$ :

$$K_B = aF^{-0.2} \quad (1)$$

Коэффициент  $a$  определяется ландшафтными условиями водосбора, его распаханностью и обводненностью. Для бассейнов Днепра и Волги среднее значение  $a=0,25$ ; для бассейнов Днестра и Дона  $a=0,75$ .

Степень транзитности водосборов, несомненно, изменялась во времени, менялось распределение эрозии и аккумуляции по длине эрозионно-русловой сети, данные Гидрометеослужбы также не характеризуют весь агрикультурный период. Однако, в первом приближении формула (1) была применена для расчета баланса наносов для агрикультурного периода, для которого проведены расчеты смыва наносов со склонов. Как показано В.И. Мозжериним [7], это правомочно для бассейнов с долей распаханых земель более 30%, что было характерно для южного мегасклона Русской равнины.

Доманицким и др. [4] была установлена структура гидрографической сети для ряда крупных бассейнов рек Русской равнины - количество рек разной длины. Исходя из объемов смыва почв со склонов в этих бассейнах за агрикультурный период, по формуле (1) проведен расчет распределения аккумуляции этих наносов в долинах рек с разными длинами и площадями бассейнов. По данным Нежиховского [10] оценена общая площадь пойм и русел этих рек, что позволило вычислить среднюю мощность слоя наносов, которые отложились на поймах и в руслах рек разных размеров за период интенсивного землепользования.

Расчеты показывают, что наиболее интенсивная аккумуляция наносов за последние 300 лет сосредоточена на поймах и в руслах ручьев длиной 10-25 км (рис.2а). Мощность отложений уменьшается с запада на восток, а также на север и юг от центральной области максимальной аккумуляции. Эта область охватывает бассейны Днестра и Ю.Буга (мощность отложений  $H=5,2-6,6$  м); нижнего Днепра, Десны и Оки ( $H=2-7-3,1$  м); Вятки и верхней Камы ( $H=1,9-2,7$  м). К северо-западу от этой оси мощности аккумуляции в долинах ручьев уменьшаются до 1,1 -2,4 м (верхний Днепр и верхняя Волга), к юго-востоку до 0,5-2,3 м (Дон, средняя и нижняя Волга).

Существенно меньшие объемы аккумуляции получены расчетом для пойм и русел малых рек длиной 25-50 км (рис. 2b). Область максимума аккумуляции здесь несколько сместилась к югу : это бассейны Днестра и Ю.Буга ( $H=1,2-1,6$  м); нижнего Днепра и Северского Донца ( $H=0,8$  м); верхнего и среднего Дона ( $H=0,4$  м); бассейн Вятки ( $H=0,2$  м). К северу, югу и востоку от этой оси мощности аккумуляции уменьшаются вплоть до 0,04 м в бассейне Белой.

Качественно близкая картина распределения мощностей аккумуляции получена для малых рек длиной 50-100 км. (рис. 2с). Здесь максимум аккумуляции приходится на бассейны нижнего Днепра и Северского Донца ( $H=0,3-0,5$  м). В бассейнах Днестра, Ю.Буга, верхнего Днепра, Десны и Дона  $H=0,2$  м, а в бассейне Волги аккумуляция не превышает 0,1 м.

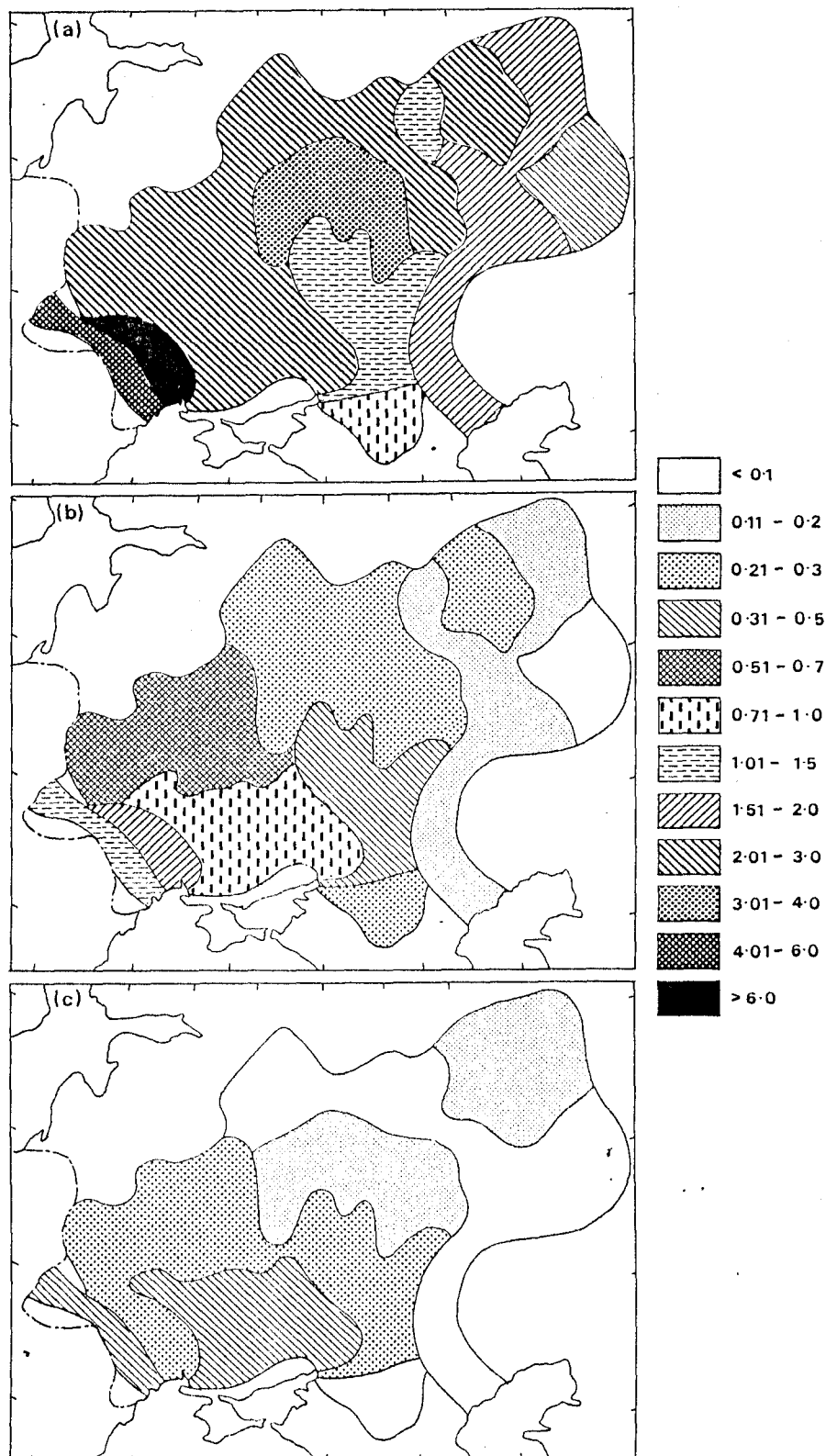


Рис. 2 Мощность отложений агрикультурного периода в руслах и на поймах рек южного мегасклона Русской равнины: а) ручьи длиной 10-25 км, б) малые реки длиной 25-50 км, с) малые реки длиной 50-100 км.

## **Заключение**

Современное состояние ручьев и малых рек на Русской равнине, особенно на южном мегасклоне, близко к катастрофическому. Интенсивная склоновая и овражная эрозия на водосборах на протяжении более 300 лет активного сельскохозяйственного использования земель привели к выносу в балочно-русловую сеть почти 100 млрд. т наносов. Из них лишь 6-7% достигли низовьев рек, большая часть переотложилась в руслах и на поймах рек, преимущественно малых. Мощности отложений достигают 5,0-6,0 м, и очень часто составляют 2,0-4,0 м, что подтверждается данными бурения отложений в руслах [2].

Главная причина деградации малых рек - эрозия на их водосборах. Основным методом борьбы с деградацией малых рек должно быть широкое распространение почво-водоохранных технологий землепользования. Однако ни законодательной, ни методической, ни материальной основы для этого не создано. Современное развитие земельной реформы напоминает события после 1861 г., когда основная часть земли осталась у крупных землевладельцев, а крестьяне осваивали неудобья. Тогда это привело к невиданной ранее вспышке интенсивной эрозии на Русской равнине. Индивидуальный хозяин не может противостоять эрозии - для этого нет средств, да и проявления этого процесса неявны и их катастрофические последствия сказываются только через 1-2 поколения. Необходима государственная служба охраны почв от эрозии и малых рек от заиления.

## **Литература**

1. Белоцерковский М.Ю., Жаркова Ю.Г., Кирюхина З.П., Ларионов Г.А., Литвин Л.Ф., Пацукевич З.В. Эрозионноопасные земли Европейской части СССР. В сб.: Земельные и водные ресурсы. Противозерозионная защита и регулирование русел. М., Изд-во Моск.ун-та, 1990, с. 3-20
2. Веретенникова М.В., Зорина Е.Ф., Любимов Б.П., Полосухина З.М., Сидорчук А.Ю. Отмирание верхних частей гидросети на водосборе р.Ведуга (бассейн р. Дон) в период интенсивного сельскохозяйственного использования. В сб.: Малые реки центра Русской равнины, их использование и охрана. М., МФГО, 1988, с. 32-40
3. Голосов В.Н.,Иванова Н.Н., Литвин Л.Ф., Сидорчук А.Ю., Чернов А.В. Трансформация стока наносов на водосборах малых рек Европейской части СССР. В сб.: Современное состояние малых рек СССР и пути их использования, сохранения и восстановления. Л., Гидрометеиздат, 1991, с.96-103
4. Доманицкий А.П., Дубровина Р.Г., Исаева А.И. Реки и озера Советского Союза. Л., Гидрометеиздат, 1971, 103 с.
5. Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противозерозионных мероприятий на Европейской территории СССР. Л., Гидрометеиздат, 1979, 61 с.
6. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв. М., Изд-во Моск. ун-та, 1993, 198 с.
7. Мозжерин В.И. Современный глобальный сток взвешенных наносов и прогноз его изменения. В сб.: Проблемы эрозионных, русловых и устьевых процессов. Ижевск, 1992, с. 63-65.
8. Морякова Л.А. Датировка основных периодов развития овражной эрозии в южной части нечерноземной зоны Европейской территории СССР. В сб.:



География опасных природных явлений. Деп.ВИНИТИ N 5524-B88, М., 1988, с.114-121

9. Морякова Л.А., Никольская И.И., Прохорова С.Д., Дьяченко И.С. Карта распространения оврагов на Европейской территории СССР. В сб.: Опасные природные явления. Деп.ВИНИТИ N 6455 B87, М., 1987, с. 14-36.

10. Нежиховский Р.А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды. Л., Гидрометеиздат, 1971, 476 с.

11. Соболев С.С. Почвенно-эрозионная карта СССР. М., ГУГК, 1968

12. Wisheimer W.H., Smith D.D. Prediction rainfall and erosion losses - a guide to conservation planning. Agriculture Handbook No. 537, Washington, USDA, 1978, 47 pp.