

ОЦЕНКА ВОДООХРАННОЙ РОЛИ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Н.А. Рыбакова

Институт лесоведения РАН,
Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский район, п. Успенское, ул. Советская, 21;
1986620@gmail.com

Резюме. Лесные насаждения являются единственным эффективным средством очистки поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий от наносов и биогенных элементов. Водоохранную роль выполняют все насаждения, расположенные на водосборе, в том числе и те, что имеют агролесомелиоративное назначение. В пяти эрозионных округах европейской лесостепи на территории 14 сельскохозяйственных предприятий, имеющих полный завершённый комплекс агролесомелиоративных насаждений, определены их «рабочие» участки, где поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий контактирует с лесной почвой, происходит поглощение поверхностного стока, отложение взвешенных наносов, снижение концентрации биогенов и пестицидов. Общая площадь «рабочих» участков агролесомелиоративных насаждений и естественных лесов в гидрографической сети составила лишь 1.4-1.7% площади сельскохозяйственных угодий и 4.6-13.4% насаждений. По эрозионным округам рассчитаны три показателя водоохранной лесистости: лесистость, необходимая для полного поглощения поверхностного стока (L_B), полного отложения взвешенных наносов (L_H), очистки стока от биогенных элементов до ПДК ($L_{ПДК}$). Водоохранная лесистость водосборов L_B составляет на серых лесных почвах 11.6-14.3% площади сельскохозяйственных угодий, на черноземах 8.3-10.3%; L_H – соответственно 3.5-4.3 и 2.5-3.1%, $L_{ПДК}$ – 7.0-8.6 и 5.0-6.2%. Применение современных агротехнических противоэрозионных мероприятий позволяет снизить водоохранную лесистость водосборов, необходимую для поглощения стока, до 5.1-10.5%, для очистки стока от наносов – до 1.5-3.2%, снижения концентрации биогенов – до 3.1-6.3%.

Ключевые слова. Водосбор, снеготаяние, поверхностный сток, агролесомелиоративные насаждения, лесистость.

EVALUATION OF THE WATER PROTECTED ROLE OF FOREST MELIORATIVE PLANTATIONS OF THE EUROPEAN FOREST-STEPPE

N.A. Rybakova

Institute of Forest science RAS,
21, Sovietskaya str., 143030, v. Uspenskoe, Odintsovsky district, Moscow region, Russia;
1986620@gmail.com

Abstract. Forest plantations are the only effective means of clearing surface runoff off the agricultural lands from sediments and biogenic elements. Water

conservation role is performed by all plantings located on the catchment area, including those that have agroforestry purposes. In five erosion districts of the European forest-steppe in 14 agricultural enterprises with a full range of agrolesomeliorsiya plantings, their "working" areas are identified. Here surface runoff from agricultural land contacts forest soil, surface runoff is absorbed, deposited suspended sediments, the concentration of nutrients and pesticides is reduced.

The total area of "working" areas of agrolesomeliorsiya plantings and natural forests in the hydrographic network was only 1.4-1.7% of the area of agricultural land and 4.6-13.4% of forest. According to the erosion regions, three indicators of water conservation are calculated: the forest cover necessary for complete absorption of surface run-off (L_{CA}), complete sedimentation of suspended sediments (L_S), purification of runoff from biogenic elements to the maximum permissible concentration (L_{MPC}). The water-protected forest cover of the catchments of L_{CA} is 11.6-14.3% of the agricultural land on gray forest soils, 8.3-10.3% in chernozems; L_S - accordingly 3.5-4.3 and 2.5-3.1%, L_{MPC} - 7.0-8.6 and 5.0-6.2%. The use of modern agrotechnical anti-erosion measures makes it possible to reduce the water-protective forest cover of water catchments necessary to absorb the runoff to 5.1-10.5%, to clean up runoff from sediments to 1.5-3.2%, to reduce the concentration of nutrients to 3.1-6.3%.

Keywords. Water catchment, snowmelt, surface runoff, agroforestry plantations, forest cover.

Введение

Поверхностный сток весеннего снеготаяния и летних ливней, формирующийся на сельскохозяйственных землях, вызывает эрозию почв, сток наносов, вынос ядохимикатов (удобрений и пестицидов), поступающих в водные объекты. Лесные насаждения являются единственными достаточно эффективным средством очистки поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий. Водоохранное воздействие лесных насаждений особенно значимо в лесостепной и степной зоне с высокой степенью освоения сельскохозяйственным производством, широко использующим минеральные удобрения и пестициды.

В настоящее время в связи с развитием химизации земледелия возрастает значение агrolesомелиоративных насаждений в очистке поверхностного стока от биогенов и пестицидов. Целью работы является оценка водоохранного (водоочищающего) действия существующих в лесостепной зоне агrolesомелиоративных насаждений и естественных лесов в гидрографической сети на основе разработанной методики определения площади насаждений, необходимой для очистки поверхностного стока весеннего снеготаяния от взвешенных наносов и биогенных элементов. Определена существующая водоохранная лесистость агrolesомелиоративных насаждений и потребность в таких насаждениях, обеспечивающих очистку поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий.

Методы и материалы

Водоохранную роль насаждений определяет их водопоглотительная и аккумулятивная функции. Насаждения способствуют переводу поверхностного стока в грунтовый, что приводит к задержанию взвешенных наносов, поглощению растворенных биогенов, снижению их концентрации в результате сорбции лесной подстилкой и разбавления более чистой снеговой водой, накапливающейся в лесу. Отложение взвешенных наносов и уменьшение содержания биогенов ниже предельно допустимых концентраций (ПДК) возможно при полном или частичном поглощении насаждениями стока с водосборов, занятых сельскохозяйственными угодьями. Нами предлагается использовать три показателя водоохраной лесистости ($L, \%$): лесистость, необходимая для полного поглощения поверхностного стока (L_B), полного отложения взвешенных наносов (L_H), очистки стока от биогенных элементов до предельно допустимых концентраций (ПДК) ($L_{ПДК}$). Водоохранная лесистость водосбора определена по формуле

$$L = K \cdot \frac{h}{w + h} ,$$

Площадь насаждений, обеспечивающая полное поглощение поверхностного стока, определена из соотношения слоев стока с сельскохозяйственных угодий (h , мм) и суммарного водопоглощения в лесных насаждениях за период снеготаяния (w , мм). Коэффициент K показывает, на поглощение какой доли (%) стока с сельскохозяйственных угодий рассчитывается насаждение. При расчете L_B в формулу входит $K_B=100$, при расчете L_H и $L_{ПДК}$ – соответственно, K_H и $K_{ПДК}$. Водоохранные насаждения на сельскохозяйственных угодьях нецелесообразно рассчитывать на полное поглощение поверхностного стока, так как их создание связано с изъятием ценных земель. На водосборах водоемов с угрозой заиления, целесообразно оценивать или проектировать насаждения из расчета полного отложения наносов, водоемов питьевого или рыбохозяйственного назначения – из расчета снижения концентрации биогенов до ПДК.

В европейской лесостепи 75-90% годового стока составляет сток весеннего снеготаяния, поэтому водоохранную лесистость необходимо рассчитывать по характеристикам, полученным в период половодья. Для расчета стока с сельскохозяйственных угодий (h , мм) нами использовались карты поверхностного стока весеннего снеготаяния 50%-ной обеспеченности с различных сельскохозяйственных угодий для черноземов оподзоленных и выщелоченных, серых лесных почв европейской лесостепи (Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик, 1979; Зыков и др., 1985; Сурмач, 1985). Данные по суммарному водопоглощению в насаждениях в период стока весеннего снеготаяния (w , мм) немногочисленны. В литературе, как правило, приводятся данные по водопроницаемости мерзлых почв, однако количество исследований в полевых условиях в период полово-

дья невелико. Показатели водопроницаемости мерзлых почв в насаждениях включены в ряд формул по расчету необходимой ширины водоохраных лесных полос (Сурмач, 1971). Однако, водопроницаемость почв в период весеннего снеготаяния варьирует в широких пределах в зависимости от свойств мерзлых почв (в первую очередь их влажности и глубины промерзания) и характера таяния. В 20-25-летних лесных полосах фильтрация воды в мерзлую суглинистую почву до начала ее оттаивания составляет в среднем 0.01 мм мин^{-1} (Рыбакова, 1989). При глубине промерзания более 1 м просачивания влаги в неоттаявшую почву не наблюдается. В процессе оттаивания впитывание увеличивается до 0.08 мм мин^{-1} , что в 3-4 раза больше, чем в тот же период на пашне. В естественных насаждениях водопоглотительная способность мерзлых почв значительно выше из-за большей их порозности и меньшей глубины промерзания, чем в лесных культурах и на пашне. Водопроницаемость мерзлой почвы в естественных насаждениях составляет 0.2 мм мин^{-1} при глубине промерзания более 1 м, при глубине промерзания менее 20 см – близка к скорости фильтрации в талую почву ($2.8\text{-}3.0 \text{ мм мин}^{-1}$).

Для получения величины суммарного водопоглощения (w) использовались наши данные, полученные по многолетним наблюдениям (1974-1992 г.г.) в период весеннего снеготаяния в Приволжской лесостепи на правом берегу Куйбышевского водохранилища (Республика Татарстан) и литературные данные. Суммарное водопоглощение в лесных полосах (w), созданных на сельскохозяйственных землях на серых лесных почвах составляет 300 мм, в естественных насаждениях 1000-1500 мм (Рыбакова, 2011). Наблюдения проводились на водосборах девяти ложбин и лощин площадью от 2.2 до 13.8 га, расположенных на склонах крутизной 3-5% в период весеннего снеготаяния 1974-1989 г.г. Район исследований характеризуется высокой степенью сельскохозяйственного освоения земель, интенсивным развитием эрозионных процессов и является типичным для европейской лесостепи.

По наблюдениям И.П. Сухарева (1976), в Курской области в лесных полосах на серых лесных суглинистых почвах в весенний период величина водопоглощения составила 298 мм, а на Придеснянской стоковой станции 288 мм. По данным ряда авторов (Басов, 1959; Сухарев, 1976), величина суммарного водорогощения в защитных лесных насаждениях на черноземах в среднем составляет 400 мм. При этом слой поглощаемой воды должен быть обеспечен стоком с прилегающих склонов. Различия суммарного водопоглощения в период снеготаяния в лесных полосах различного породного состава статистически не достоверны: в лесных полосах березы 238 ± 52 мм, сосны 234 ± 62 мм, лиственницы – 202 ± 58 мм (Рыбакова, 2011). Хотя водопроницаемость мерзлых почв при одновременных наблюдениях в насаждении березы больше, чем в насаждениях сосны и лиственницы, что связано с различиями в глубине промерзания и оттаивания почвы.

Водоохранную лесистость, необходимую для полного отложения наносов (L_H), можно определить по приведенной выше формуле, используя для расчетов сток наносов с сельскохозяйственных угодий и слой отложения их насаждениями. К настоящему времени у нас в стране и за рубежом накоплен

большой материал, характеризующий интенсивность смыва почв на склонах, эффективность как отдельных, так и комплекса противоэрозионных мероприятий (Сурмач, 1979; Герасименко, 1995; Иванов, 1980; Кузнецов, Демидов, 2002; Окулик, 2006; Демидов, Мушаева, 2016; Демидов, 2016). Разработан ряд математических моделей, позволяющих прогнозировать величины эрозионных потерь почвы (Демидов, 2016; Лэйнл и др., 1997; Косоножкин, 1992; Puurveen et al., 1997; Керженцев и др., 2006).

Данных по отложению наносов лесными насаждениями в литературе недостаточно, что затрудняет расчеты L_H . Опыты в Приволжской лесостепи по фильтрации взвешенных наносов через снежный покров показали, что задерживается 70-87% (при мутности стоковой воды от 1 до 50 г л⁻¹). Слой отложившихся в насаждениях наносов тесно связан с величиной стока наносов с полевых частей водосборов (коэффициент корреляции 0.93 ± 0.13 достоверен при уровне значимости 0.001). Отложение наносов в насаждениях аппроксимируется уравнением прямой $Y=0.01+31.1X$, где Y – слой отложения наносов, мм; X – слой стока наносов с пашни в диапазоне от 0.01 до 28 мм, мм. Среднее многолетнее отложение наносов в защитных насаждениях составляет 3 мм.

Для расчета коэффициента K_H в формуле водоохраной лесистости, необходимой для полного отложения наносов в насаждениях (L_H), также использованы результаты наблюдений на малых водосборах Приволжской лесостепи на серых лесных почвах. Использованы средние многолетние данные: сток воды за период снеготаяния с пашни – 75 мм, наносов – 0.2 мм, величина суммарного водопоглощения в лесных полосах – 300 мм, сток наносов – 0.2 мм, отложение наносов – 3 мм. Проведенные по предложенной выше формуле расчеты показали, что водоохранная лесистость, необходимая для полного поглощения стока (L_B), равна 19, для полного отложения наносов $L_H = 6.2$. Отсюда коэффициент в формуле определения водоохраной лесистости для полного задержания наносов в расчетах может быть принят $K_H = 30\%$.

Сток с сельскохозяйственных угодий, главным образом с пашни, несет биогенные элементы и пестициды как в растворенном виде, так и в нерастворенном виде с наносами, как результатом эрозии почвы. Миграция биогенных элементов с продуктами эрозии составляет 65% от их потерь с урожаем (Кузнецов, Демидов, 2002). Сравнительный анализ снега и талых вод по содержанию подвижных соединений азота, фосфора и калия показал, что азот в форме нитратов поступает с твердыми атмосферными осадками, так как содержание его в снеге близко содержанию в талых водах (Ширяева, 2004). Поступление калия и фосфора в жидкий сток происходит исключительно из почвы, поскольку в снеге были обнаружены лишь следы соединений этих элементов (Якутина, Танасиенко, 2009).

Насаждения уменьшают загрязнение поверхностного стока за счет поглощения ее вместе с растворенными биогенными элементами, задержания с наносами, снижения их концентрации в результате разбавления более чистой снеговой водой. Улучшение физико-химических показателей стоковой воды после прохождения их через лесные насаждения подтверждают исследования

ряда авторов (Николаенко, 1980; Никитин, Спирина, 1989; Паулюквичюс и др., 1981; Спиридонов, 1966). Уменьшение концентрации биогенов в транзитном стоке обусловлено преимущественно их разбавлением слабоминерализованными снеговыми водами, формирующимися в лесных насаждениях (Никитин, Спирина, 1985; Паулюквичюс и др., 1981). Сорбция биогенов лесной подстилкой в период снеготаяния, в отличие от ливней, слабо влияет на их концентрацию, так как основной объем стока в лесных полосах проходит по слабо оттаявшей почве, почти не вступая с ней в контакт. Многолетние исследования выноса химических веществ поверхностным стоком с сельскохозяйственных угодий и влияния лесных насаждений на его очистку проведенные на водосборах с в правобережье Куйбышевского водохранилища (Республика Татарстан, Верхнеуслонский район) показали, что лесными полосами ежегодно задерживалось 28% среднего выноса с пашни азота, 29% фосфора и 23% калия (Никитин, Спирина, 1985). При среднемноголетнем стоке весеннего снеготаяния 75 мм концентрация аммония достигала 1.6 мг л⁻¹. Расчеты показали, что для снижения ее до уровня ПДК, надо очистить 60% объема стоковой (Никитин, Спирина, 1985). Таким образом, коэффициент КПДК, установленный по соотношению лесистости, необходимой для снижения концентрации ионов аммония до уровня ПДК и для полного поглощения стока, равен 60. При лесистости ЛПДК задерживаются все наносы вместе с содержащимися в них химическими веществами.

Предложенный метод определения площади водоохранных лесных насаждений может быть использован при проектировании различных защитных насаждений, в первую очередь водорегулирующих лесных полос по берегам рек и водохранилищ.

Результаты

В лесостепной зоне по основным факторам эрозии выделено 5 эрозионных округов (Районирование территории СССР..., 1965). Округа значительно различаются по коэффициенту расчлененности территории от 0.5-0.9 км км² в Курской, Липецкой, Тамбовской областях до 2-2.4 в правобережье Куйбышевского водохранилища (Ульяновская обл., Татария). Анализ величины слоя поверхностного стока весеннего снеготаяния по пяти эрозионным округам (Ресурсы поверхностных вод..., 1971) показал, что, округа, в которых эти величины различаются незначительно, объединены нами в три района: I – Окско-Волжский и Камско-Уфимский округа, II – Донецко-Хоперский, III – Днепровско-Донской и Самаро-Деминский. Поэтому в дальнейшем оценка водоохраной роли насаждений проводилась по трем районам. Для этих районов по предлагаемой выше методике рассчитана необходимая водоохранная лесистость L_B , L_H и $L_{ПДК}$ (табл.1). В расчетах использован средний слой стока с серых лесных почв, оподзоленных и выщелоченных черноземов, учтены распространенные в лесостепной зоне севообороты. В расчетах использованы среднемноголетние данные, полученные нами на водосборах правобережья Куйбышевского водохранилища при принятых в регионе севооборотах, а также карты поверхностного стока весеннего снего-

таяния 50% обеспеченности с различных сельскохозяйственных угодий европейской лесостепи (Рекомендации по коренной мелиорации..., 1982). В литературе слой поверхностного стока весеннего снеготаяния приводится для зяби и уплотненной пашни (Сурмач, 1985). В расчетах с учетом севооборотов сток с зяби и уплотненной пашни учитывался в соотношении как 1:3.

L_B составляет на серых лесных почвах 11.6-14.3% площади сельскохозяйственных угодий, на черноземах – 8.3-10.3%. С использованием коэффициента $K_H = 30\%$ определена водоохранная лесистость, необходимая для полного отложения наносов L_H – на серых лесных почвах 3.3-3.8%, на черноземах – 2.5-3.1%. Лесистость, необходимая для снижения концентрации биогенов $L_{ПДК}$, рассчитанная по коэффициенту $K_{ПДК} = 60\%$, соответственно 7.0-8.6% и 5.0-6.2%.

Таблица 1. Потребность в водоохранных насаждениях, % площади сельскохозяйственных угодий

Эрозионный округ	Поглощение стока		Отложение наносов		Снижение концентрации биогенов до уровня ПДК	
	серая лесная почва	чернозем	серая лесная почва	чернозем	серая лесная почва	чернозем
Окско-Волжский, Камско-Уфимский	$\frac{14.3}{10.5}$	$\frac{10.3}{7.2}$	$\frac{3.3}{3.2}$	$\frac{3.1}{2.2}$	$\frac{8.6}{6.3}$	$\frac{6.2}{4.3}$
Донецко-Хоперский	$\frac{12.8}{8.8}$	$\frac{9.3}{6.1}$	$\frac{3.8}{2.6}$	$\frac{2.8}{1.8}$	$\frac{7.6}{5.3}$	$\frac{5.6}{3.7}$
Днепровско-Донской, Самаро-Деминский	$\frac{11.6}{7.5}$	$\frac{8.3}{7.5}$	$\frac{3.5}{2.2}$	$\frac{2.5}{1.5}$	$\frac{7.0}{4.5}$	$\frac{5.0}{3.1}$

Примечание. В числителе – общая водоохранная лесистость, в знаменателе – водоохранная лесистость при проведении агротехнических противоэрозионных мероприятий.

Наиболее эффективным способом повысить водоочистительное действие насаждений является применение современных противоэрозионных агротехнических мероприятий (вспашка поперек склона, глубокая и гребнистая вспашка, прерывистое бороздование, лункование) и снегозадержание, сокращающих поверхностный сток на 10-15 мм (Стариченко, 1972). Расчеты, в которых величина поверхностного стока уменьшена на 15 мм показали, что применение агротехнических почвозащитных мероприятий на пашне позволяет снизить водоохранную лесистость водосборов, необходимую для полного поглощения стока, до 5.1-10.5%, для очистки стока от наносов – до 1.5-3.2%, снижения концентрации биогенов до ПДК – до 3.1-6.3% (табл.1).

Водоохранную функцию насаждения осуществляют на так называемых «рабочих» участках, где поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий контактирует с лесной почвой. Определение площади «рабочих» участков насаждений позволит оценить их водоохранную функцию. Доля «рабочих» участков в насаждении зависит от их расположения на водос-

боре. Степень сосредоточения поверхностного стока возрастает по мере приближения его к речной сети. На приводораздельных частях водосборных площадей поверхностный сток проходит рассеянно (склоновый сток), на присетевых частях – сосредоточенно, потоками (руслевой сток). Соотношение руслового и склонового стока зависит от рельефа местности и положения участка на водосборе, а доля рабочих участков – от расположения насаждений на водосборе.

Из 15 видов созданных на сельскохозяйственных землях насаждений к типично водоохраным можно отнести насаждения на оврагах и балках, на коренных берегах речных долин, лесные полосы вокруг водоемов, приовражные и прибалочные (Защитное лесоразведение..., 1986; Основы инженерной биологии..., 2006). Для оценки водоочищающего действия существующих в лесостепной зоне насаждений в пяти эрозионных округах были подобраны 14 ключевых объектов, на которых в 60-70-х годах 20 века был создан полный завершённый комплекс агролесомелиоративных насаждений. Такие объекты были обследованы в Воронежской, Курской, Липецкой, Пензенской Орловской, Тамбовской, Ульяновской областях и республиках Татария и Башкирия, расположенных в типичных для каждого эрозионного округа условиях. В пределах каждого ключевого объекта для определения площади «рабочих» участков проведено обследование лесных полос различного назначения (приовражных, прибалочных, полезащитных, водорегулирующих) и естественных насаждений в балках. Ширина обследованных полезащитных полос изменялась от 6 до 9 м, водорегулирующих, приовражных и прибалочных – от 15 до 25 м.

Размеры «рабочих» участков в насаждениях устанавливались при обследовании по следам водных потоков, поступающих с сельскохозяйственных угодий, выражающихся в смыве лесной подстилки и отложении наносов. Площадь водосборов, тяготеющих к «рабочим» участкам насаждений, определена по картографическому материалу. Определялись максимальные размеры «рабочих» участков, так как их площадь значительно изменяется в процессе стока и зависит от фазы снеготаяния. В первой половине снеготаяния снег, накапливающийся в насаждениях, сходит позже, чем на открытых пахотных участках, снижает скорость стекающей воды, способствует ее накоплению в насаждении, в результате чего площадь впитывания достигает максимальных значений. Так, в период весеннего снеготаяния до наступления максимальных расходов, по нашим многолетним наблюдениям в водорегулирующих лесополосах на правобережье Куйбышевского водохранилища в условиях максимальной для лесостепи расчлененности рельефа, площадь «рабочих» участков составляла 15-30% площади насаждений. В пик половодья резко возрастают расходы воды, которая смыкает снег с русла водотока. Образовавшийся канал способствует быстрому прохождению воды через лесные насаждения и сокращению площади впитывания в 2-3 раза. Поглощение поверхностного транзитного стока в лесных полосах ограничивает напочвенная ледяная корка, образующаяся во время зимних оттепелей, а также при растянутой первой половине стока.

Обследование 14 ключевых объектов показало, что при рассеянном склоновом стоке на приводораздельных частях водосборов, где размещаются полезачитные полосы на долю «рабочих» участков приходится 90-95% площади насаждений. Концентрация поверхностного стока в нижних звеньях гидрографической сети приводит к тому, что «рабочие» участки при русловом стоке 20-30% площади привражных и прибалочных лесных полос. В свою очередь площадь их «рабочих» участков зависит от их размещения: в вершине оврага и балки, где площадь рабочих участков мала, или вдоль их склонов.

Для условий Поволжской возвышенности установлено, что связь между объемом поглощенного стока весеннего снеготаяния и площадью «рабочих» участков насаждений хорошо отражается линейной зависимостью. Зависимость ширины «рабочих» участков лесополос при русловом стоке зависит от ширины и крутизны водосбора в пределах насаждения. Полученный корреляционный коэффициент 0.85 ± 12 достоверен на 0.1% уровне значимости.

Обследование ключевых объектов и расчеты показали, что «рабочие» участки полезачитных, водорегулирующих и прибалочных лесных полос составляют лишь 1.1-1.3% от площади сельскохозяйственных угодий в различных эрозионных округах (табл. 2). Днища облесенных балок занимают 6-12% их площади, а на долю «рабочих» участков насаждений приходится лишь 0.04-0.08% от площади сельскохозяйственных угодий на водосборе. Однако водопоглощение в них в 4 раза выше (1000-1500 мм), чем в лесополосах (300-400 мм), поэтому водоохранное действие эквивалентно таковому в полосах, созданных на 0.08-0.6% площади сельскохозяйственных угодий. Общая площадь «рабочих» участков агролесомелиоративных насаждений и естественных лесов в гидрографической сети 1.4-1.7% площади сельскохозяйственных угодий и 4.6-13.4% насаждений.

Таблица 2. Площадь рабочих участков агролесомелиоративных насаждений, % площади сельскохозяйственных угодий

Эрозионный округ	Лесные полосы		Насаждения на оврагах и балках	Естественные леса в балках	Всего
	полезачитные и водорегулирующие	привражные и прибалочные			
Окско-Волжский, Камско-Уфимский	0.46	0.64	0.08	0.52	1.7
Донецко-Хоперский	0.49	0.78	0.04	0.08	1.4
Днепро-Донской, Самаро-Деминский	0.47	0.73	0.05	0.22	1.5

Сравнение необходимой лесистости для полного отложения наносов ($L_H = 2.5-3.1\%$ площади сельскохозяйственных угодий) и существующей водоохранной лесистости агролесомелиоративных насаждений и естественных лесов в гидрографической сети (1.6 - 1.9%), показывает, что их площадь составляет от потребности лишь 40-49% на серых лесных почвах и 50-60% на чернозе-

мах. При проведении агротехнических противоэрозионных мероприятий, снижающих поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий, площадь насаждений, выполняющих водоохранную функцию, составит 53-68% от потребности на серых лесных почвах и 86-100% на черноземах.

Увеличить эффективность насаждений для очистки поверхностного стока можно за счет увеличения площади их «рабочих» участков и лесистости днищ ложбин, лощин и балок. Увеличению площади «рабочих» участков может способствовать создание простейших гидротехнических сооружений: обвалование лесных насаждений по опушкам, устройство донных запруд в лощинах и балках, канав в нижнем междурядье лесных культур, глубиной превышающей среднее многолетнее промерзание. Исследования на стоковых площадках показали, что создание водозадерживающих валов, запруд, канав и т.д. могут увеличить водопоглощение в защитных насаждениях в зависимости от рельефа местности на 150-300 мм (Сурмач, 1971). Особенно они эффективны на водосборах с русловым стоком. Нами проведен эксперимент по созданию пяти плетней-запруд (высота плетней 0.4-0.6 м, расстояние между плетнями 20 м) в лесополосе из лиственницы шириной 110 м, расположенной в нижней части водосбора ложбины площадью 3.5 га. Наблюдения показали, что за два года площадь «рабочего» участка в лесополосе увеличилась на 34%, отложение наносов на 32%. Создание простейших гидротехнических устройств по дну ложбин и лощин позволит уменьшить необходимую площадь водоохранных лесных насаждений приблизительно на одну треть. Однако создание подобных сооружений слишком затратно. Наблюдения показали, что запруды и каналы в течение 2-5 лет заиливаются и их позитивное влияние значительно снижается.

Как показано выше, существующая площадь защитных насаждений, необходимых для полного отложения наносов с сельскохозяйственных угодий, составляет от потребности лишь 40-49% на серых лесных почвах и 50-60% на черноземах. Для того, чтобы водоохранная функция агролесомелиоративных насаждений в нижних звеньях гидрографической сети проявлялась в полной мере, они должны размещаться не только полосами определенной ширины, как принято по действующим нормативам проектирования, но и по днищам ложбин, лощин, выложенных балок. Современное состояние агролесомелиоративных насаждений повсеместно неудовлетворительное, поэтому их функции, в том числе и водоохранная, выполняются не в полной мере. Лесополосы нередко повреждены пожарами, самовольными рубками, прогрессируют процессы задернения почвы, изреживания древостоя. В настоящее время, по данным, Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации около 1.4 млн. га защитных лесных насаждений на территории России нуждаются в срочном лесохозяйственном уходе, улучшении санитарного состояния и повышении мелиоративной эффективности (Стратегия развития защитного лесоразведения., 2012). Более 50 тыс. га не удовлетворяют необходимым требованиям по состоянию или составу деревьев и кустарников и подлежат реконструкции, около 10 тыс. га старовозрастных насаждений нуждаются в

возобновительных рубках. Однако работы в этой области в стране в последние годы практически свернуты. Необходимо проведение полномасштабной инвентаризации агролесомелиоративных насаждений для квалифицированной комплексной оценки современного состояния насаждений, без чего невозможно их целевое использование и перспективное планирование работ по защитному лесоразведению. В соответствии с Федеральной целевой программой "Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» намечена разработка системы агролесомелиоративных мероприятий, обеспечивающих оптимизацию воздушного и гидротермического режимов агроландшафтов, улучшение качества природной среды и поверхностных вод. По программе проектируется до 2020 г. закладка новых защитных насаждений на площади 70.4 тыс. га. Безусловно, при проектировании и создании агролесомелиоративных насаждений необходимо учитывать помимо других функций их водоохранное действие.

Список литературы

Басов Г.Ф. 1959. Итоги 60-летнего изучения гидрологической роли лесных полос и режима грунтовых вод в Каменной степи. – В сб.: Труды III Всесоюзного гидрологического съезда. – Л., Гидрометеиздат, с. 105-112.

Демидов В.В. 2016. Закономерности формирования эрозионных процессов при снеготаянии в лесостепной зоне центральной России: теория и экспериментальные исследования. – Новосибирск, Издательство ЦРНС, 62 с.

Демидов В.В., Мушаева Т.И. 2016. Миграция химических веществ в период весеннего снеготаяния на территории аграрного ландшафта. – Агрохимия, № 7, с. 66-71.

Герасименко В.П. 1995. Среднемноголетний смыв почвы на пашне в различных природных условиях. – Почвоведение, № 5, с. 608-616.

Защитное лесоразведение в СССР. 1986. /Под ред. Е.С.Павловского. – М., Агропромиздат, 263 с.

Зыков И.Г., Панов В.И., Борец В.П., Антонов В.И. Многолетние ряды склонового стока с зяби и угодий с плотной почвой в лесостепи и степи в европейской части РСФСР. – Труды ВНИАЛМИ, вып. 3. – Волгоград, с. 104-109.

Иванов В.Д. 1980. Метод расчета интенсивности поверхностного смыва с пахотных склонов в ЦЧО. – Почвоведение, № 4, с. 61-66.

Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противозерозионных мероприятий на Европейской территории СССР. 1979. – Л., Гидрометеиздат, 62 с.

Керженцев А.С., Майснер Р, Демидов В.В, Оллеш, Г., Сухановский Ю.П., Волокитин М.П., Кистнер И. 2006. Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна. – М., Наука, 224 с.

Косоножкин В.И. 1992. Моделирование процессов эрозии почв при стоке талых вод. – Автореф. диссер. ... канд. с.-х. наук. – М., Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 25 с.

Кузнецов М.С., Демидов В.В. 2002. Эрозия почв лесостепной зоны Центральной России: моделирование, предупреждение и экологические последствия. – М., Полтекс, 184 с.

Лэйн Л.Дж., Ренард К.Г., Фостер Г.Р., Лафлен Дж.М. 1997. Разработка и применение современных методов прогноза эрозии: опыт министерства сельского хозяйства США. – Почвоведение, № 5, с. 606-615.

Никитин А.П., Спирина А.Г. 1985. Роль лесных насаждений в защите водоемов от заиления и загрязнения. – Водные ресурсы, № 1, с. 27-33.

Никитин А.П., Спирина А.Г. 1989. Защита лесными насаждениями водных объектов от загрязнения удобрениями и ядохимикатами. – Водные ресурсы, № 6, с. 104-109.

Николаенко В.Т. 1980. Лес и защита водоемов от загрязнения. – М., Лесная промышленность, 264 с.

Окулик Е.В. 2006. Эрозия почв и миграция химических веществ с талым стоком: на примере серых лесных почв. – Автореферат диссер. ... канд. биологических наук. – М., МГУ, 126 с.

Основы инженерной биологии с элементами ландшафтного планирования: Учебное пособие для студентов биологических и технических специальностей. 2006. /Под ред. проф. Ю.И. Сухоруких. – М., Майкоп: Т-во науч. изданий КМК, 280 с.

Паулюкявичюс Г.Б., Грабаускене И.И., Масилюнас Л.И., Дилис А.Ю. 1981. Водоочистительная роль лесных насаждений. – В сб.: Экологическая роль лесных насаждений на приозерных склонах. – Вильнюс, Изд-во АН ЛитССР, с. 142-172.

Районирование территории СССР по основным факторам эрозии. 1965. / Под ред. Д.Л.Арманда. – М., Наука, 235 с.

Рекомендации по коренной мелиорации размытых склоновых земель для сельскохозяйственных целей. 1982. – Волгоград, ВНИИАЛМИ, 47 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. 1971. – М., Гидрометеиздат, т. 12, вып. 1, 411 с.

Рыбакова Н.А. 1989. Водопроницаемость мерзлых почв под насаждениями лесостепной зоны. – Почвоведение, № 8, с. 116-122.

Рыбакова Н.А. 2011. Влияние породного состава на водоохранную функцию лесных насаждений. – В сб.: Инженерная биология в современном мире. Международная конференция 27 февраля – 15 декабря 2010 г. – Майкоп, изд-во «Магарина О.Г.», с. 149-151.

Спиридонов Е.С. 1966. Влияние лесной подстилки на изменение химических и бактериологических показателей стоковой воды. – Лесной журнал, № 4, с. 12-15.

Сурмач Г.П. 1971. Водорегулирующая и противозерозионная роль насаждений. – М., Лесная промышленность, с. 111.

Сурмач Г.П. 1985. Распределение поверхностного стока в лесостепных и степных районах европейской части РСФСР. – Земледелие, № 1, с. 21-22.

Сухарев И.П. 1976. Регулирование и использование местного стока. – М., Наука, 272 с.

Стариченко П.А. 1972. Влияние противозерозионной обработки на сток и смыв почвы. – В сб.: Научные труды Курского СХИ. – Воронеж, т. VIII, вып. 1, с. 143-153.

Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2020 года. 2012. – Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации Россельхозакадемии /отв. за выпуск Л. А. Петрова. – Волгоград, ВНИИАЛМИ, 36 с.

Ширяева Т.Н. 2004. Эрозия серых лесных почв и миграция биогенных веществ с талым стоком. – Автореф. дисс... канд. с.-х. наук. – Орел, Орловский гос. университет, 19 с.

Якутина О.П., Танасиенко А.А., Чумбаев А.С. 2009. Поверхностный сток и миграция основных элементов питания растений в процессе снеготаяния. – Агрехимия, № 2, с. 66-70.

Puurveen H., Izaurrealde R.S., Chanasyk D.S., Williams J.R., Grant R.F. 1997. Evaluation of EPIC's snowmelt and water erosion submodels using data from the Peace River region of Alberta. – Can. J. Soil Sci., vol. 77, pp. 41–50.

References

Basov G.F. 1959. Itogi 60-letnego izucheniya gidrologicheskoy roli lesnykh polos i rezhima gruntovykh vod v Kamennoj stepi. [The results of a 60-year study of the hydrological role of forest belts and the regime of groundwater in the Kamennaya Steppe]. *Trudy III Vsesoyuznogo gidrologicheskogo s'ezda* [In Proceedings of the Third All-Union Hydrological Congress]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., pp. 105-112.

Demidov V.V. 2016. *Zakonomernosti formirovaniya ehrozionnykh protsessov pri snegotayanii v lesostepnoj zone tsentral'noj Rossii: teoriya i ehksperimental'nye issledovaniya* [Regularities in the formation of erosion processes during snow melting in the forest-steppe zone of central Russia: theory and experimental research]. Novosibirsk, 62 p.

Demidov V.V., Mushaeva T.I. 2016. Migratsiya khimicheskikh veshhestv v period vesennego snegotayaniya na territorii agrarnogo landshafta [Migration of

chemical substances in the period of spring snowmelt in the territory of the agrarian landscape]. *Agrokimiya – Agrochemistry*, no. 7, pp. 66-71.

Gerasimenko V.P. 1985. Srednemноголетnij smyv pochvy na pashne v razlichnykh prirodnykh i sel'skokhozyajstvennykh ugod'yakh [Middle-year-old flushing of soil on arable land in various natural and agricultural lands]. *Pochvovedenie – Pedology*, 1995, no. 5, pp. 608-616.

Zashchitnoe lesorazvedenie v SSSR [Protective afforestation in the USSR]. 1986. Moscow, Agropromizdat Publ., 263 p.

Zykov I.G., Panov V.I., Borets V.P., Antonov V.I. Многолетние ряды склонового стока с зыби и угодий с плотной почвой в лесостепи и степи в европейской части РСФСР [Perennial rows of slope runoff from fallow lands and lands with dense soil in the forest-steppe and steppe in the European part of the RSFSR]. *Trudy VNIALMI* [Proceedings All-Russian Research Agroforestry Melioration Institute], no. 3, pp. 104-109.

Ivanov V.D. 1980. Metod rascheta intensivnosti poverhnostnogo smyva s pahotnykh sklonov v CCHO [The method for calculating the intensity of surface flushing from arable slopes in the MCO]. *Pochvovedenie- Pedology*, no. 4, pp. 61-66.

Instrukciya po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh karakteristik pri proektirovanii protivoehroziionnykh meropriyatij na Evropejskoj territorii SSSR [Instructions for the determination of computed hydrological characteristics in the design of erosion control measures on the European territory of the USSR]. 1979. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 62 p.

Kerzhencev A.S., Majsner R., Demidov V.V., Ollesh, G., Suhanovskij YU.P., Volokitin M.P., Kistner I. 2006. *Modelirovanie ehroziionnykh processov na territorii malogo vodosbornogo bassejna* [Modeling of erosion processes in the territory of a small catchment basin]. Moscow, Science Publ., 224 p.

Kosonozhkin V.I. 1992. *Modelirovanie processov ehrozii pochv pri stoke talyh vod. Extended abstract of candidates thesis* [Modeling of the processes of soil erosion in the flow of meltwater]. Extended abstract of candidate's thesis. Moscow, Soil Institute Publ., 25 p.

Kuznecov M.S., Demidov V.V. 2002. *Eroziia pochv lesostepnoj zony Central'noj Rossii: Modelirovanie, preduprezhdenie i ehkologicheskie posledstviya* [Soil erosion in the forest-steppe zone of Central Russia: modeling, prevention and environmental consequences]. Moscow, Polteks Publ., 184 p.

Lehjn L.Dzh., Renard K.G., Foster G.R., Laflen Dzh.M. 1997. Razrabotka i primenenie sovremennykh metodov prognoza ehrozii: opyt ministerstva sel'skogo hozyajstva SSHA [Development and application of modern methods of erosion forecasting: the experience of the US Department of Agriculture]. *Pochvovedenie – Pedology*, no. 5, pp. 606-615.

Nikitin A.P., Spirina A.G. 1985. Rol' lesnykh nasazhdenij v zashchite vodoemov ot zaileniya i zagryazneniya [The role of forest plantations in protecting reservoirs from silting and contamination]. *Vodnye resursy – Water resources*, no. 1, pp. 27-33.

Nikitin A.P., Spirina A.G. 1989. Zashchita lesnymi nasazhdeniyami vodnyh ob'ektov ot zagryazneniya udobreniyami i yadokhimikatami [Protection of forest areas by water bodies from pollution with fertilizers and pesticides]. *Vodnye resursy – Water resources*, no. 6, pp. 104-109.

Nikolaenko V.T. 1980. Les i zashchita vodoemov ot zagryazneniya [Forest and water protection from pollution]. Moscow, Forest Industry Publ., 264 p.

Okulik E.V. 2006. *Ehroziya pochv i migratsiya himicheskikh veshchestv s talym stokom: na primere seryh lesnyh pochv* [Soil erosion and migration of chemicals with melted drainage: on the example of gray forest soils]. Extended abstract of candidate's thesis. Moscow, Science Publ., 126 p.

Paulyukyavichyus G.B., Grabauskene I.I., Masilyunas L.I., Dilis A.Yu. 1981. Voodoochistitel'naya rol' lesnyh nasazhdenij [Water-purifying role of forest plantations]. *Ehkologicheskaya rol' lesnyh nasazhdenij na priozernyh sklonah*. Vilnius, Publishing House of the Academy of Sciences of the Lithuanian SSR, pp. 142-172.

Rajonirovanie territorii SSSR po osnovnym faktoram ehrozii [Zoning of the territory of the USSR on the main factors of erosion]. 1965. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 235 p.

Rekomendatsii po korennoy melioratsii razmyityih sklonovyih zemel dlya sel'skohozyaystvennyih tseley [Recommendations for radical reclamation blurry sloping land for agricultural purposes] 1982. Volgograd, 47 p.

Resursy poverhnostnyh vod SSSR [Surface water resources of the USSR]. 1971. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., vol. 12, no. 1, 411 p.

Rybakova N.A. 1989. Vodopronicaemost' merzlyh pochv pod nasazhdeniyami lesostepnoj zony [Water permeability of frozen soils under plantations of forest-steppe zone]. *Pochvovedenie – Pedology*, no. 8, pp.116-122.

Rybakova N.A. 2011. Vliyanie porodnogo sostava na vodoohrannuyu funkciyu lesnyh nasazhdenij [Influence of the rock composition on the water protection function of forest plantations]. *Inzhenernaya biologiya v sovremennom mire. Mezhdunarodnaya konferenciya 27 fevralya-15 dekabrya 2010 g.* [Engineering Biology in the Modern World. International Conference February 27 - December 15, 2010]. Maikop, publishing house "Magarina O.G.", pp. 149-151.

Spiridonov E.S. 1966. Vliyanie lesnoj podstilki na izmenenie himicheskikh i bakteriologicheskikh pokazatelej stokovoj vody [Influence of forest litter on the change of chemical and bacteriological indicators of runoff water]. *Lesnoj zhurnal - Forest journal*, no. 4, pp. 12-15.

Surmach G.P. 1971. *Vodoreguliruyushchaya i protivoehroziionnaya rol' nasazhdenij* [Water-controlling and anti-erosion role of plantings]. Moscow, Forest industry Publ., p. 111.

Surmach G.P. 1985. Raspredelenie poverhnostnogo stoka v lesostepnyh i stepnyh rajonah evropejskoj chasti RSFSR [Distribution of surface runoff in forest-steppe and steppe regions of the European part of the RSFSR]. *Zemledelie – Agriculture*, no.1, pp. 21-22.

Suharev I.P. 1976. *Regulirovanie i ispol'zovanie mestnogo stoka* [Regulation and use of local flow]. Moscow, Science Publ., 272 p.

Starichenko P.A. 1972. Vliyanie protivoehroziionnoj obrabotki na stok i smyv pochvy [Effect of anti-erosion treatment on runoff and soil washout]. *Nauchnye trudy Kurskogo SKHI* [Scientific Works of the Kursk Agricultural Institute]. Voronezh, vol. VIII, no. 1, pp. 143-153.

Strategiya razvitiya zaschitnogo lesorazvedeniya v Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda [Strategy of development of protective afforestation in the Russian Federation for the period until 2020]. 2012. Trudy Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut agrolesomelioratsii Rossel'hozakademii [Proceedings All-Russian Research Agroforestry Melioration Institute], Volgograd, 36 p.

Shiryayeva T.N. 2004. *Ehroziya seryh lesnyh pochv i migraciya biogennyh veshchestv s talym stokom* [Erosion of gray forest soils and migration of nutrients with melted drainage]. Extended abstract of candidate's thesis. Orel, 19 p.

Yakutina O.P., Tanasienko A.A., Chumbaev A.S. 2009. Poverhnostnyj stok i migraciya osnovnyh ehlementov pitaniya rastenij v processe snegotayaniya [Surface runoff and migration of basic plant nutrients in the process of snow melting]. *Agrohimiya- Agriculture*, no. 2, pp. 66-70.

Puurveen H., Izaurralde R.S., Chanasyk D.S., Williams J.R., Grant R.F. 1997. Evaluation of EPIC's snowmelt and water erosion submodels using data from the Peace River region of Alberta. – *Can. J. Soil Sci.*, vol. 77, pp. 41–50.

Статья поступила в редакцию: 18.04.2017 г.

После переработки: 15.09.2017 г.