

Научная статья

УДК 630.116+630.26+630.3
DOI 10.24419/LNI.2304-3083.2021.3.08

Поверхностный сток в различных лесорастительных зонах европейской части Российской Федерации

Валентин Алексеевич Мельчанов¹
кандидат сельскохозяйственных наук

Анатолий Михайлович Межибовский²
кандидат сельскохозяйственных наук

Аннотация. В статье приведены результаты исследований 1964–1988 гг. на водосборах в зоне хвойно-широколиственных лесов (Московская обл., Истринский район, объединение «Истралесхоз» и совхоз Костровский) и в северной лесостепи (б. Горьковская, ныне Нижегородская обл. Городецкий лесхоз и совхоз Волжский). На этих водосборах, включающих в себя участки сельскохозяйственного поля и лесные насаждения, были оборудованы плотины с водосливами и самописцами типа «Валдай». Исследования показали, что хвойно-лиственные насаждения в отличие от сельскохозяйственных полей переводят большую часть поверхностного стока в почвенный, при этом значительная часть твёрдых фракций, находящихся в поверхностном стоке, задерживается. Кроме того, в хвойно-лиственных насаждениях кроны деревьев задерживают 30–40% осадков, а вследствие особых свойств лесной подстилки уменьшается количество вредных химических соединений, поступающих с полей. На этой основе был разработан способ, защищенный патентом, позволяющий определить минимальную площадь хвойно-лиственного насаждения в зависимости от величины поля, которая обеспечивает полную очистку поверхностного стока от твёрдых фракций, приводящих к обмелению рек, и от загрязняющих химических элементов вод, стекающих с сельскохозяйственных полей.

Ключевые слова: поверхностный сток, почвенный сток, водосбор, насаждение, поле, осадки, твёрдые фракции.

Для цитирования: Мельчанов В.А., Межибовский А.М. Поверхностный сток в различных лесорастительных зонах европейской части Российской Федерации // Лесохозяйственная информация. 2021. № 3. С. 92–102. DOI 10.24419/LNI.2304-3083.2021.3.08.

¹ ООО «Эндозара», старший научный сотрудник (Москва, Российская Федерация), chemarinaolga@yandex.ru

² ООО «Эндозара», старший научный сотрудник (Москва, Российская Федерация), chemarinaolga@yandex.ru

Original article

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.3.08

Surface Runoff in Various Forest Growing Areas in European Russian Federation

Valentin A. Melchanov¹

Candidate of Agricultural Sciences

Anatoly M. Mezhibovsky²

Candidate of Agricultural Sciences

Abstract. *The studies were carried out on catchments in the zone of coniferous-broad-leaved forests (Moscow region, Istra district, association "Istralshoz" and state farm Kostrovsky) and in the northern forest-steppe (Gorky region, Gorodetsky forestry and state farm Volzhsky). In these catchments, which include areas of agricultural fields and forest plantations, dams were equipped with spillways and recorders of the «Valdai». Studies in these catchments have shown that coniferous-deciduous stands transfer most of the surface runoff to subsurface runoff, compared to agricultural field plots, while solid fractions of the surface runoff are largely retained. In addition, coniferous-deciduous plantings retain precipitation by 30–40% with their crowns, and due to the special properties of the forest floor, they reduce the amount of harmful chemical compounds coming from the fields into the subsurface runoff. On this basis, a patent-protected method has been developed to determine the minimum area of coniferous-deciduous stands depending on the size of the field, which allows for complete purification of surface runoff from solid fractions that lead to shallowing of rivers, and from polluting chemical elements of water flowing from the fields.*

Key words: *Surface runoff, subsurface runoff, catchment, planting, agricultural field, precipitation, solid fractions*

For citation: *Melchanov V. A., Mezhibovsky A. M. Surface runoff in various forest growing areas in European Russian Federation// Forestry information. 2021. № 3. P. 92–102. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.3.08*

¹ LLC «Endozara», Senior Researcher (Moscow, Russian Federation), chemarinaolga@yandex.ru

² LLC «Endozara», Senior Researcher (Moscow, Russian Federation), chemarinaolga@yandex.ru

Воспроизводство водных ресурсов и их качество в большой степени зависят от стока по земной поверхности (поверхностного) и стока в почвенной толще (почвенного). В связи с этим закономерны принятие и реализация федерального проекта «Оздоровление Волги» [1]. Волга и её притоки – основной естественный водный ресурс европейской части нашей страны, в связи с чем необходимо уделять большое внимание этому природному объекту. Однако в данном федеральном проекте главное внимание уделяется очистке Волги от химически загрязнённых сточных вод, спускаемых в реку промышленными предприятиями. При этом упускаются из виду твёрдые продукты поверхностного стока, приводящие к обмелению Волги и её притоков, а также стоки с удобряемых сельскохозяйственных полей.

Более 30 лет назад старшим научным сотрудником кандидатом с.-х. наук В.А. Мельчановым были разработаны Рекомендации по использованию лесных насаждений для очистки вод [2] и получен патент на изобретение «Способ биологической очистки сточных вод с сельскохозяйственных полей» [3]. Эти документы были подготовлены на основе долговременных научных исследований В.А. Мельчанова в СССР (1964–1988) и в Республике Куба (1972–1986). Однако в нашей стране патент В.А. Мельчанова до сих пор не реализован в отличие от Республики Кубы, где под руководством автора патента была решена проблема с обеспечением населения чистой питьевой водой.

Цель работы – напомнить о существовании патента В.А. Мельчанова, актуального и в настоящее время; дать предложения по использованию его с целью оздоровления бассейна Волги, а также изложить ранее не опубликованные данные экспериментальных исследований поверхностного и почвенного стоков с лесных и полевых водосборов, что позволило разработать вышеуказанные документы.

Объекты и методы исследования

Исследования объёма поверхностного стока и его компонентов проводили в 1964–1988 гг. на

водосборах с использованием методик А.В. Побединского [4], Ю.А. Лазарева и др. [5], А.А. Молчанова [6]. Изучение стокоочищающей роли лесных насаждений осуществляли в Московской (зона хвойно-широколиственных лесов) и Горьковской (северная лесостепь) областях на комбинированных водосборах (полевая и лесная части) со среднегодовым количеством осадков 460–680 мм/год. В лесной и полевой частях этих водосборов, оборудованных плотинами и самописцами «Валдай», в течение года учитывали объёмы выпадающих осадков и поверхностного стока. Дополнительно с помощью дождемеров определяли количество жидких осадков, задерживаемых кронами деревьев; в зимнее время твёрдые осадки учитывали путём снегомерной съёмки. Дождемеры на лесном участке размещали под кронами деревьев разных пород, чтобы оценить влияние состава и строения насаждений (одно- и двухъярусные с подростом и подлеском) на задержание осадков кронами деревьев, а также в прогалинах и на полянах, всего 6 вариантов в 3-кратной повторности. Устанавливали время наполнения этих дождемеров до объёма 2 л и путем сравнения с результатами, полученными на полянах и прогалинах, определяли количество задержанных кронами осадков [6]. В одноярусных, двухъярусных, чистых и смешанных насаждениях устанавливали по 3 дождемера, а на полянах и в прогалинах – по 2.

Учёты количества осадков под кронами выполняли не менее двух раз в день в течение периода наблюдений за весенним стоком на водосборах – в среднем 24–29 сут.

Полевые и лесные части водосборов на всех объектах были разграничены специальными устройствами (профилями), исключающими смешение стекающих с водосборов вод. Уровень воды на гидрометрических створах измеряли с помощью самописцев «Валдай» [9]. По специальным таблицам на основе кривой уровня воды, регистрируемой самописцем, устанавливали объём стока. Одновременно определяли площадь весеннего затопления водами лесных земель путем закладки профилей, перпендикулярных тальвегу. В весенний

период на водосборах измеряли максимальные запасы снега и расходы воды, протекающей через плотины [9]. Пробы воды для химических анализов отбирали ежедневно из струи, вытекающей через водослив плотины. Для определения твёрдых фракций стока использовали цилиндры объёмом 10 л, из которых путём фильтрования воды выделяли и взвешивали твёрдые фракции. Кислотность почвы, количество азота и фосфора в воде определяли в течение суток после отбора пробы по известной методике [10].

На лесных и полевых частях водосборов закладывали почвенные разрезы и проводили их описание. На лесных участках описание осуществляли с учётом пустот, образовавшихся при отмирании корней древесных и кустарниковых растений. На лесных водосборах отбирали образцы почвы для определения ее физических и химических свойств, плотности, влажности и порозности. Кроме того, отдельно вырезали монолиты размером 200×500 мм для определения количества агрегатов диаметром 1–10 мм в соответствии с ГОСТ 27593–88 [7]. Остальные образцы объёмом 100 см³ отбирали из гумусового (с глубины 8–10 см) и иллювиального (с глубины 25–30 см) горизонтов в 5-кратной повторности. Эти образцы высушивали до постоянной массы при температуре 105 °С [7] и взвешивали с точностью 0,001 г. Экспериментально установлено, что такая точность измерения необходима, чтобы установить достоверность различия при 5-кратной повторности образцов, взятых из одного горизонта. Кроме того, под пологом древостоя лесных участков в 5-кратной повторности в случайном порядке закладывали учётные площадки размером 1×1 м² для определения влагоёмкости лесной подстилки и учёта (в граммах) твёрдого стока минерального, т. е. неорганического, состава.

В Московской обл. исследования осуществляли на полевых угодьях совхоза «Костровский» и в лесных насаждениях объединения «Истралесхоз» (в бассейне притоков верхней Волги), где в Истринском районе сотрудниками ВНИИЛМ был заложен стационар «Дубки», состоящий из двух частей – поля и леса [4]. Полевая часть водосбора

расположена на границе с елово-лиственным насаждением сложно-широколистного типа леса IV класса возраста [5]. На этом объекте, как и на других, описанных ниже, подбирали лесные насаждения оптимальной структуры и состава, эффективно выполняющие своё многофункциональное назначение [8]. Состав такого насаждения на указанном объекте – 5Е3Ос1Д1Б, полнота – 0,8, запас – 208 м³/га, почва дерново-среднеподзолистая, среднесуглинистая на покровном суглинке. Площадь полевой части данного водосбора – 1,6 га. Лесная (нижняя) часть, которая затопливается тальми водами, текущими с поля в лес, составляет 750 м², или 4,6 % полевой. В каждой части водосбора построены по две плотины. Верхняя часть водосбора используется в сельскохозяйственном производстве, а в нижней части по выположенным тальвегам произрастает указанное насаждение.

В Горьковской обл. исследования проводили на водосборах № 1 и № 4 в Городецком районе (защитные леса правого берега Волги в среднем течении в зоне северной границы лесостепи) на территории колхоза «Волжский». Стационар был заложен В.А. Мельчановым в 1968 г. Рельеф участка слабоволнистый, уклон местности – 2,5°. Почвы, дерново-подзолистые супесчаные с прослойками глины, сформировались на водно-ледниковых связнопесчаных безвалунных и бескарбонатных отложениях без признаков оглеения.

Площадь водосбора № 1 составляла 8,1 га. В его нижней части в типе леса ельник сложный мелкотравный [5] произрастал древостой IV класса возраста с полнотой 0,7. Состав – 6Е2С1Ос1Б с редким подростом ели, класс бонитета – I, запас древесины – 250 м³/га. Площадь сплошного затопления лесной части тальми водами – 760 м², что соответствует 9,4 % полевой части водосбора.

Площадь водосбора № 4 составляла 20 га, из них лесная часть – 0,35 га. Здесь произрастал сосняк сложный IV класса возраста, состав – 9С1Б, класс бонитета – I, полнота – 0,7, запас древесины – 290 м³/га. Площадь сплошного затопления лесной части тальми весенними водами – 650 м², что соответствует 0,3% полевой части водосбора.

Результаты исследования и их обсуждение

На лесной части стационара «Дубки» в Московской обл. на глубине 7–17 см плотность почвы в разрезах колебалась от $0,88 \pm 0,02$ до $1,08 \pm 0,03$ г/см³. На этом участке не было заметно никаких признаков антропогенного воздействия, что обусловило на вышеуказанной глубине высокую порозность почвы – 60–68%.

На полевой части водосбора плотность почвы на такой же глубине была достоверно выше – от $1,32 \pm 0,2$ до $1,41 \pm 0,03$ г/см³, а порозность значительно ниже – 34–27 %. Наблюдения за сельскохозяйственными работами показали, что повышенная плотность и низкая порозность почвы обусловлены широким применением колёсных тракторов. По данным наших исследований, они сильнее, чем гусеничные, уплотняют почву, в результате чего сильно снижается её порозность. Кроме того, исследования показали, что на лесном участке, вследствие невысокой плотности почвы, доля почвенных агрегатов диаметром 1–10 мм, определённых на монолитах с учётом «методики [11], на 22–26 % выше, чем на полевом участке. Таким образом, из-за разрушения агрегатов диаметром 1–10 мм при применении колёсных тракторов объем твердого

стока на полевых участках намного выше по сравнению с лесным участком. В итоге это приводит к обмелению рек там, где нет защитных лесных насаждений. Приведённые выше данные совпадают с имеющимися показателями для лесостепи и степи [12], что актуально для областей среднего и нижнего течения Волги.

Данные по поверхностному стоку, полученные на стационаре «Дубки» в Московской обл., приводятся в табл. 1 и 2.

Из приведенных в табл. 1 данных следует, что древостой переводит около 26 м³ (33,2 %) поверхностного стока в почвенный. При этом объем твёрдого стока в лесу на 47,7 % меньше, чем на полевом участке. Лес в нижней части этого водосбора задерживает значительную часть жидкого и твёрдого стоков вследствие более низкой плотности и более высокой порозности почвы (60–68%) по сравнению с полевым участком. Кроме того, лесная часть водосбора задерживала химические вещества, особенно эффективно – соединения фосфора (см. табл. 2).

В табл. 3 и 4 приводятся результаты исследования влияния насаждений на весенний сток и его очистку на водосборах Городецкого лесхоза Горьковской обл.

На этих водосборах обращает на себя внимание довольно высокий процент содержания

Таблица 1. Влияние категорий участков на объем весеннего стока и задержание его твердых фракций на стационаре «Дубки» Московской обл.

Категория участка	Объем весеннего стока, м ³ /га [6]	Доля задержания весеннего стока, %	Величина твердого стока, кг/га [2]	Доля задержания твердого стока, %
Поле	77,5	-	4,6	-
Лес	51,8	33,2	2,2	47,7

Таблица 2. Влияние категорий участков на очистку стока от химических элементов на стационаре «Дубки»

Химический элемент	Концентрация, мг/л (числитель), и вынос, кг/га (знаменатель), химических элементов в разных частях водосбора		Доля задержания химических элементов лесом, %
	поле	лес	
NH ₄	0,39/0,19	0,12/0,04	69,3/78,0
NO ₃	6,1/2,93	3,0/1,91	49,1/35,0
P ₂ O ₅	0,009/0,005	0,001/0,001	88,0/80,0

Таблица 3. Влияние категорий участков на объем весеннего стока и задержание его твердых фракций в Горьковской обл.

Категория участка	Объем весеннего стока, м ³ /га [6]	Доля задержания весеннего стока лесом, %	Величина твердого стока, кг/га [2]	Доля задержания твердого стока лесом, %
Водосбор 1				
Поле	76,4	-	21,8	-
Лес	56,6	26,1	15,9	27,0
Водосбор 4				
Поле	29,1	-	34,4	-
Лес	20,1	30,6	20,1	41,5

Таблица 4. Влияние категорий участков на очистку стока от химических элементов в Горьковской обл.

Химический элемент	Концентрация, мг/л (числитель), и вынос, кг/га (знаменатель), химических элементов в разных частях водосбора		Доля задержания химических элементов лесом, %
	Поле	Лес	
Водосбор 1			
NH ₄	0,93/1,0	0,68/0,77	25,8/23,2
NO ₃	1,01/1,09	0,63/0,87	37,6/20,2
P ₂ O ₅	0,07/0,08	0,04/0,03	42,8/38,4
Водосбор 4			
NH ₄	4,63/6,11	3,61/4,75	22,0/22,2
NO ₃	1,91/2,26	1,57/1,69	17,8/25,2
P ₂ O ₅	0,26/0,40	0,14/0,17	46,1/56,0

загрязняющих химических веществ в стоках с поля. О загрязненном стоке воды с сельскохозяйственных полей в нижнем течении Волги (Волгоградская и Астраханская области) упоминалось и ранее [12]. Примечательно, что такой высокий уровень загрязнения сохраняется в воде Волги спустя 23 года после проведения наших исследований [13]. Как видно из табл. 4, лесные насаждения водосборов в Городецком районе Горьковской обл. (среднее течение Волги), как и в Московской обл., эффективно задерживали остатки фосфорных удобрений (38,4–56,0 %), находящиеся в поверхностном стоке.

Таким образом, данные табл. 1 и 3 свидетельствуют, что лесные насаждения в нижней части водосборов обеспечивают перевод 26–33 % поверхностного стока в почвенный, благодаря чему стоковые воды существенно очищаются от загрязняющих химических веществ и твердой

фракции стока. В исследуемых насаждениях, по данным учётных площадок, благодаря кольматирующим свойствам лесной подстилки задерживается 27–47 % твердого стока. В некоторых случаях благодаря указанным свойствам лесная подстилка задерживает твёрдые соединения кальция [14].

Исследования почвенного покрова на описанных водосборах выявили существенные отличия химических и физических свойств лесных почв от полевых. Лесные почвы характеризуются более высокой обменной способностью, большей порозностью и меньшей плотностью, что способствует переводу части поверхностного стока в почвенный. На полевых почвах из-за отсутствия лесной подстилки этого, как правило, не происходит. Верхние горизонты лесных почв характеризуются высоким содержанием гумуса, общего азота и фосфатов, а количество ценных водопрочных

агрегатов диаметром 1–10 мм в 1,5–2 раза выше, чем на почвах полей. Кроме того, лесная подстилка толщиной 1–2 см обладает высокой влагоёмкостью, порозностью (в том числе из-за наличия пустот, образовавшихся в результате отмирания корней деревьев и кустарников), незначительной массой. Она защищает почву от прямых ударов дождевых капель в отличие от поля, поэтому под пологом леса плотность почвы не увеличивается, а водопроницаемость поверхности лесных почв в этом случае в 2–3 раза больше, чем полевых. При выпадении жидких осадков и таянии снега сток с полей гораздо выше, чем под пологом леса, так как из-за низкой порозности почвы вода в неё меньше впитывается и в значительно большей степени стекает в водоёмы, тем самым их загрязняя.

Как известно, вокруг водоёмов, пахотных и орошаемых земель, на склонах оврагов создают защитные лесные насаждения. Эти посадки не только накапливают влагу, но и способствуют очищению поверхностного стока. При проектировании лесных насаждений, очищающих поверхностный сток, первоочередное внимание следует уделять лесистости водосборов, чтобы процент изымаемых сельскохозяйственных земель был минимальным, но в то же время достаточным для создания надёжной защиты водных источников. С этой целью нами был разработан и защищён патент [3]. Цель изобретения – снижение доли изъятия сельскохозяйственных полей под лесные насаждения при сохранении высокой степени очистки сточных вод от биогенных

веществ. В табл. 5 приводится рассчитанная по этому методу доля площади лесов, необходимая для полного перевода поверхностного стока в почвенный, благодаря чему достигается полная очистка загрязнённых вод с полей.

Доля изымаемых сельскохозяйственных земель для обеспечения нужной лесистости, по данным табл. 5, колеблется в пределах 0,9–13,8 %. В зависимости от целей создаваемых полевых лесных насаждений колебания доли изъятия этих земель могут быть менее значительны. Этот вывод частично совпадает с имеющимися данными В.И. Кожухова и А.Н. Топчиева, которые считают, что для создания агролесных ландшафтов в лесостепи европейской части РФ следует изымать 2,0–2,5 % равнинных пахотных земель, а в степной зоне – 3–4 % [15].

Из данных табл. 5 видно, что и на супесчаных, и на суглинистых почвах в составе лесных насаждений должно быть не менее 50% хвойных пород. Корреляционный анализ наших данных показал, что с увеличением доли участия хвойных пород в составе достоверно увеличивается количество осадков, задержанных кронами. Коэффициент корреляции составил $0,71 \pm 0,04$. Именно 50 %-е участие хвойных пород способствует снижению объёма стока в естественных насаждениях на комбинированных водосборах, обеспечивает задержание твердых фракций и очистку от загрязняющих химических веществ, поступающих с сельскохозяйственных полей в искусственные водоёмы, озёра и реки. По результатам многолетних исследований установлено, что

Таблица 5. Доля площади лесов разного состава на водосборах для перевода поверхностного стока в почвенный и полного задержания его химических элементов

Состав насаждения, почва	Площадь леса (м ² , числитель) и ее доля (% , знаменатель) на 1 га сельскохозяйственной земли для перевода поверхностного стока в почвенный, полной задержки твёрдого стока и химических элементов					
	Поверхностный сток	Твёрдый сток	P ₂ O ₅	NO ₃	NH ₄	Cl
6Е2С10с1Б, супесчаная	260/2,6	230/2,3	170/1,7	180/1,8	250/2,5	170/1,7
9С1Б, супесчаная	240/2,4	90/0,9	90/0,9	330/3,3	180/1,8	90/0,9
5Е30с1Д1Б, суглинистая	1380/13,8	980/9,8	530/5,3	1280/12,8	540/5,4	Не определено

в насаждениях указанного состава кроны деревьев задерживают от 32 до 44 % жидких и твёрдых осадков [16].

Насаждения приведённых в табл. 5 составов формируют под своим пологом хвойно-лиственную лесную подстилку, которая, по нашим данным на учётных площадках, накапливает от 3,2 до 6 мм влаги. Указанные защитные свойства лесных насаждений наблюдаются только там, где не проводятся сплошнолесосечные и другие рубки с применением агрегатной техники, которые, по нашим данным, существенно увеличивают плотность почвы, разрушают водопрочные агрегаты, что приводит к выносу твёрдых фракций неурегулированного поверхностного стока при резком возрастании его объема [17]. В конечном итоге это вызывает обмеление Волги в верхнем и частично в среднем её течении (Тверская, Ярославская, Костромская, Нижегородская области и Татарстан).

Таким образом, в результате наших исследований установлено, что в областях, где протекает Волга, необходимо создавать хвойно-лиственные насаждения оптимального состава с участием лиственных пород не более 50 %. В среднем и нижнем течении Волги (Татарстан, Самарская, Саратовская, Волгоградская и Астраханская области) на сельскохозяйственных землях необходимо выращивать насаждения с участием сосны обыкновенной не менее 50 % с включением в состав берёзы повислой, дуба черешчатого, кленов остролистного и татарского и других лиственных пород. В подлесок следует вводить кустарники-аборигены, соответствующие условиям произрастания.

Результаты наших исследований были апробированы на Кубе. По предложению В.А. Мельчанова и др. [9], защитные полосы в нижних частях водосборов создавали из эвкалипта гигантского *Eucalyptus gigantes* Н. и сосны карибской *Pinus cariba* Н. Например, в провинции Пинар-дель-Рио на водосборах в нижней части сельскохозяйственного поля создавалась защитная лесная полоса, размеры которой рассчитывали исходя из определенного соотношения ее площади и площади поля, указанного в патенте. На

расстоянии 40–50 м от этой полосы размещали водохранилище, куда стекала вода почвенного и поверхностного стоков, которая по мере его наполнения выкачивалась по трубопроводам и поступала потребителям. Таким образом была решена проблема обеспечения населения чистой питьевой водой.

В нашей стране и за рубежом существует мнение, что в настоящее время мероприятия, связанные с созданием защитных полос и строительством в некоторых случаях плотин для регулирования сброса воды и ее очистки, экономически не эффективны. Однако, как указывает Н.А. Моисеев, расчёт эффекта в рамках одной отрасли в ряде случаев не только не дает должного представления об эффективности осуществленных мероприятий, но и принижает роль лесного хозяйства в экономике страны [18]. Народно-хозяйственный эффект, по его мнению, нужно определять с учётом межотраслевых экономических эффектов.

Выводы

Установлено, что в зоне хвойно-широколиственных лесов и северной лесостепи хвойно-лиственное насаждение переводит большее количество (на 26–33 %) поверхностного стока в почвенный, чем сельскохозяйственное поле. Вследствие этого пополняется объем естественных водоёмов с улучшением качества воды. Количество твёрдых фракций поверхностного стока при его прохождении через хвойно-лиственное насаждение на 27,0–47,7 % меньше по сравнению с сельскохозяйственным полем. В конечном счете стоковые воды с сельскохозяйственных полей вызывают заиливание водоёмов из-за попадания в них твердых фракций. Количество загрязняющих соединений азота в стоковой воде сельскохозяйственных полей на 23–78 % выше, чем в стоковой воде из-под полога хвойно-лиственного леса.

Для регулирования поверхностного стока, перевода его части в почвенный, задержания твердых фракций предлагается формировать

насаждения в нижней части водосборов с участием в составе не менее 50 % хвойных пород.

Рекомендуется использовать **актуальный патент на изобретение**, что позволит определить минимальную долю изъятия

сельскохозяйственных земель для создания защитных лесных полос, способных осуществить полное задержание твердых фракций и загрязняющих химических веществ поверхностного стока.

Список источников

1. Паспорт Волги «Федеральный проект оздоровления Волги». Приложение к протоколу заседания проектного комитета по национальному проекту «Экология» от 21-ХП 2018 № 3. – 12 с.
2. Мельчанов, В.А. Рекомендации по использованию лесных насаждений для очистки вод / В.А. Мельчанов. – М. : ВНИИЛМ, 1985. – С. 3–12.
3. Мельчанов, В.А. Способ биологической очистки стоковых вод с сельскохозяйственных полей / В.А. Мельчанов : авт. свид. № 1326563 от 1.04.1987. – С. 6.
4. Побединский, А.В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов / А.В. Побединский. – М. : Лесн. пром-сть, 1979. – 176 с.
5. Методические рекомендации по выделению групп типов леса зоны хвойно-широколиственных лесов Европейской части РСФСР / Ю.А. Лазарев, А.В. Побединский, А.В. Письмеров, Р.И. Ханбеков, Ю.Д. Абатуров, А.Я. Орлов, В.Г. Чертовской. – М., 1981. – 15 с.
6. Молчанов, А.А. Гидрологическая роль леса / А.А. Молчанов. – М. : изд-во АН СССР, 1960. – 468 с.
7. ГОСТ 27593–88 Группа 000. Почвы. Термины и определения. Дата введения 1988-07-01. Взамен ОСТ 17.4.1. 03-04.
8. Межибовский, А.М. Исследование оптимальной структуры еловых насаждений южной подзоны тайги / А.М. Межибовский // Оптимизация использования и воспроизводство лесов СССР. – М. : Наука, 1977. – С. 129–144.
9. Мельчанов, В.А. Защитная роль лесных насаждений по берегам рек и водохранилищ / В.А. Мельчанов, Т.В. Фремон, Х. Эрреро. – М., 2008. – 170 с.
10. Аринушкина, Е.Н. Руководство по химическому анализу почв / Е.Н. Аринушкина. – М. : МГУ, 1970. – 476 с.
11. Иванов, Б.Н. Влияние уплотнения на физические свойства лесной почвы в лесу при рекреации / Б.Н. Иванов // Лесоведение. – № 5. – 1990. – С. 58–63.
12. Сурмач, Г.П. Водорегулирующая и противозрозионная роль насаждений / Г.П. Сурмач. – М. : Лесн. пром-сть, 1971. – 111 с.
13. Рубцов, М.В. Сельскохозяйственное загрязнение волжской речной системы и борьба с ней / М.В. Рубцов, А.П. Никитин // Экологические проблемы бассейнов крупных рек : матер. междунар. конф. – Тольятти : изд-во ИЭВБ РАН, 2003. – С.112.
14. Decreased water flowing from a forest awended with calcium silicate / Mark B. Green., Amey S. Bailey, Scott W. Bailey [et. al.] // Biogeochemistry. – Jun 18, 2010.
15. Кожухов, В.И. Некоторые аспекты формирования и устойчивого развития агролесных ландшафтов в условиях Воронежской области / В.И. Кожухов, А.Н. Топчиев // Лесотехнический журнал. – 2019. – Т. 9. – № 4 (36). – С. 25–33.
16. Данилов, Н.И. Гидрологическая роль лесных насаждений в зоне смешанных лесов / Н.И. Данилов. – Чебоксары, 2002. – 163 с.
17. Мельчанов, В.А. Влияние поверхностного стока в лесной зоне на наводнения / В.А. Мельчанов, А.М. Межибовский // Лесное хозяйство. – № 3. – 2014. – С. 26.
18. Моисеев, Н.А. Пути улучшения лесного хозяйства и лесопользования в многолесных районах / Н.А. Моисеев. – М. : Лесн. пром-сть, 1980. – 264 с.

References

1. Pasport Volgi «Federal'nyj proekt ozdorovleniya Volgi». Prilozhenie k protokolu zasedaniya proektnogo komiteta po nacional'nomu proektu «Ekologiya» ot 21-XII 2018 № 3. – 12 s.
2. Mel'chanov, V.A. Rekomendacii po ispol'zovaniyu lesnyh nasazhdenij dlya ochistki vod / V.A. Mel'chanov. – M. : VNIILM, 1985. – S. 3–12.
3. Mel'chanov, V.A. Sposob biologicheskoy ochistki stokovyh vod s sel'skohozyajstvennyh polej / V.A. Mel'chanov : avt. Svid. № 1326563 ot 1.04.1987. – S. 6.
4. Pobedinskij, A.V. Vodoohrannaya i pochvozashchitnaya rol' lesov / A.V. Pobedinskij. – M. : Lesn. prom-st', 1979. – 176 s.
5. Metodicheskie rekomendacii po vydeleniyu grupp tipov lesa zony hvojno-shirokolistvennyh lesov Evropejskoj chasti RSFSR / Yu.A. Lazarev, A.V. Pobedinskij, A.V. Pis'merov, R.I. Hanbekov, Yu.D. Abaturov, A.Ya. Orlov, V.G. Chertovskoj. – M., 1981. – 15 s.
6. Molchanov, A.A. Hidrologicheskaya rol' lesa / A.A. Molchanov. – M. : izd-vo AN SSSR, 1960. – 468 s.
7. GOST 27593–88 Gruppy 000. Pochvy. Terminy i opredeleniya. Data vvedeniya 1988-07-01. Vzamen OST 17.4.1. 03-04.
8. Mezhibovskij, A.M. Issledovanie optimal'noj struktury elovyh nasazhdenij yuzhnoj podzony tajgi / A.M. Mezhibovskij // Optimizaciya ispol'zovaniya i vosproizvodstvo lesov SSSR. – M. : Nauka, 1977. – S. 129–144.
9. Mel'chanov, V.A. Zashchitnaya rol' lesnyh nasazhdenij po beregam rek i vodohranilishch / V.A. Mel'chanov, T.V. Fremon, H. Errero. – M., 2008. – 170 s.
10. Arinushkina, E.N. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv / E.N. Arinushkina. – M. : MGU, 1970. – 476 s.
11. Ivanov, B.N. Vliyanie uplotneniya na fizicheskie svojstva lesnoj pochvy v lesu pri rekreacii / B.N. Ivanov // Lesovedenie. – № 5. – 1990. – S. 58–63.
12. Surmach, G.P. Vodoreguliruyushchaya i protiverozionnaya rol' nasazhdenij / G.P. Surmach. – M. : Lesn. prom-st', 1971. – 111 s.
13. Rubcov, M.V. Sel'skohozyajstvennoe zagryaznenie volzhskoj rečnoj sistemy i bor'ba s nej / M.V. Rubcov, A.P. Nikitin // Ekologicheskie problemy bassejnov krupnyh rek : mater. mezhdunar. konf. – Tol'yatti : izd-vo IEVB RAN, 2003. – S. 112.
14. Decreased water flowing from a forest awended with calcium silicate / Mark B. Green., Amey S. Bailey, Scott W. Bailey [et. al.] // Biogeochemistry. – Jun 18, 2010.
15. Kozhuhov, V.I. Nekotorye aspekty formirovaniya i ustojchivogo razvitiya agrolesnyh landshaftov v usloviyah Voronezhskoj oblasti / V.I. Kozhuhov, A.N. Topchiev // Lesotekhnicheskij zhurnal. – 2019. – T. 9. – № 4 (36). – S. 25–33.
16. Danilov, N.I. Hidrologicheskaya rol' lesnyh nasazhdenij v zone smeshannyh lesov / N.I. Danilov. – CHEboksary, 2002. – 163 s.
17. Mel'chanov, V.A. Vliyanie poverhnostnogo stoka v lesnoj zone na navodneniya / V.A. Mel'chanov, A.M. Mezhibovskij // Lesnoe hozyajstvo. – № 3. – 2014. – S. 26.
18. Moiseev, N.A. Puti uluchsheniya lesnogo hozyajstva i lesopol'zovaniya v mnogolesnyh rajonah / N.A. Moiseev. – M. : Lesn. prom-st', 1980. – 264 s.