

УДК 631.459

DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-56-70

Е. В. Полуэктов, Ж. В. Рощина

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

МОНИТОРИНГ БИОИНЖЕНЕРНОГО СООРУЖЕНИЯ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ СТОКА ТАЛЫХ ВОД

Цель: установление противозерозионной эффективности и продолжительности действия биоинженерного комплекса, представленного стокорегулирующей лесной полосой в сочетании с простейшими гидротехническими сооружениями. **Материалы и методы.** Исследования проводились на эродированных почвах склонов юга европейской территории России с системой почвозащитных мероприятий, представленных лесными насаждениями, агротехническими приемами и простейшими гидротехническими сооружениями. Использовались общепринятые в агролесомелиорации, эрозиоведении, земледелии методы. **Результаты.** По данным многолетних наблюдений (1978–2018 гг.) установлена высокая противозерозионная эффективность валов-каналов в сочетании с лесными полосами. Стокорегулирующая роль валов-каналов и продолжительность их действия будут зависеть от места их расположения в лесной полосе и наличия почвозащитных агротехнических мероприятий на водосборе, которые должны быть представлены контурно-полосным размещением сельскохозяйственных культур и агрофонов, специальными агротехническими приемами: на зяби микролиманами, лунками, прерывистыми бороздами, на посевах озимых культур и многолетних трав щелеванием и кротованием. Это обеспечивает задержание стока талых вод слоем 50–60 мм и регулирует смыв почвы до контролируемых величин (0,3–1,0 т/га в год). Изъятие из почвозащитной системы контурно-полосного размещения культур и агрофонов, специальных агротехнических приемов заметно снижает противозерозионную эффективность биоинженерного комплекса. **Выводы.** Противозерозионная эффективность рассмотренного комплекса увеличивается по мере роста и развития деревьев: объемная масса снижается до 1,05–1,15 грамма на кубический сантиметр, повышается количество водопрочных агрегатов до 55–75 %, величина водопроницаемости до 4–6 мм/мин. Лесная полоса аккумулирует значительную часть твердого стока, предохраняя валы-каналы от заиления, увеличивая продолжительность их действия. Наиболее эффективно размещение валов-каналов в последнем междурядье лесной полосы.

Ключевые слова: стокорегулирующая лесная полоса; валы; каналы; сток талых и дождевых вод; смыв почвы.

Ye. V. Poluektov, Zh. V. Roshchina

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

BIOENGINEERING STRUCTURE MONITORING FOR REGULATING SNOWMELT RUNOFF

Purpose: to determine the erosion control efficiency and action time of the bioengineering complex, represented by a flow regulating forest belt in combination with the simplest



hydraulic structures. **Materials and methods.** The studies were carried out on the eroded slope soils in the south of the European territory of Russia with a system of soil protection measures represented by forest plantations, agricultural practices and the simplest hydraulic structures. The methods generally accepted in land and forest reclamation, erosion studies and agriculture were used. **Results.** According to long-term observations (1978–2018), high erosion-preventing efficiency of dike-ditches in combination with forest belts was found. The flow-regulating role of the dike-ditches and their duration will depend on their location in the forest belt and the presence of soil-protective agrotechnical measures at the catchment, which should be represented by the contour-strip placement of agricultural crops and agricultural backgrounds, special agrotechnical techniques: on the fall with micro limans, dimples, intermittent furrows, on crops of winter crops and perennial grasses by soil slitting and moling. It ensures the snowmelt runoff retention with a layer of 50–60 mm and regulates soil loss to the controlled values (0.3–1.0 t per ha per year). The removal of the contour-strip placement of crops and agricultural backgrounds, special agricultural techniques from the soil-protection system noticeably reduces the erosion-control effectiveness of the bioengineering complex. **Conclusions.** The erosion control efficiency of the complex under consideration increases with the growth and development of trees: bulk density decreases to 1.05–1.15 grams per cubic centimeter, the number of water-resistant units increases to 55–75 %, the permeability to 4–6 mm per min. The forest belt accumulates a significant part of the solid runoff, protecting the dikes-ditches from siltation, increasing the duration of their action. The most efficient placement of dikes-ditches is in the last row spacing of the forest belt.

Key words: flow regulating forest belt; dikes; ditches; snowmelt and rainwater runoff; soil loss.

Введение. Одним из эффективных мероприятий по защите почв от эрозии считается система стокорегулирующих лесных полос. Они выполняют многоплановую роль – в первую очередь задерживают снег, регулируя, таким образом, тепловой и водный режимы почвы. В период снеготаяния под пологом лесных полос в Нечерноземной зоне (серые лесные почвы) в среднем просачивается 326 мм талой воды, на черноземах до 500 мм и на светло-каштановых почвах до 430 мм [1–3].

Наиболее важна с позиции защиты почв от эрозии стокзадерживающая и стокорегулирующая роль лесных полос данного типа. По свидетельству ученых-лесомелиораторов, слой задержанного стока колеблется от 10 до 20 мм, что соответствует 30% степени обеспеченности в степной зоне [2, 4, 5].

Почвозащитная роль стокорегулирующих лесных полос резко возрастает при их совмещении с простейшими гидротехническими сооружениями в виде валов, канав и др. Учитывается также и то обстоятельство, что лесные полосы являются основой средостабилизирующей части агро-

ландшафта и выполняют продолжительную во времени роль в организации эрозионно опасной территории в системе адаптивно-ландшафтного земледелия [6–8]. Так как продолжительность жизнедеятельности основных лесобразующих пород в степной зоне от 40 до 60 лет и более, большое значение имеет срок службы гидротехнических сооружений, от чего будет зависеть почвозащитная эффективность данного комплекса [2, 9, 10].

В связи с этим целью исследования являлось установление противоэрозионной эффективности и продолжительности действия биоинженерного комплекса, представленного стокорегулирующей лесной полосой в сочетании с простейшими гидротехническими сооружениями в виде валов-каналов.

Материалы и методы. В статье приводятся многолетние данные (1978–2018 гг.) по становлению и функционированию системы биоинженерного сооружения, представленного стокорегулирующей лесной полосой, совмещенной с валами-канавами. Исследования проводились в двух стационарных опытах общепринятыми в агролесомелиорации, эрозиоведении, земледелии методами на черноземах обыкновенных среднеэродированных Ростовской области. Слой стока талых вод 10% обеспеченности составляет 50–55 мм.

В первом стационарном опыте пятирядная лесная полоса была заложена весной 1976 г. саженцами робинии псевдоакации. Схема размещения деревьев $0,7 \times 3,0$ м. Через 3 года после посадки высота деревьев составляла 5,7–5,8 м, в 1983 г. – 9,1–9,2 м, в 2003 г. – 10–12 м, в 2018 г. – 16–17 м. Канавы создавались в последнем междурядье лесной полосы глубиной 0,7–0,8 м, что на 0,3–0,4 м превышает среднемноголетнюю глубину промерзания почвы. За канавой в ряду деревьев насыпался вал с рабочей высотой 0,45 м. Канавы заполнялись порубочными остатками после проведения санитарных рубок с целью фиксации бортов, утепления дна и уменьшения глубины промерзания почвы. Перед лесной полосой на поле сельскохозяйственные культуры располагались полосами вплоть до 2010 г.

В полосах чаще всего чередовалась рыхлая пашня (зябь) с уплотненной (посевы озимой пшеницы, многолетние травы). Ширина полос (сельскохозяйственных культур) составляла 54 м, на них дополнительно осуществлялись специальные агротехнические приемы: лункование, валкование, поделка микролиманов, почвоуглубление на зяби и щелевание на посевах озимой пшеницы и многолетних трав. С 2011 г. полосное размещение сельскохозяйственных культур и агрофонов не возобновлялось.

Во втором опыте однорядная стокорегулирующая лесная полоса из ореха грецкого была заложена в 1980 г. трехлетними саженцами. Расстояние в ряду между деревьями 4,0 м. Через год после посадки перед лесной полосой были созданы простейшие гидротехнические сооружения в виде канав глубиной 0,8 м и шириной 0,6 м. За канавой в ряду деревьев насыпался вал высотой до 0,6 м. Непосредственно перед лесной полосой было проведено залужение многолетними травами. Ширина полосы залужения 2,0 м. Предназначение полосы залужения – максимальная аккумуляция твердого стока в период проявления эрозионных процессов с целью предотвращения заиления канавы.

Результаты и обсуждение. Анализ противоэрозионной эффективности биоинженерного сооружения (лесная полоса + вал-канавы) показал, что она постепенно увеличивалась по мере роста деревьев, их влияния на почвозащитные свойства почвы, возникновения эмерджентных связей с гидротехническими сооружениями. Наиболее заметно это начало проявляться через 8–10 лет после посадки деревьев. Проследим это на примере стока талых и дождевых вод. В первом стационарном опыте для полноты картины стока талых вод мы взяли в качестве контроля вариант сплошного размещения сельскохозяйственных культур и агрофонов; варианты полосного размещения культур + специальные агроприемы; то же, что второй вариант, + лесная полоса без валов-канав и то же, что третий вариант, + лесная полоса с валами-канавами (рисунок 1).

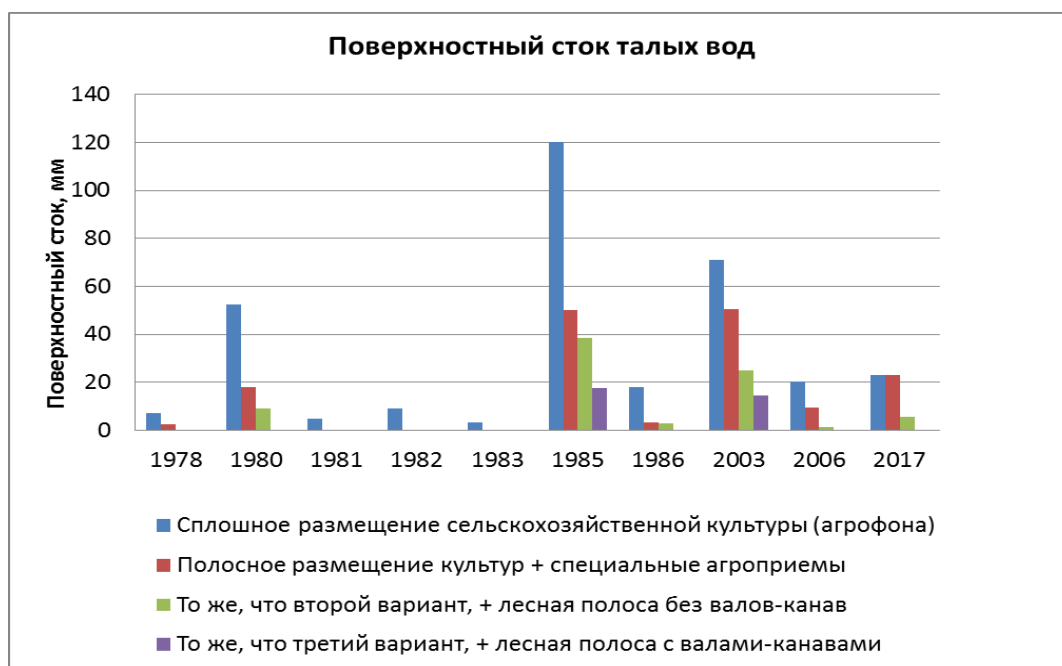


Рисунок 1 – Сток талых вод в стационарном опыте по изучению системы почвозащитных мероприятий

Анализируя представленные данные, можно отметить наиболее интересные моменты влияния роста и развития деревьев в сочетании с валами-канавами на регулирование слоя стока талых вод. В годы с малой интенсивностью стока (до 20 мм) лесная полоса без валов-каналов в задержании стока не участвовала, так как с этой задачей справлялось полосное размещение сельскохозяйственных культур и проведение на них специальных агроприемов. Несколько иная картина наблюдалась в 1980 г. при слое стока более 50 мм. Полосное размещение сельскохозяйственных культур (люцерна с озимой пшеницей) плюс их щелевание снизило слой стока до 18 мм, лесная полоса без валов-каналов до 9 мм. Не было стока в варианте лесной полосы, усиленной валом-канавой, при этом проектные параметры валов-каналов сохранились в заданных пределах, что обеспечивалось очищением стока талых вод от твердых наносов опадом лесной полосы и рядами деревьев.

По мере роста и развития деревьев, увеличения мощности лесной подстилки усиливалась почвозащитная роль биоинженерного комплекса. Так, в 1985 г. при общем слое стока 120 мм (5% степень обеспеченности) за весь холодный период (с января по март включительно) полосное раз-

мещение культур (зябь и люцерна) в сочетании со специальными агротехническими приемами (лункование и щелевание) снизило сток до 50,1 мм. Через лесную полосу без валов-каналов потери воды со стоком составили около 40 мм и в два раза меньше в варианте биоинженерного сооружения.

Ситуация с формированием стока талых вод повторилась в 2003 г. Высота деревьев в этот период составляла 10–12 м, возросло их влияние на физические и водно-физические свойства почвы (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение плотности сложения (слоя 0–30 см) и водопроницаемости почвы в лесной полосе из робинии и псевдоакации по мере роста деревьев

Свойство почвы		Возраст насаждения, лет				
		до 5 лет	10–15	20	25	> 35
Плотность сложения, г/см ³		1,23	1,15	1,12	1,00	0,98
Водопроницаемость, мм/мин	за 1-й час	3,21	4,57	8,13	13,18	13,45
	за 2-й час	1,29	3,88	7,90	10,79	10,67
	за 3-й час	1,21	3,41	7,17	9,73	10,04
	среднее	1,50	3,95	7,73	11,44	

Как следует из представленных данных, величина плотности сложения почвы заметно снизилась после пятилетнего возраста деревьев. Рыхлым сложением характеризовался слой почвы 0–30 см в возрасте лесной полосы 10–15 лет и более, что легко объяснить накоплением лесной подстилки, деятельностью мезофауны и в большей степени мощно развитой корневой системой деревьев. Схожие данные получены на черноземах Саратовской области [11].

Аналогичные данные получены по скорости просачивания воды в почву. В первые пять лет жизни деревьев величина водопроницаемости характеризовалась как хорошая, резкий скачок в увеличении водопроницаемости наблюдался после двадцатилетнего возраста. Скорость просачивания воды увеличилась по отношению к первоначальному периоду более чем в четыре раза.

К 2003 г. параметры валов-каналов с момента их создания претерпели незначительные изменения. Глубина каналов уменьшилась до 70–72 см, борта стали более пологими, высота валов также уменьшилась на 7–9 см.

За три периода стока талых вод в 2003 г., которые сопровождались образованием ледяной корки на поверхности почвы, слой задержанного стока в варианте полосного размещения сельскохозяйственных культур составил 20 мм, в варианте лесной полосы без валов-каналов более 45 мм и в варианте биоинженерного сооружения 56,6 мм. Сток талых вод в варианте лесной полосы с валом-канавой объясняется наличием на поверхности почвы ледяной корки, низкой ее водопроницаемостью в этот период (0,006 мм/мин), интенсивным таянием снега с одновременным выпадением жидких осадков. Валы-каналы в лесной полосе в данный момент играли роль механической преграды, и количество задержанной воды определялось физической емкостью этих сооружений.

Заметно изменилась почвозащитная роль лесной полосы при отсутствии перед ней полосного размещения сельскохозяйственных культур. Сток 2017 г. был умеренным по слою осадков, но сильным по интенсивности в связи с выпадением во время таяния снега дождя слоем 13,8 мм. Слой стока составил в среднем 23 мм, и вся эта масса воды поступала в лесную полосу, которая без валов-каналов смогла задержать и поглотить 17,5 мм. Не наблюдался сток за пределы лесной полосы с валом-канавой. Глубина каналов к этому времени уменьшилась до 54–58 см, высота валов до 35–38 см. Тем не менее это позволило задержать весь объем стока, поступающий в канаву.

Не меньший интерес представляют данные по твердому стоку. Среднегодовой смыв почвы в районе проведения исследований, по данным многолетних исследований Е. В. Полуэктова [12, 13], составляет от 8 до 10 т/га. При контурно-полосном размещении сельскохозяйственных культур в сочетании со специальными агроприемами смыв почвы за годы проведения исследований уменьшился до 5 т/га. Смываемая в этом варианте почва практически полностью аккумулировалась в лесной полосе. За пределы лесной полосы без валов-каналов вынос почвы был меньше 1 т/га, а с валами-канавами 0,3 т/га.

Положение заметно изменилось в 2017 г., когда смыв почвы с зяби составил 23 т/га, а с посевов озимой пшеницы 14 т/га. Непосредственно к лесной полосе примыкали посеы озимой пшеницы. Смываемая потоками воды почва частично аккумулировалась перед лесной полосой, частично поступала под полог деревьев. Основная ее масса оседала в первых двух-трех междурядьях лесной полосы и очень небольшое количество твердого стока в канаве последнего междурядья. Глубина канав после прохождения стока составила 50–51 см.

Таким образом, за сорокалетний период наблюдений простейшие гидротехнические сооружения в виде валов-каналов, созданные в пятирядной лесной полосе, незначительно утратили свои почвозащитные функции.

Изменение почвозащитной функции однорядной лесной полосы из ореха грецкого с валом-канавой несколько иное. Данные, полученные по наблюдениям за стоком талых вод, показали следующие результаты. В первоначальный период (1985 г.) роста и развития деревьев при их высоте 4–5 м противозерозионная эффективность данного сооружения была невысокой (таблица 2).

Таблица 2 – Сток талых вод и смыв почвы в 1985 г.

Время прохождения стока	Запас воды в снеге + осадки, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Смыв почвы, т/га
Перед лесной полосой				
24–25.01.1985	26,3	11,4	0,43	2,9
03.02.1985	8,1	3,9	0,48	1,5
12–13.02.1985	30,9	22,6	0,73	7,3
14–20.03.1985	48,7	39,1	0,80	22,1
За лесной полосой				
24–25.01.1985	30,8	4,1	0,13	0,3
03.02.1985	14,7	0	0	0
12–13.02.1985	36,7	18,4	0,50	6,5
14–20.03.1985	53,8	30,6	0,57	18,4

Как следует из представленных данных, почвозащитная роль стоко-регулирующей лесной полосы, усиленной водопоглощающей канавой, наиболее эффективно проявилась только лишь в начальные периоды стока. В дальнейшем она заметно снизилась.

Невысокая противоэрозионная эффективность водопоглощающей канавы и лесной полосы объясняется рядом причин. Во-первых, деревья (орех грецкий) еще не оказали заметного влияния на свойства почвы (объемную массу, количество водопрочных агрегатов, водопроницаемость) и не могли противостоять размывающему действию потоков воды.

Канавы были заполнены крупномерными порубочными остатками с большим объемом пустот. К началу формирования стока глубина промерзания почвы в ней составила 15–20 см. После прохождения стока в начале февраля канавы были на 15–20 см заполнены водой, и резкая смена температур привела к ее замерзанию. В результате в последующие периоды стока канавы практически не поглощали воду, а наполнялись до своего расчетного объема, и излишек перетекал через вал с образованием размывов. Таким образом, мы можем констатировать, что взаимное влияние гидротехнических сооружений и лесных полос через 4 года после их создания еще не прослеживалось в достаточной мере.

Величина смыва почвы за все периоды стока с зяби (перед лесной полосой) составила 33,8 т/га. Часть его (8,6 т/га, или 25 % от общего количества) была задержана канавой с лесной полосой, остальная масса ушла за пределы биоинженерного сооружения.

Аналогичные условия формирования стока талых вод сложились в холодный период 2002–2003 гг. Сток талых вод начался в период оттепели 05.01.2003 и закончился весенним снеготаянием 28.03.2003. Орех грецкий уже находился в стадии зрелости [4] и оказал существенное влияние на почвенный покров. Высота деревьев составила 12–14 м. В стокорегулирующую лесную полосу сток талых и дождевых вод поступал по двум микроложбинам. Вал в междурядье лесной полосы создавал подпор концентрированным потокам воды и резко гасил их скорость. В результате этого перед лесной полосой с валом образовались конусы выноса мелкозема, влекомого потоками воды. Размеры одного из них составили 12 м

в ширину и 29 м в длину с мощностью наносов от 12 до 15 см. В дальнейшем потоки воды, обогнув конус и размыв частично междурядье лесной полосы и вал, поступали на участок за лесной полосой, залуженный люцерной синегибридной. Водороины в лесной полосе имели максимальную глубину 14–16 см и ширину 45–60 см.

Так как поле перед лесной полосой было занято озимой пшеницей, слой поверхностного стока талых и дождевых вод за все периоды составил 74,8 мм (очень сильный) с коэффициентом стока 0,36 (сильный). Усиление лесной полосы водопоглощающей канавой снизило сток до 38,8 мм (поглотила до 36,0 мм талых вод). Скорость водных потоков при этом снижалась в 2,0–2,5 раза, и он очищался от взвешенных наносов, в т. ч. полосой залужения перед лесной полосой. Более 60 % (71,7 т) смытой почвы с посевов озимой пшеницы аккумулировалось у лесной полосы с валом-канавой, 27 % (37,7 т) за стокорегулирующей лесной полосой, остальная часть задерживалась в овражно-балочной сети, частично попадая в водоем.

В последующие годы наблюдений максимальная величина стока с уплотненной пашни (посевы озимой пшеницы) составила: в 2016 г. – 24,6 мм, в 2008 г. – 20,6 мм и в 2014 г. – 18,2 мм [13]. Значительно меньшим, более чем в три раза, он был с зяби (рыхлая пашня), которая как раз и занимала в вышеперечисленные годы полевою часть водосбора перед лесной полосой. Практически весь сток, сформировавшийся в эти годы, задерживался стокорегулирующей лесной полосой, усиленной валом-канавой. К месту заметить, что последнее обновление валов-канал до первоначальных показателей осуществлялось в 2001 г. В последующие годы подобных мероприятий не проводилось, в результате чего из-за осыпания и оплывания стенок каналов, частичного заноса мелкоземом параметры валов-канал претерпели заметные изменения: глубина каналов к 2016 г. уменьшилась до 20–25 см, а высота валов стала не более 32–35 см. Это отразилось на их стокозадерживающей роли в 2017 г., когда сток талых вод при 13,9 мм вы-

павших осадков проходил в течение 3 дней и составил 25,9 мм с посевов озимой пшеницы.

Заиленные почвой в предыдущие годы канавы уже не обладали водопроницаемостью предшествующего периода, а лишь играли роль резервуаров, наполняемых водой стока. Быстрое наполнение их водой привело к тому, что более половины стока переливалось через валы и уходило в виде транзита в овражно-балочную сеть (таблица 3).

Таблица 3 – Сток талых вод и смыв почвы в 2017 г.

Время прохождения стока	Запас воды в снеге + осадки, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Смыв почвы, т/га
Перед лесной полосой				
20–24.02	49,0	25,9	0,52	16,9
За лесной полосой				
20–24.02	53,4	19,3	0,29	9,8

За пределы лесной полосы с канавами ушло в виде стока 19,3 мм, что составляет 74,5 % от всего объема поверхностного стока. Таким образом, лесная полоса плюс вал-канавы смогла задержать только 6,3 мм стока талых вод. Практически аналогичными показателями характеризовался и смыв почвы. До лесной полосы он составил 16,9 т/га, за ее пределами почти в 1,5 раза меньше.

Определенный интерес вызывает динамика свойств почвы в лесной полосе и канавах, оказывающих непосредственное влияние на величину поверхностного стока (таблица 4). В период становления системы (1984–1985 гг.) при высоте деревьев 4,4 м плотность сложения слоя почвы 0–30 см характеризовалась как удовлетворительная, а количество водонепроницаемых агрегатов едва превышало 50 %. В соответствии с этим величина водопроницаемости, определенная методом колец, составила в лесной полосе 1,93, а на дне канав – 1,17 мм/мин.

Положение резко изменилось через 20–23 года после посадки лесных насаждений. По мере их роста, накопления лесной подстилки, деятельности землероев и мезофауны плотность сложения почвы уменьшилась

до 1,13 г/см³, количество водопрочных агрегатов увеличилось до 80,1 %. Величина водопроницаемости составила в лесной полосе 7,49, а на дне канав 4,83 мм/мин.

Таблица 4 – Динамика свойств почвы в лесной полосе в зависимости от ее возраста

Год наблюдения	Высота деревьев, м	Плотность сложения слоя 0–30 см, г/см ³	Количество водопрочных агрегатов, %	Водопроницаемость в среднем за 3 ч, мм/мин	
				в лесной полосе	на дне канав
1984	4,4	1,27	51,3	1,93	1,17
2001–2003	12,8	1,12	80,1	7,49	4,83
2017	15,5	1,20	68,2	3,73	1,22

С 2002 по 2018 г. по мере заиления канав, а также в результате неупорядоченного сбора орехов междурядье лесной полосы и вал испытывали высокую антропогенную нагрузку, что отразилось на свойствах почв: несколько увеличилась по сравнению с предыдущим определением плотность сложения почвы и уменьшилось количество водопрочных агрегатов. Это повлияло на водопроницаемость, которая заметно снизилась в лесной полосе и была существенно ниже на дне канав, что объясняется их заилением.

Принимая во внимание, что высота деревьев к 2017 г. достигла 15,5 м, а диаметр ствола составил 26,3 см, а также высокую степень сохранности деревьев, можно с уверенностью сделать вывод: функционирование биоинженерного сооружения даже в однорядной лесной полосе может быть долгосрочным при периодическом (через каждые 12–13 лет) обновлении гидротехнических сооружений, а степень их долголетия в таком случае будет определяться продолжительностью жизни деревьев.

Выводы. Биоинженерное сооружение, представленное лесной полосой и простейшими гидротехническими сооружениями в виде валов-канав, является эффективным почвозащитным сооружением в степной зоне юга европейской территории России, обеспечивающим поглощение поверхностного стока слоем 50–60 мм.

Противоэрозионная эффективность данного сооружения увеличива-

ется по мере роста и развития деревьев: улучшаются физические (объемная масса снижается до 1,05–1,15 г/см³) и водно-физические свойства почвы (повышается количество водопрочных агрегатов до 55–75 %, величина водопроницаемости до 4–6 мм/мин). Лесная полоса аккумулирует значительную часть твердого стока, предохраняя, таким образом, валы-канавы от заиления, увеличивая продолжительность их действия.

Наиболее эффективным местом размещения валов-каналов является последнее междурядье лесной полосы. Только лишь в этом случае эффективное взаимодействие лесной полосы и валов-каналов может продолжаться в течение продолжительного периода времени (до 25 лет и более). В других случаях необходимо периодически (один раз в 10–15 лет) восстанавливать проектные размеры простейших гидротехнических сооружений. Функционирование биоинженерного комплекса будет очень эффективным лишь в том случае, если водосбор перед лесной полосой будет охвачен другими почвозащитными мероприятиями.

Список использованных источников

1 Ивонин, В. М. Обоснование систем лесных мелиораций природно-антропогенных ландшафтов / В. М. Ивонин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 18–31. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=491&id=493>.

2 Условия формирования поверхностного стока. Прогноз причиняемого ущерба. Компенсационные мелиоративные мероприятия: монография / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов, Н. И. Балакай. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 450 с.

3 Кочетов, И. С. Агролесомелиоративное адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов / И. С. Кочетов, А. Т. Барабанов, Е. А. Гаршинев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. – 84 с.

4 Ивонин, В. М. Адаптивная лесомелиорация степных агроландшафтов: монография / В. М. Ивонин, В. В. Танюкевич. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Вуз. кн., 2011. – 240 с.

5 Шабаев, А. И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья / А. И. Шабаев. – Саратов, 2003. – 296 с.

6 ВНИАЛМИ – лидер агро-мелиоративной науки России: современная конференция защитного лесоразведения / К. Н. Кулик, Н. Н. Дубенок, А. С. Рулёв, А. М. Пугачёва // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 11, Естественные науки. – 2015. – № 3(13). – С. 108–114.

7 Кузнецов, М. С. Эрозия и охрана почв / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов. – М.: Колос, 2004. – 352 с.

8 Liebscher, H.-L. Conflict over water – Can hydrology contribute anything toward their solution? / H.-L. Liebscher // The Basis of Civilization – Water Science? Proceedings of

the UNESCO / IAHS / IWHA symposium held in Rome. December 2003. IAHS Publ. № 286. – 2004. – P. 238–245.

9 A landscape perspective on sustainability of agricultural systems / V. H. Dale, K. L. Kline, S. R. Kaffka, J. W. A. Langeveld // *Landsc. Ecol.* – 2013. – № 28. – P. 1111–1112.

10 Global assessment of current water resources using total runoff integrating pathways / T. Oki, Y. Agata, S. Kanae, T. Saruhashi, D. Yang, K. Musiake // *Hydrology Science Journal.* – 2001. – Vol. 46, № 6. – P. 983–996.

11 Влияние лесной полосы на формирование экологических факторов агроландшафта / А. Ю. Верин, И. Ф. Медведев, Д. И. Губарев, С. С. Деревягин, В. П. Графов // *Аграрный научный журнал.* – 2018. – № 12. – С. 12–15.

12 Полуэктов, Е. В. Потери почвы от эрозии и дефляции в зоне совместного проявления / Е. В. Полуэктов // *Почвоведение.* – 1995. – № 3. – С. 103–113.

13 Полуэктов, Е. В. Противоэрозионные мелиорации земель: монография / Е. В. Полуэктов. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 250 с.

References

1 Ivonin V.M., 2017. [Justification of forest reclamation systems of natural and anthropogenic landscapes]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(27), pp. 18-31, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=491&id=493>. (In Russian).

2 Shchedrin V.N., Balakai G.T., Poluektov E.V., Balakai N.I., 2016. *Usloviya formirovaniya poverkhnostnogo stoka. Prognoz prichinyaemogo ushcherba. Kompensatsionnye meliorativnye meropriyatiya: monografiya* [The Conditions for Surface Runoff Formation. Forecast of Damage Caused. Compensatory Land Reclamation Measures: monograph]. Novocherkassk, RosNIIPM Publ., 450 p. (In Russian).

3 Kochetov I.S., Barabanov A.T., Garshinev E.A., 1999. *Agrolesomeliorativnoe adaptivno-landshaftnoe obustroystvo vodosborov* [Agroforestry and Adaptive Landscaping of Watersheds]. Volgograd, VNIALMI Publ., 84 p. (In Russian).

4 Ivonin V.M., Tanyukevich V.V., 2011. *Adaptivnaya lesomelioratsiya stepnykh agrolandshaftov: monografiya* [Adaptive Forest Reclamation of Steppe Agrolandscapes: monograph]. 2nd ed., rev. and add., Moscow, University Book Publ., 240 p. (In Russian).

5 Shabaev A.I., 2003. *Adaptivno-ekologicheskie sistemy zemledeliya v agrolandshaftakh Povolzh'ya* [Adaptive Ecological Agricultural Systems in Agrolandscapes of the Volga Region]. Saratov, 296 p. (In Russian).

6 Kulik K.N., Dubenok N.N., Rulev A.S., Pugacheva A.M., 2015. *VNIALMI – lider agromeliorativnoy nauki Rossii: sovremennaya kontseptsiya zashchitnogo lesorazvedeniya* [All-Russian Scientific Research Amelioration Institute – the leader of the Russian agroforestry science: the modern concept of protective afforestation]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 11, Estestvennyye nauki* [Bullet. of Volgograd State University. Ser. 11, Natural Sciences], no. 3(13), pp. 108-114. (In Russian).

7 Kuznetsov M.S., Glazunov G.P., 2004. *Eroziya i okhrana pochv* [Erosion and Soil Protection]. Moscow, Kolos Publ., 352 p. (In Russian).

8 Liebscher H.-L., 2004. Conflict over water – Can hydrology contribute anything toward their solution? The Basis of Civilization – Water Science? Proceedings of the UNESCO. IAHS, IWHA symposium held in Rome. December 2003. IAHS Publ. no. 286, pp. 238-245.

9 Dale V.H., Kline K.L., Kaffka S.R., Langeveld J.W.A., 2013. A landscape perspective on sustainability of agricultural systems. *Landsc. Ecol.*, no. 28, pp. 1111-1112.

10 Oki T., Agata Y., Kanae S., Saruhashi T., Yang D., Musiake K., 2001. Global assessment of current water resources using total runoff integrating pathways. *Hydrology Science Journal*, vol. 46, no. 6, pp. 983-996.

11 Verin A.Yu., Medvedev I.F., Gubarev D.I., Derevyagin S.S., Grafov V.P., 2018. *Vliyanie lesnoy polosy na formirovanie ekologicheskikh faktorov agrolandshafta* [The influ-

ence of the forest belt on the formation of environmental factors of the agrolandscape]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 12, pp. 12-15. (In Russian).

12 Poluektov E.V., 1995. *Poteri pochvy ot erozii i deflyatsii v zone sovmejnogo proyavleniya* [Soil Loss by Erosion and Deflation in the Zone of Their Simultaneous Manifestation]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 3, pp. 103-113. (In Russian).

13 Poluektov E.V., 2011. *Protivoerozionnyye melioratsii zemel': monografiya* [Erosion Preventing Land Reclamation: monograph]. Novocherkassk, Lick Publ., 250 p. (In Russian).

Полуэктвов Евгений Валерьянович

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: профессор

Должность: заведующий кафедрой почвоведения, орошаемого земледелия и геодезии

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: rekngma@magnet.ru

Poluektov Yevgeniy Valeryanovich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Title: Professor

Position: Head of the Chair of Soil Science, Irrigated Agriculture and Geodesy

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: rekngma@magnet.ru

Рощина Жанна Викторовна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Ученое звание: доцент

Должность: доцент

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: roshhina.zhanna@mail.ru

Roshchina Zhanna Viktorovna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Title: Associate Professor

Position: Associate Professor

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: roshhina.zhanna@mail.ru