

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Саратовский государственный
аграрный университет им. Н.И. Вавилова»

На правах рукописи

Удалова Ольга Геннадьевна

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС И МУЛЬЧИРОВАННЫХ ЩЕЛЕЙ
НА ЭРОЗИЮ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАСТБИЩ В СТЕПИ
ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

06.03.03 – Агролесомелиорация, защитное лесоразведение и
озеленение населенных пунктов, лесные пожары и борьба с ними

Диссертация на соискание
ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук
профессор П.Н. Проездов

Саратов - 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР (СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА).....	7
2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	36
2.1 Объекты исследований	36
2.2 Условия проведения исследований	40
2.3 Методика исследований	53
3 ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС И МУЛЬЧИРОВАННЫХ ЩЕЛЕЙ НА ИНФИЛЬТРАЦИЮ, ЭЛЕМЕНТЫ ВОДНОГО БАЛАНСА И ЭРОЗИЮ ПОЧВ.....	61
3.1 Теоретическое обоснование агротехнических противоэрозионных приемов в системе лесных полос.....	61
3.2 Лесоводственно-таксационная характеристика лесных полос на объекте исследования	66
3.3 Влияние лесных полос и щелевания с вертикальным мульчированием щелей на инфильтрационную способность почв ...	68
3.4 Элементы водного баланса и эрозия почв под воздействием лесных полос и щелевания с мульчей щелей	74
4 ПРОДУКТИВНОСТЬ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ТРАВ ПАСТБИЩ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕСНЫХ ПОЛОС И ЩЕЛЕВАНИЯ С МУЛЬЧИРОВАНИЕМ	96
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИЕМОВ МЕЛИОРАЦИИ ЭРОДИРОВАННЫХ ПАСТБИЩ	112
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	116
РЕКОМЕНДАЦИИ	117
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	118
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	119
ПРИЛОЖЕНИЕ	143

ВВЕДЕНИЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Защита почв от эрозии является актуальной задачей аграрного сектора экономики Российской Федерации. На сегодняшний день в РФ более 50% пастбищных угодий, подвержены деградации (ВНИИ агролесомелиорации, 2008). В Саратовской области эродированных почв свыше 75%, потери гумуса за последние 20 лет составили 0,3-0,7 %. Проблема усугубилась в связи с сокращением в нашей стране противоэрозионных работ, которые должны выполняться в системе с агро-, лесо-, гидромелиоративными мероприятиями. Для полной защиты полей в Саратовской области к имеющимся 150 тыс. га необходимо создать еще около 300 тыс. га защитных лесных насаждений (ЗЛН), агромелиоративные противоэрозионные мероприятия должны проводиться на площади 650 тыс. га.

Степень разработанности темы. Теория и практика борьбы с эрозией почв изложены в трудах В.В. Докучаева (1878, 1953), Г.Н. Высоцкого (1938), И.А. Кузника (1938, 1962), Н.И. Суса (1925, 1949), С.С. Соболева (1948, 1960), А.С. Козменко (1953), Г.П. Сурмача (1973, 1976). А.Н. Костякова (1960), Р.Е. Хортон (1948), W.H. Wishmeier и P.P. Smith (1958) и др., лейтмотивом которых является системность подхода к защите земель от эрозии с каркасом лесных полос с валами-канавами, размещенных дифференцированно от водораздела до гидрографической сети. В межполосных пространствах разрабатывались и совершенствовались агромелиоративные противоэрозионные приемы. Системность обосновывалась изысканием, проектированием, строительством и эксплуатацией объектов защиты земель от эрозии.

Цель исследования – повышение продуктивности пастбищ противоэрозионными агромелиоративными приемами в системе лесных полос.

Задачи исследования:

- обоснование расстояния между щелями при щелевании пастбищ с учетом мелиоративного влияния лесных полос;
- совершенствование приемов защиты щелей от процессов заиления и льдистости растительными остатками с определением дозы сечки соломы;
- установление в опытах с влиянием лесных полос и щелевания с мульчей щелей регрессионно-корреляционных зависимостей: инфильтрации почвы от продолжительности снеготаяния и ливней; эрозии от элементов водного баланса;
- изучение продуктивности и видового состава травостоя с установлением регрессионной зависимости коэффициента водопотребления трав пастбищ от элементов водного баланса;
- определение экономической эффективности лесных и агротехнических противоэрозионных мелиораций.

Научная новизна исследования. Обосновано расстояние между щелями при щелевании пастбищных угодий с учетом мелиоративного влияния лесных полос: с удалением от лесной полосы расстояния между щелями уменьшаются. Разработаны приемы защиты щелей от заиления и льдистости заполнением щелей сечкой соломы. Определена доза сечки соломы, в обратно пропорциональной зависимости от расстояния между щелями. Установлены в опытах с учетом мелиоративного влияния лесных полос и щелевания с мульчей щелей регрессионно-корреляционные связи между: инфильтрационной способностью почвы и продолжительностью снеготаяния и ливней; эрозией почв и составляющими водного баланса. Определены продуктивность и видовой состав травостоя под влиянием лесных полос с установлением регрессионной зависимости коэффициента водопотребления трав пастбищ от элементов водного баланса.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретические разработки и экспериментальные исследования выявили, что проблема линейной эрозии решается созданием лесных полос с валами-канавами от водораздела до гидрографической сети с частичным уменьшением поверхностной эрозии, дальнейшее снижение которой до допустимой величины связано с агромелиорацией в межполосных пространствах. При щелевании пастбищ решена задача заиления и льдистости щелей путем внесения в щели растительных остатков – сечки соломы. Расстояния между щелями зависят от гранулометрического состава почв, проективного покрытия растительности, уклона, влияния лесных полос, интенсивности ливней. Расстояние между щелями на различном удалении от лесных полос и доза сечки соломы рекомендуются проектным и производственным организациям.

На основании проведенных исследований производству предложены технологические приемы по вовлечению эродированных земель в сельскохозяйственный оборот. Акт внедренных мероприятий согласно хозяйственному договору №18/14М от 19.03.2014 г. приведен в диссертации. Материалы диссертации используются в учебном процессе ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ имени Н. И. Вавилова».

Методология и методы исследования базируются на земельном и лесном кодексах РФ с использованием принципов организации теории и практики классической агролесомелиорации, стандартных и частных методик планирования и проведения экспериментов. В исследовании были использованы: системный подход анализа и синтеза; методы обобщения, наблюдения, сравнения, статистические, описательные, картографические; совокупность методов, применяемых в агролесомелиорации, почвоведении, земледелии, мелиорации, гидрологии, гидрометрии и др. Полученные экспериментальные данные обработаны методами вариационной статистики на ЭВМ.

Положения, выносимые на защиту:

- обоснованные расстояния между щелями при щелевании пастбищ с учетом мелиоративного влияния лесных полос;
- приемы защиты щелей от процессов заиления и льдистости растительными остатками с обоснованием дозы сечки соломы на различном удалении от лесных полос;
- регрессионно-корреляционные зависимости с учетом мелиоративного влияния лесных полос и щелевания с мульчей щелей: инфильтрации почвы от продолжительности снеготаяния и ливней; эрозии почв от элементов водного баланса;
- продуктивность и видовой состав травостоя пастбищ;
- регрессионно-корреляционные зависимости коэффициента водопотребления трав пастбищ от элементов водного баланса.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследования подтверждается теоретическими разработками, необходимым экспериментальным материалом, статистической обработкой данных с использованием типовых компьютерных программ.

Основные материалы и положения диссертации докладывались: на конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова (2013, 2014); на Международной научно-практической конференции 26.11.13 г., посвященной 126-летию Н.И. Вавилова и 100-летию СГАУ - «Вавиловские чтения-2013» (Саратов, 2013); на III Международной научно-практической конференции «Сельскохозяйственные науки и АПК на рубеже веков» (Новосибирск, 2013); на XVI Международной научно-практической конференции 9.11.13 г. «Современные проблемы гуманитарных и естественных наук» (М., 2013).

По теме диссертации опубликовано 6 научных работ объемом 4,8 печ. л. (1,9 печ. л. лично автора), в том числе 3 научные работы объемом 3,2 печ. л. (0,9 печ. л. лично автора), в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР (СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА)

Проблема эрозии почв и противоэрозионных мелиораций (ПЭМ) в аграрном секторе экономики России остается одной из наиболее актуальных. Россия – родина защитного лесоразведения, и отечественной науке принадлежит приоритет в разработке агротехники насаждений в степных зонах и научно-техническом обосновании преобразующей роли леса. Рассматривая исторические моменты возникновения и развития агролесомелиоративных мероприятий в нашей стране, за начало истории защитного лесоразведения нами принимается исторический период в жизни человека, когда защитное лесоразведение осуществлялось с целью выращивания древесины в соответствии со специальным соответствующим государственным законодательством и когда в природе сохранялись объекты защитного лесоразведения (Тарасенко В.П., 1996). Началом такого исторического периода в нашей стране является последнее десятилетие XVIII века, когда по указу Петра I в степи были созданы специальные дубовые рощи по выращиванию древесины для кораблестроения. Развитие лесной мелиорации можно разделить на несколько основных этапов. Первый этап – Петровский и Постпетровский период 1769-1801 гг. – этап становления степного лесоразведения, создания ЗЛН различного целевого назначения; период первых публикаций по защитному лесоразведению таких славных ученых как И.Т. Посошков, А.А. Нартов, А.Т. Болотов, В.Я. Ламиковский и другие. 1801-1817 гг. – годы развития защитного лесоразведения по личной инициативе и при некотором государственном воздействии, в этот период созданы защитные лесные насаждения на общей площади более 15 тыс. га, к этому же времени относится создание первого в России и мире лесного института в г. Козельске Орловской губернии; публикация первой книги по опыту защитного лесоразведения в 1837 г. «Древопольное хозяйство в селе Трудолюб», написанной И.Я. Ламиковским. 1843

– 1892 годы – период некоторой плановости и научного поиска агротехники и технологии защитного лесоразведения в государственном масштабе, этап создания первых опытных участков и начала создания защитных лесных насаждений вдоль железных дорог. В 1843 г. организовано первое степное лесничество – Велико-Анадольское лесничество, основателем которого был выдающийся ученый лесовод В.Е. Графф. Практически одновременно был создан еще ряд степных лесничеств, в которых велась научная разработка агротехники выращивания леса.

В 1887-1906 годах в целях ослабления вредоносного воздействия суховеев, черных бурь и засух проведены государственные работы по облесению водоразделов степных рек в Саратовской, Самарской и Ставропольской губерниях.

1892 – 1917 гг. – период научного обоснования проблемы использования леса как средообразователя, связанного с результатами работы «Особой экспедиции» во главе с В.В. Докучаевым, которая была организована в 1892 г. после сильнейшей засухи 1891 года. «Особой экспедицией» за сравнительно небольшой период своей деятельности (1892 – 1899 гг.) выполнены уникальные, исключительной важности, комплексные научно-исследовательские работы, заложившие основы для научно - обоснованного комплексного решения проблемы с неблагоприятными природными явлениями: засухами, суховеями, пыльными бурями, водной эрозией почвы, дефляцией и другими. В.В. Докучаев в своей книге «Наши степи прежде и теперь» (1892), показал, что причина засухи – распаханность степей и бездумная вырубка лесов. Большой вклад в развитие теории мелиорации внесли лесоводы – участники экспедиции – Г.Н. Высоцкий и Г.Ф. Морозов, в дальнейшем – крупные ученые.

Участники докучаевской экспедиции заложили три опытных участка, одна из которых «Каменная степь» в Воронежской области; эти участки превращены на сегодняшний день в крупные научные учреждения.

До 1917 года в России было создано около одного миллиона гектар искусственных лесных насаждений.

Первые известные работы по борьбе с водной эрозией почвы по личной инициативе относятся к середине XVIII века (А.Т. Болотов – один из основоположников агролесомелиорации, за ним закреплены способ создания защитных лесных насаждений из дуба биогрупповым-гнездовым способом; закладки длительных опытов как в сельском, так и в лесном деле; создание системы мероприятий по борьбе с эрозией почвы и др.) – первой половине XIX в. (В.Я. Ламиковский, И.И. Шатилов и др.). Систематические работы по борьбе с водной эрозией в государственном масштабе были начаты в 1900 г. на территории Воронежской и других 21 губернии европейской части России. Исполнителями этих работ являлись специалисты песчано – овражных партий 1908–1916 гг., руководителем одной из которых был Николай Иванович Сус. Под руководством лесоводов и гидротехников до 1917 г. были закреплены посадкой леса и гидротехническими сооружениями сотни крупных оврагов и посажены тысячи гектаров леса на подвижных песках.

Первые годы закрепление оврагов производилось путем устройства простейших гидротехнических сооружений хворостяных водотоков и плотин, затем более дорогостоящих из бетона и камня. Однако эти мероприятия не решали проблемы. Накопленный опыт борьбы с оврагами показал, что борьбу ними нужно вести комплексно по всей территории водосбора, начиная с водораздела и кончая устьем оврага. Основная цель комплексной системы противоэрозионных мероприятий до минимума снизить поверхностный сток воды. До 1914 года были осуществлены некоторые противоэрозионные мероприятия, но не получили должного развития.

На рубеже XIX – XX столетий в известных работах А.И. Воейкова (1963), В.В. Докучаева (1878, 1892, 1953), Г.Н. Высоцкого (1937, 1952) и других ученых получило большое развитие учение о гидрологической и противоэрозионной роли почвенного покрова.

С 1917 по 1930 годы открыто более 50 научно – исследовательских сельскохозяйственных учреждений; создано 70 тыс. га защитных лесных насаждений. В этот период выявлено, что полезащитные лесные полосы обеспечивают повышение урожайности сельскохозяйственных культур в 1,3-1,5 раза (в нормальные по увлажнению годы) – в 2,0-2,5 раза (в засушливые годы).

В течение 30-х – начале 40-х годов XX века получили научное обоснование и практическую проверку агротехника и технология создания и выращивания системы ЗЛН для конкретных лесорастительных условий. Были выделены три основных типа конструкции (структуры) ЗЛН (по Н.И. Сусу): непродуваемая (плотная), ажурная и продуваемая. Определены ассортимент древесных и кустарниковых пород для создания ЗЛН, ширина и размещение их в зависимости от конкретных особенностей объекта лесной мелиорации целевого назначения ЗЛН, разработаны типы смешения древесных и кустарниковых пород. Заметный вклад в развитие теории и практики лесомелиорации на этом этапе внесли Н.И. Сус, В.Я. Колданов, Г.Н. Высоцкий, Я.Д. Панфилов, Т.И. Матякин, В.А. Бодров, П.Д. Никитин, А.Е. Дьяченко, В.Р. Вильямс и другие.

Инициатива изучения влияния агротехнических мероприятий на сток в степной зоне нашей страны принадлежит агрономической науке. Исследования были направлены на выявление методов наиболее рационального и полного использования осадков для сельского хозяйства. Уже более двухсот лет назад, в 1771 г., профессор земледелия М.И. Афонин впервые предложил бороздование полей в целях задержания стока и борьбы с водной эрозией, чтобы стекающие воды не могли так скоро «смыть и свести жирность».

В первой половине XIX в. передовыми работниками сельского хозяйства на полях внедрялись различные стокорегулирующие мероприятия. А.Н. Шишкин в 1840 г. в Витебской губернии успешно применял бороздование полей. И.К. Зеленецкий в 1853 г. впервые ставит вопрос о правильном подъеме зяби как верном средстве уменьшения стока и эрозии.

Необходимость регулирования гидрологических явлений с целью максимального использования выпадающих осадков для нужд сельского хозяйства уже во второй половине XIX в. была осознана крупнейшими представителями русской географической и агрономической науки – А.И. Воейковым, В.В. Докучаевым, П.А. Костычевым, А.А. Измаильским, Л.С. Бергом и др.

Работы выдающегося ученого П.А. Костычева, такие как его капитальный труд «Почвы Черноземной области России, их происхождение, состав и свойства» (1886), «К вопросу об обработке черноземных почв» (1891), «О борьбе с засухой посредством обработки полей и накопления на них снега» (1893), имели неопределимое значение для развития знаний по эрозии почв и мерам борьбы с ней. П.А. Костычев исследовал структуру черноземов, ее изменение при распашке, восстановление при оставлении пашни под залежь.

В 1893 г. А.А. Измаильский опубликовал книгу «Как высохла наша степь»; рекомендовал проводить на пахотных почвах глубокую вспашку и поддерживать почву в рыхлом состоянии для предупреждения их иссушения; на склонах – создание искусственного рельефа путем террасирования, облесение оврагов, устройство запруд. и т.д.

В 1892 г. П.П. Тихобразов проводил работы по борьбе с засухой в Тамбовской губернии по программе, разработанной В.В. Докучаевым, где были впервые предложены земляные валы (валы-террасы). Такие валы, обеспечивающие накопление влаги и беспрепятственный проход сельскохозяйственной техники до настоящего времени применяются на больших площадях в США.

Сильнейшая засуха 1891 г. стала толчком для ряда мер: в 1892 г. снаряжается экспедиция М.Н. Анненкова по обводнению юго-восточной части России, занимавшаяся вопросами регулирования поверхностного стока. В целом экспедиция, разработкой программы которой занимался В.В. Докучаев, внесла крупный вклад в освоение агротехнических и гидротехнических приемов борьбы

с засухой и эрозией. К этому периоду относятся работы таких известных ученых как П.Я. Янковского, С.Н. Никитина, В.М. Борткевича, Н.М. Сибирцева, К.А. Тимирязева, трудами которых установлена эффективность многих агрономических и мелиоративных приемов по борьбе с поверхностным стоком и эрозией почв.

В Поволжье одним из первых пытался изучить влияние агротехнических мероприятий на сток Б.В. Поляков. В 1938 г. он впервые дал количественную оценку влияния снегозадержания и зяблевой вспашки на величину стока рек Заволжья.

В 1948 году было принято Постановление «О плане полезащитных насаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР». Этот план, вошедший в историю как Великий сталинский план преобразования природы, был направлен на экологическую оптимизацию землепользования. К 1953 году было посажено 2,14 млн. га ЗЛН. Государственные защитные лесные полосы созданы на площади 79 811 га протяженностью 5319,6 км, в их числе и ГЗЛП Саратов – Астрахань по обоим берегам Волги шириной по 100 м на площади 9263 га протяженностью 1081 км. После смерти Сталина финансирование плана было прекращено, полезащитные станции были ликвидированы, но сами ГЗЛП во многих субъектах РФ не только сохранились, но и продолжают выполнять свои функции. Можно сказать, что спустя 60 лет этот план был выполнен. Идея «плана преобразования природы» не потеряла своей актуальности и сегодня, когда антропогенная нагрузка на биосферу достигла апогея и глобально изменила экологическую ситуацию; на больших территориях усилились эрозионные процессы, засухи, суховеи, опустынивание, ухудшился водный режим, снизилась продуктивность земледелия.

Во второй половине XX века потребность в интенсификации сельскохозяйственных процессов привела к реализации мероприятий, не только

предупреждающих эрозию, но и способствующих возврату ранее разрушенных земель в хозяйственный оборот. В результате обширные площади сильно эродированных (размытых) склоновых земель явились резервом развития сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства. В 1967 году принято Постановление «О неотложных мерах по защите от ветровой и водной эрозии», в соответствии с которым в стране были организованы новые научные учреждения для разработки противоэрозионных мероприятий.

С 1967 по 1990 гг. преобладало почвозащитное и водоохранное лесоразведение. В РФ было заложено 1,8 млн. га ЗЛН, к настоящему времени осталось 1324 тыс. га насаждений этого периода.

С началом аграрных преобразований в России в 1991 г. государством стало уделяться гораздо меньше внимания проведению работ по защитному лесоразведению, мелиорации, повышению почвенного плодородия; капитальные вложения в лесное и сельское хозяйство резко уменьшились, объемы орошения, осушения, лесомелиоративных, агротехнических мероприятий снизились во много раз, что сказалось на усилении процессов деградации и опустынивания сельскохозяйственных территорий. С 1992 по 2006 гг. было принято несколько общероссийских и региональных программ, направленных на сохранение и повышение плодородия почв, но, к сожалению, ни одна не была доведена до конца. По состоянию на 2008 год площадь сельскохозяйственных угодий, подверженный эрозии и дефляции по сравнению с 1990 годом, увеличилась на 22 млн. га и составляет в настоящее время 126 млн. га (А.Л. Иванов, 2008).

В сегодняшний день коллективом Всероссийского НИИ агролесомелиорации разработана «Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации до 2020 года», которая определяет природоохранную концепцию агролесомелиоративных мероприятий, долгосрочные цели, задачи и основные пути их решения (Кулик К.Н, 2008). Исходя из стратегии, в РФ необходимо иметь около 7 млн. га ЗЛН всех видов, т.е. дополнительно к имеющимся 2,7 млн. га нужно создать еще более 4 млн. га. На сегодняшний день

в России более 2 тыс. хозяйств имеют завершенные системы лесных насаждений, их общая площадь составляет 1,2 млн. га. В настоящее время 65% пашни, 28% сенокосов и 50% площади пастбищ России подвержены разрушающему воздействию эрозии, дефляции, засух, суховеев и пыльных бурь.

При широком развертывании мелиоративных работ выявилась недостаточность теоретического обоснования и практического применения противоэрозионных технологий хозяйственного освоения склонов.

Первые в СССР и России экспериментальные исследования влияния земледелия на сток и эрозионные процессы были выполнены Б.В. Поляковым (1939, 1946) и И.А. Кузником (1939, 1962).

Ускоренная эрозия является результатом неправильного хозяйственного воздействия человека на почву, однако человек же и располагает совокупностью приемов, позволяющих бороться с ней. По мнению А.А. Роде и В.Н. Смирнова (1973) в основе всех водно-эрозионных явлений лежит прежде всего поверхностный смыв, т.е. плоскостная эрозия. Остальные явления – развитие оврагов, дренирование ими местности, образование оползней, обмеление рек – представляют собой последствия плоскостной эрозии.

К предупредительным мероприятиям по борьбе с эрозией почв относится, в первую очередь, правильная организация территории, с учетом условий способствующих эрозии, а также целесообразное использование угодий: регулирование выпаса скота на склоновых участках, введение севооборотов с большим травянистым клином, вспашка почвы поперек склона, контурная вспашка и др. В числе мероприятий, направленных непосредственно на борьбу с последствиями эрозии, одно из первых мест занимает облесение эродированной территории. Лесные насаждения скрепляют почву корнями и способствуют созданию хорошей прочной структуры почвы, поверхность которой при этом защищена подстилкой. Увеличивая водопроницаемость почвы, древесные насаждения способствуют уменьшению почвенного стока вплоть до полного его прекращения. Они перехватывают поверхностный сток, возникающий на

расположенных выше безлесных участках, способствуют задержанию и накоплению снега, уменьшают силу ветров. Все это в совокупности, приводит сначала к ослаблению, а потом и полному прекращению поверхностных смывов и роста оврагов, улучшению водного режима местности и т.д. Огромное значение имеет создание на склонах водопоглотительных полос, которые способствуют прекращению поверхностного стока и переводу его в почвенный или грунтовый.

Наряду с облесением для борьбы с эрозией имеет значение введение и посевов многолетних трав, которые, улучшая почвенную структуру, повышают проницаемость почвы, и следовательно, понижают поверхностный сток, а тем самым и эрозионные процессы. Корни трав скрепляют почву и предохраняют ее от разрушения водой и ветром. Вместе с тем многолетние травы, разрыхляя корнями почву и обогащая ее в результате разложения корневых остатков гумусом, азотом и зольными веществами, в доступной для растений форме, служат наиболее мощным средством восстановления плодородия смытых почв и его дальнейшего повышения.

Наконец, существенную роль в борьбе с последствиями эрозии играют инженерные сооружения: водозадерживающие валы и канавы, террасы, плотины и запруды в оврагах, различные водоотводные сооружения.

И.А. Кузник (1979) писал, что «система земледелия и, что важнее всего, система основной обработки почвы и состав сельскохозяйственных угодий в бассейнах рек, играющих первостепенную роль в формировании стока, все время подвергаются значительным изменениям».

С 50-х годов XX века значительную роль в развитии гидрологических и эрозионных исследований принадлежит М.И. Львовичу (1963, 1974), Н.И. Коронкевичу (1969,1976), Г.П. Сурмачу (1971,1976), И.П. Сухареву (1976), С.И. Харченко (1975) и др.

М.И. Львович (1969) разработал несколько теоретических типов элементов водного баланса в зависимости от свойств почвы, а также ввел в уравнение

водного баланса отдельным слагаемым «валовое увлажнение», разграничивая величины увлажнения почвы и испарения.

И.П. Сухарев (1976) указывал, что в Центрально-черноземной полосе общий объем среднего стока равен 12 км^3 , а в многоводные годы – более 20 км^3 , регулируя который, можно использовать для орошения сельскохозяйственных культур. Повышение культуры земледелия ведет к уменьшению поверхностного стока, что необходимо учитывать в практической работе.

Если в 50-х годах XX века нормой считалось вспашка на глубину 20-22 см, то в настоящее время преобладает вспашка на 27 см и больше. В последние годы интенсивно внедряются безотвальная и плоскорезная обработка почвы (А.И. Бараев и др., 1962; М.Н. Заславский, 1979; А.Н. Каштанов, 1974; И.А. Кузник, 1962, 1979; Г.П. Сурмач, 1976; И.П. Сухарев, 1976; А.И. Шабаев, 2003; А.Т. Барабанов, 2003).

Сток и эрозия неразрывно связаны друг с другом. Эрозионные процессы чрезвычайно сильно зависят от деятельности человека, который на протяжении веков способствовал повышению ее интенсивности. Значительный вклад в изучение эрозионных процессов внесли естествоиспытатели Д.Л. Арманд (1961), М.Н. Заславский (1968, 1979, 1983), А.С. Козменко, (1953), Б.Ф. Косов (1970), И.А. Кузник (1962, 1979), В.А. Караушев (1977), Н.И. Маккавеев (1955, 1976), Ц.Е. Мирцхулава (1970), С.С. Соболев (1948, 1960), Г.П. Сурмач (1971, 1976, 1992), Н.И. Сус (1949), Г.И. Швевс (1974, 1981), В.М. Ивонин (1992), И.Г. Зыков (1985), В.В. Звонков (1962), А.Т. Барабанов (1983, 1993), Е.А. Гаршинев (1999), В.И. Панов (1975, 2008), А.И. Шабаев (1986, 2004), Ю.В. Бондаренко (1982, 2004), П.Н. Проездов (1983, 1999, 2008, 2011) и др.

С 30-х годов XX века начато планомерное изучение влияния агротехнических мероприятий на элементы водного баланса и эрозию почв. Анализируя ряд работ, можно считать, что на Юго-Востоке весенний сток с зяби в среднем в 2-3 раза меньше, чем по уплотненной почве (пастбище, озимые, стерня) (А.М. Бялый, 1964; П.Г. Кабанов, 1938; И.А. Кузник, 1938, 1962; М.И. Львович,

1963; В.И. Панов, 1972; Г.П. Сурмач, 1969, 1976, А.И. Шабаев, 1985, П.Н. Проездов, 1983, 1999 и др.).

По данным И.А. Кузника (1976) в результате массового применения зяби, распашки земель норма стока снизилась на 15-20 %. На XXIII Международном географическом конгрессе он подтверждает эту же величину математическими расчетами. М.И. Львович (1963, 1974), обобщая данные экспериментальных исследований (в том числе и наших), делает вывод, что зябь уменьшает сток в лесостепной зоне в 2-3 раза, а степной в 3-5 раз.

Благодаря внедрению глубокой зяблевой обработки, водный баланс пахотных земель существенно изменился из-за уменьшения поверхностного стока, что привело к снижению объема паводков малых рек, а так же стали благоприятны условия питания подземных вод (М.И. Львович, 1963; И.А. Кузник, 1979). Это, как правило, усиливает питание рек в период межени, когда вода представляет наибольшую народнохозяйственную ценность.

Исследованиями Курского стационара Института географии АН СССР в условиях обыкновенных черноземов установлено, что сток с зяби в среднем в 3 раза меньше, чем со стерни и озими, а поверхностный сток с леса наблюдался 2 года из 11 (А.М. Грин, 1965).

М.И. Львович (1974) отмечает, что углубление пахоты на 1-2 см способствует уменьшению стока в засушливых районах на 1 мм.

Г.П. Сурмач (1976), исследуя роль обработки каштановых и черноземных почв, пришел к выводу, что увеличение глубины пахоты на 1 см уменьшает сток на 1,5-4,5мм, а вспашка на глубину 27-30 см обеспечивает поглощение талых вод на 80%.

По данным А.В. Лысова (1968), В.А. Калужского (1970), на черноземах Приволжской возвышенности сток талых вод в среднем за 10 лет составил с зяби 13,3 мм, с залежных участков – 47,4 мм, с озимых посевов – 29 мм и с лесных массивов – 10,0 мм: в маловодные годы сток с залежи примерно в 10 раз больше,

чем с озимых, отсутствуя на зяби и в лесу, а в многоводные годы величины стока на всех угодьях сближаются.

П.Г. Кабанов (1938), исследуя сток в течение 12 лет (1924-1937 гг.) на южных черноземах (под г. Саратовом), дает среднюю величину стока 35,1 мм, средний коэффициент стока - 0,39.

И.П. Сухарев (1976), исходя из наблюдений в ЦЧО, делает вывод о том, что на озимых посевах самый высокий коэффициент стока – 0,72, на многолетних травах – 0,60, на стерне – 0,51, на зяби по старой пахоте – 0,40.

Обобщив исследования на каштановых почвах левобережья Нижнего Дона, А.И. Чеботарев и С.И. Харченко (1962) пришли к выводу, что в маловодные и многоводные годы сток с зяби практически не уменьшается по сравнению с озимыми и травами, а в среднем по водности годы уменьшения стока с зяби составляет 25-90 % от стока угодий, не распаханых под зябь.

Безотвальная обработка почвы (по данным института сельского хозяйства ЦЧО им. В.В. Докучаева (1980), уменьшила сток воды по сравнению с отвальной обработкой почвы.

Исследования, проведенные под руководством И.П. Сухарева (1957) в ЦЧО, показали, что безотвальная обработка почвы на глубину 35-40 см снизила величину стока на 15,4 мм, а смыв почвы – на 1,2 т/га по сравнению с обычной зябью.

На увеличение влагозапасов в почве, на уменьшение смыва почвы по безотвальной обработке указывают ряд других авторов (А.И. Бараев и др., 1962; К.И. Карпович, 1975; М.Н. Заславский, 1968; П.К. Иванов, 1952; А.Н. Каштанов, 1974; А.И. Шабаев, 1981, 2003, П.Н. Проездов, 1983, 1999 и др.).

Отмечая гидрологическую и противозерозионную роль поперечной зяблевой обработки почвы, С.С. Соболев (1948, 1961) пришел к выводу, вспашка поперек склона обеспечивает задержание до 100 мм воды сверх того, что просачивается в почвы при продольной вспашке.

Г.П. Сурмач (1976) пришел к выводу, что «вспашка поперек склона на 27-30 см обеспечивает полное задержание талых вод в среднем 7-8 из 10 весен в областях степного Поволжья».

Значительное количество воды в зимний период теряется на сдувание снега с полей. По наблюдениям И.А. Кузника (1962) с зяби сдувается до 30 % и более снега, несколько меньше с озимых.

Н.И. Сус (1949) и С.С. Соболев (1960) определили, что суммарное количество почвенного материала, способного перемещаться водой в естественных условиях, приблизительно пропорционально четвертой степени измерения скорости потока, т.е. при увеличении его скорости в два раза, работа по перемещению почвенного материала увеличивается в 16 раз. Чем круче склон, тем больше скорость потока и тем сильнее эрозия почвы.

М.Н. Багров (1981), рекомендуя для Поволжья объем земляных работ при планировке полей 340-740 м³/га (слой почвы 3,4-7,4 см), отмечает, что для восстановления нарушенного плодородия почвы необходимо внесение увеличенных норм органо-минеральных удобрений и возделывание мелиорирующих культур (люцерны).

О необходимости применения в засушливых регионах мелкой обработки почвы вместо вспашки свидетельствуют труды О.Е. Овсинского (1899), А.Н. Каштанова (1984), Т.С. Мальцева (1999). С.С. Сдобниковым (1994) и Ю.П. Даниленко (2007) выявлена высокая эффективность применения в системе обработки почвы щелей и борозд – влагонакопителей.

В литературе имеется много материалов о роли природных факторов: снегозапасов, увлажнения почвы и глубины ее промерзания, влияющих на формирование стока, интенсивность и продолжительность снеготаяния. Однако они часто рассматриваются каждый в отдельности, без учета их совокупного влияния.

В.В. Демидов (2000) на основании обработки 20-летних данных выявил зависимость стока талых вод от снегозапасов, интенсивности и

продолжительности таяния снега, времени полного оттаивания мерзлого слоя почвы, суммы положительных температур за период стока и коэффициента водопроницаемости. В полученном выражении снегозапасам отводится не значительная роль, и совсем не учитываются такие мощные природные факторы, как увлажнение почвы и глубина ее промерзания.

Г.П. Сурмач, М.М. Ломакин, А.П. Шестакова (1989) разработали формулу по определению коэффициента стока в зависимости от влажности и глубины промерзания почвы, влагозапасов, типа и уплотненности почвы.

Рассмотренные обобщения, анализ зависимости поверхностного стока талых вод от природных факторов и методы его прогнозирования не дают возможности однозначно определить роль того или иного фактора в формировании стока, дать точный его прогноз и выявить пути воздействия на них с целью регулирования эрозионного-гидрологических процессов.

Многолетние исследования ученых ВНИИ агролесомелиорации (г. Волгоград), направленные на изучение закономерностей формирования поверхностного стока с целью его регулирования и разработки мероприятий по борьбе с эрозией почв, позволили Барабанову А.Т. (1993, 2005, 2008, 2011) обобщить и проанализировать связь стока талых вод на агроландшафтах с природными и антропогенными факторами. Барабановым А.Т. обосновывается утверждение, что важнейшими природными факторами стока являются снегозапасы, глубина промерзания и влажность почвы. Интенсивность и продолжительность снеготаяния, а также другие факторы практически не влияют на общую величину стока талых вод за период половодья. Автором утверждается, что за период снеготаяния впитывания талой воды в почву происходит только до 25-30 см, т.е. в процесс водопоглощения вовлечен небольшой слой почвы и его достаточно для оценки влажности как природного фактора стока; вовлечение более глубоких слоев почвы в расчеты приводит к увеличению ошибки прогноза. Барабановым А.Т. сформулирован и апробирован закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод, расширяющий и углубляющий знания об этом

процессе и позволяющий делать высокоточный (до 80-100%) прогноз стока. Суть закона заключается в лимитирующем значении одного из факторов, при некотором значении которого сток не формируется независимо от уровня других. Определены уровни факторов, при которых сток отсутствует, так на юге ЦРНЗ, в ЦЧО, Поволжье при глубине промерзания почвы до 50 см сток талых вод отсутствует при любом уровне снегозапасов и увлажнения почвы. Увеличение глубины промерзания выше лимитирующего уровня практически не влияет на величину стока, решающее влияние в этом случае оказывают влагозапасы в почве и снеге. При увлажнении верхнего слоя почвы до уровня менее 120-130 мм на юге ЦРНЗ и 70-95 мм в Нижнем Поволжье сток не формируется независимо от промерзания почвы и снегозапасов, т.е. лимитирующим фактором является увлажнение почвы.

На основе математического анализа результатов исследований при уровнях снегозапасов, глубины промерзания и увлажнения почвы выше лимитирующих Барабановым А.Т. разработаны модели формирования стока на разных типах почв, видах угодий и пашни, Аналитическая связь этих характеристик выражается уравнениями типа

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2, \quad (2.1)$$

где y – слой стока, мм;

x_1 – запасы воды в почве (в слое 0-50 см), мм;

x_2 – запасы воды в снеге, мм;

a, b_1, b_2 – коэффициенты соответствующие видам угодий и пашни.

П.Н. Проездов (1983, 1999, 2008, 2011) проводил исследования элементов водного баланса и эффективности противоэрозионных мелиоративных мероприятий на малых водосборах Приволжской возвышенности. Он выявил влияние основной обработки почвы и комплекса противоэрозионных мероприятий на элементы водного баланса, эрозию почв, водопотребление, урожай сельскохозяйственных культур, а так же величину эрозии почв в

зависимости от элементов водного баланса, длины, крутизны и экспозиции склонов и агротехнического фона

Исследованиями влияния лесных полос на элементы водного баланса и эрозию почв посвящены работы Д.Л. Арманда (1954, 1958), И.А. Кузника (1962), М.И. Львовича (1963), Г.П. Сурмача (1967, 1971, 1976), И.П. Сухарева (1966, 1976), И.Г. Зыкова (1982), В.М. Ивонина (1983, 1992, 2007), А.Т. Барабанова (1993, 2008), Е.А. Гаршинева (1982, 1999), А.И. Шабаева (1985, 2004), П.Н. Проездова (1999, 2008), Ю.В. Бондаренко (2004) и др.

На основании проведенных исследований для лесостепной и степной зон Европейской территории РСФСР определены системы противозэрозийных мероприятий, основу которых составляют водорегулирующие и прибалочные лесные полосы, совмещенные с простейшими гидротехническими сооружениями.

Основными гидротехническими сооружениями, предназначенными для усиления лесных полос, являются водозадерживающие валы, валы-канавы и др. Вал формируют за четыре прохода плантажного плуга ППУ-50А в агрегате с трактором Т-130 (И.Г. Зыков, В.М. Ивонин, В.К. Духнов, 1985).

Для равномерного распределения снежного покрова, усиления противозэрозийной стойкости почв и увеличения урожая сельскохозяйственных культур в степной зоне на межполосных полях проводят плоскорезную обработку почвы на глубину 28 – 30 см с дифференцированной высотой среза стерни: в шлейфовых зонах лесных полос она может быть обычной (до 10 см); в середине межполосных полей – повышенной (20 – 30 см).

В лесостепной и сухостепной зонах на склоновых полях между лесными полосами проводят мульчирование поверхности зяби соломой вразброс нормой 1 – 3 т/га. При этом также наблюдается дифференциация: увеличение нормы мульчи в середине межполосного поля и уменьшение ее в шлейфовых зонах (И.Г. Зыков, В.М. Ивонин, В.К. Духнов, 1985).

По данным НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева на открытых полях почва промерзает в среднем до 71 см, а на облесенных до 57 см. Поэтому почва в зоне

влияния ЗЛН оттаивает быстрее, больше впитывает влаги. Водопоглощающая способность почвы под влиянием лесных полос в весенний период примерно в 10-12 раз выше, чем на прилегающих участках склонов. Предельное водопоглощение лесных полос на черноземах достигало 300-500 мм, на серых лесных почвах 220-400 мм (Сурмач, 1971). В засушливые годы немаловажен тот фактор, что лесные полосы способствуют преобразованию поверхностного стока во внутрипочвенный, увеличивая влагозапасы почвы и положительно влияя на урожайность сельскохозяйственных культур.

В водорегулирующих и прибалочных лесных полосах необходимо иметь кустарниковый подлесок, высота которого должна быть на уровне земляного вала по нижней опушке насаждения (0,5 – 1 м).

Лесные полосы шириной 6 – 9 м, обвалованные по нижней опушке, на берегах балок крутизной 10 – 12⁰ в Нижнем Поволжье способны достаточно эффективно зарегулировать сток с поля шириной 60 – 90 м и сократить смыв почвы до хозяйственно допустимых величин. В южных районах России полосы из культур белой акации на берегах балок резко снижают смыв почвы после смыкания полога и формирования в насаждениях лесной подстилки, т. е. с 4-летнего возраста. Противозерозионный эффект культур дуба наступает позднее – с 12 – 15 лет. Взрослые насаждения и естественные леса достаточно надежно защищают почву от смыва даже при очень сильных ливнях (И.Г. Зыков, В.М. Ивонин, В.К. Духнов, 1985).

И.П. Сухарев (1966, 1976), обобщая многолетние исследования, отмечает, что «в период весеннего снеготаяния водорегулирующие лесные полосы в возрасте 50 лет поглощают в 10-20 раз больше талой воды, чем полевые участки зяблевой пахоты».

Известен ряд формул, позволяющих математически определить ширину лесной полосы (иногда совмещенной с простейшими гидротехническими сооружениями), расстояний между лесными полосами (А.Н. Костяков, 1960; Д.Л.

Арманд, 1961; Е.А. Гаршинев, 1999; В.М. Ивонин, 1983; И.А. Кузник, 1970; Г.П. Сурмач, 1971, 1976; П.Н. Проездов, 1999, 2008, 2011).

В лесостепной зоне лесные полосы аккумулируют до 400-500 мм воды, уменьшают непродуктивное испарение на 10-15 % (М.И. Львович, 1963). И.П. Сухарев (1966), обобщая многолетние исследования, отмечает, что «в период весеннего снеготаяния водорегулирующие лесные полосы в возрасте 50 лет поглощают в 10-12 раз больше талой воды, чем полевые участки зяблевой пахоты». Им установлено, что потоки талой воды, прошедшие в лесную полосу на 10 м, полностью очищаются от частиц почвы.

Поверхностный сток составляет на луговом склоне и в поле 91-93% от общего количества воды, выпавшей в виде осадков, а на лесном – 1-4% (Костюкетиц, 1949; Дубах, 1951).

За годы исследований (1964-1970) на черноземах Самарского Заволжья Г.П. Сурмач (1971) установил, что лесные полосы с применением простейших гидротехнических сооружений увеличивают водопоглощение в среднем на 42% по сравнению с лесными полосами без гидротехнических сооружений, соответственно уменьшая смыв почвы в 1,4-2,6 раза.

Высоким противоэрозионными мелиоративным эффектом обладают насаждения и естественные балочные леса в хорошем состоянии – сомкнутые, кустарниковым подлеском и равномерной лесной подстилкой.

Снежный покров на полях в системе лесных полос имеет меньшую объемную массу (на 7-12%) и теплопроводность. С учетом повышенной толщины снежного покрова большей его рыхлости на межполосных полях промерзание почвы значительно ниже. Особенно заметно утепляющее влияние снежного покрова в начале зимы.

Водопроницаемость талых вод в период стока в лесополосах и под мощными сугробами снега составляет 0,05 – 0,2 мм/мин. За счет высокой водопроницаемости почв по лесополосам, а также благодаря более продолжительному периоду впитывания суммарное водопоглощение стока здесь

достигает 50 – 80% от его общего объема, хотя лесополосы занимают всего 5 – 10% площади береговых балок (И.Г. Зыков, В.М. Ивонин, В.К. Духнов, 1985).

Лесные насаждения, создаваемые преимущественно на смытых почвах, обогащают их питательными веществами, улучшают их сложение, повышают порозность и инфильтрационную способность. В период весеннего снеготаяния в зоне защитного влияния балочных и прибалочных лесных насаждений уменьшение смыва почвы обеспечивает большую мощность гумусового горизонта по сравнению с необлесенными участками.

Увеличение гумуса в почве улучшает ее агрегатный состав: количество водопрочных агрегатов под лесными полосами возрастает в 2-4 раза, в зависимости от типа почвы и степени ее смывости. По данным П.Е. Соловьева (1967), количество водопрочных агрегатов составило 16,2% на пашне и 66,2% в лесной полосе за счет уменьшения распыленных частиц с 83,8 до 33,8 %.

Делались многочисленные попытки найти какой-либо простой лабораторный метод определения противозерозионной устойчивости почв. Прежде всего пытались связать эродируемость почв с их механическим составом, исходя из того, что чем меньше частицы, тем они легче переносятся водой. Отсюда, казалось бы глинистые почвы должны наиболее легко эродироваться. Однако, по А.Н.Костякову, критическая скорость размыва для тонкого чистого песка составляет 0,25-0,55 м/с, а для легкого по механическому составу лесса – 0,35-0,70 м/с. Наблюдения показывают, что чем тяжелее механический состав почвы, тем обычно, ниже ее эродируемость, меньше снижается после распашки водопрочность ее структуры, и она легче восстанавливается под влиянием соответствующих мероприятий.

По Р.В. Вильямсу (1935), содержание почвенных частиц диаметром, меньше 0,25 мм, в количестве, большим или равном 25%, переводит почву в разряд бесструктурных.

Еще в 1931 году известный почвовед Н.А. Качинский (1947, 1949, 1951) писал, что «только в структурной почве и почве с благоприятными физическими

свойствами химические, физико-химические и биохимические процессы протекают в оптимальной форме и позволяют получать высокий урожай возделываемых растений».

П.А. Костычев (1893) и В.Р. Вильямс (1936) указали, что особо важное агротехническое значение имеют такие структурные отдельности, которые являются устойчивыми для размывающего действия воды.

К агрономически ценным агрегатам принято относить водопрочные агрегаты крупнее 0,25 мм, но не больше 10 мм, которые улучшают водный режим почвы.

Почвоулучшающая роль растительности по мере продвижения от лесной зоны к степной возрастает. В степной зоне особенно заметно повышение плодородия почвы под защитными полосами (В.М. Кретинин, 1998).

Защитные лесные насаждения за счет накопления дополнительной влаги и процессов вымывания освобождают почву от вредных солей. По данным В.М. Кретинина (1986, 1998, 2001), влияние 30-летней дубовой лесной полосы на рассоление почв распространилось на расстояние 95 м на каштановой почве, на солонцах – до 50 м. Общий вынос солей из двухметрового слоя светло-каштановой почвы составил 178,6 т/га, на солонцах 113,5 т/га.

Ю.В. Бондаренко (1998, 1999, 2002), изучая роль агролесомелиорации на эродированных склонах гидрографической сети Саратовского Правобережья отмечает, что агролесомелиорация способствует оптимизации лесоаграрных ландшафтов, снижению поверхностного стока и эрозии почв до величин естественных ландшафтов, повышению почвенного плодородия. Среднемноголетняя скорость почвообразования хрящевато-щебенчатых южных черноземов составила на водоразделе (вне зоны влияния лесных полос) 0,45 мм, в межполосном пространстве присетевого фонда 2,5 мм и в лесных полосах 2,5-4,0 мм.

Влияние агротехнических мероприятий на сток в Поволжье одними из первых пытались изучить Б.В. Поляков (1937) и И.А. Кузник (1937). В 1950 г. под

руководством И.А. Кузника было организовано 5 станций для изучения влияния агротехнических мероприятий на сток и эрозию почв в Поволжье.

В результате исследований за период 1964-1976 гг. на черноземах Самарского Заволжья Г.П. Сурмач (1976) установил, что величина водопоглощения в лесных полосах с применением простейших гидротехнических сооружений (обвалования) в среднем на 42% больше, чем в лесных полосах без обвалования, соответственно, смыв уменьшается в 1,4-2,6 раза.

В.М. Ивонин (1992, 1995, 2009) обосновал концепцию противоэрозионной инженерно-биологической системы (ПИБС) водосбора определенного состава, структуры и внутренней организации. Он также сформулировал принцип функционирования таких систем и экспериментально подтвердил впервые выдвинутую гипотезу о связи углов стоковой нагрузки лесных полос с протяженностью достоверных зон их мелиоративного влияния. Рост и развитие ЗЛН можно рассматривать как процесс адаптации системы к условиям среды. Поэтому в ЗЛН заложены свойства дуализма, позволяющие системе в процессе самоорганизации адаптироваться к условиям окружающей среды и адаптировать эти условия. Кроме того, ЗЛН обладают свойством одновременного обеспечения стабильности и эволюции ПИБС.

Освоение склоновых земель – наиболее сложная и малоизученная проблема: сложный рельеф и малопродуктивные почвы не позволяют эффективно использовать овражно-балочные земли. Комплексное освоение овражно - балочной сети, согласно исследованиям Поволжской АГЛЮС, включает в себя создание искусственных лесных насаждений на менее пригодных землях (20-30% площади), коренное и поверхностное улучшение склоновых угодий на 60-70%, устройство водозадерживающих валов и противоэрозионных прудов на 4-5%. По данным Кузнецова А.П. (1978), Г.И. Зыкова (2011) глубина промерзания почвогрунта в лесных насаждениях при мощности снега 60-70 см составляет 10-35 см, при высоте снега более 90 см почва, как правило, талая; на открытых склонах при его толщине 12-36 см глубина промерзания 60-125, в морозные,

малоснежные зимы – более 150 см. Урожай естественных трав в зоне влияния лесных полос в 1,5-2 раза выше, чем на склонах вне зоны. Склоновые земли, как правило, бедны питательными веществами, в первую очередь – азотом. Внесение азотных и фосфорных удобрений в дозе 60-180 и 60-120 кг/га д.в. соответственно, дает прибавку урожайности многолетних трав до 80% под покровом лесных полос.

Обвалование лесных полос, устройство в них в них валов-каналов, создание валов-террас на поле в межполосном пространстве снижает скорость потока воды, сокращает его объем. Даже при расчлененном рельефе, когда сток поступает под полог лесной полосы в концентрированном виде по ложбинам, отмечается его сокращение на 36-42% (Шабаетов А.И., 2005). Исследования показали, что при глубоком залегании водоупора или при его отсутствии валы-каналы на склонах успешно регулируют сток, но когда дно и откосы каналов промерзают во влажном состоянии, их водорегулирующая способность снижается. Заполнение каналов соломой и шлаком наиболее заметно повышает их водорегулирующую роль (И.Г. Зыков, 1985).

Специальные агротехнические приемы на склоновых землях обусловлены, с одной стороны, требованиями охраны почв в первые годы, когда лесные насаждения еще не достигли проектной эффективности; с другой – необходимостью усиления эксплуатационной надежности инженерно-биологических объектов и повышения продуктивности почв склонов.

Длительное использование многолетних трав на склоновых землях приводит к уплотнению, вызывая увеличение стока талых и дождевых вод. Щелевание в комплексе с лесомелиоративными мероприятиями и минеральными удобрениями является эффективным средством накопления и сохранения влаги в почве, повышения урожайности многолетних трав. Прибавка урожая от щелевания в зоне влияния лесных полос составляет 54-92%, а вне зоны влияния – только 30-45%.

Несмотря на некоторое уменьшение в последние годы активности эрозионных процессов при весеннем снеготаянии, по сумме наносимого ущерба и территориальному обхвату в Поволжье, она преобладает над ливневой эрозией. Наступление маловодного цикла по стоку талых вод связано с современными тенденциями глобального потепления климата (Левицкая Н.Г., 2000), что в целом способствовало улучшению условий поглощения талых вод почвой. При эффективном регулировании стока талых и ливневых вод возможно защитить эрозионно-опасные склоновые агроландшафты от эрозии, сохранить их плодородие почв, улучшить влагообеспеченность и повысить продуктивность культурных агроценозов. В зависимости от типа агроландшафта (выделено 8 основных типа с учетом рельефа, крутизны склона, категории земель и степени проявления эрозии) предлагается применение дифференцированных экологических и агролесомелиоративных мероприятий (Шабаев А.И., 2005, П.Н. Проездов, 2012).

По мнению В.И. Кирюшина (1996), проблема классификации агроландшафтов разработана крайне слабо и ее целесообразно строить, исходя от природных ландшафтов, вводя в соответствующие таксоны изменения, отвечающие глубине трансформации природного ландшафта.

В целом, в настоящее время большая часть пастбищных экосистем серьезно нарушены (Шамсутдинов Н.З., 2008). Многие ценные в кормовом отношении виды растений находятся на грани исчезновения. Некогда флористически и цинотически полноценные растительные сообщества превратились в неполночленные, биологически обедненные. Почвы сильно истощены эрозией и засолением, что приводит к снижению биоразнообразия и продуктивности природных пастбищных экосистем. Такое неудовлетворительное состояние пастбищ обуславливает необходимость разработки методов их ускоренной фитомелиорации и повышения продуктивности.

В.И. Пановым (2011) предлагается новое направление в эрозиоведении – синергетическое эрозиоландшафтоведение, рассматривающее процессы эрозии с

позиций синергетики, открывающее перспективные возможности к установлению сути эрозии и пути успешного ее решения при аграрном природопользовании и земледелии. Синергетическое эрозиоландшафтоведение является продолжением докучаевского ландшафтного принципа в географии, земледелии, эрозиоведении, землеустройстве, у истоков которого стоят В.В.Докучаев, В.И.Вернадский, А.С. Козьменко, В.Н. Сукачев, Г.Н. Высоцкий, М.Н. Заславский, Г.И. Швебс, Г.П. Сурмач и другие.

Наибольший гидрологический и противоэрозионный эффект дает применение комплексов противоэрозионных мероприятий. В Поволжье такие комплексы выполнены в опытно-производственном хозяйстве ГНУ «НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии» «Елизаветинское» Саратовской области, в СПК «Новоникулинский» Ульяновской области, на опытных станциях ВНИИ Агролесомелиорации, (Поволжской АГЛОС Самарской области, Клетском и Качалинском опорных пунктах Волгоградской области, Новосильской АГЛОС Орловской области) и др.

СПК «Новоникулинский» Ульяновской области расположен на Приволжской возвышенности. Около 60 % пашни сельскохозяйственного предприятия находится на эрозионно-опасных землях. Агротехнические мероприятия снизили сток талых вод на 50-88 %, смыв почвы – на 40 %. Сильноэродированные земли на площади 392 га залужены многолетними травами, проведено коренное улучшение суходольных пастбищ на площади 208 га. Укреплены все вершины действующих оврагов. Создано 391 га лесных полос, которые обеспечивают прибавку урожая зерновых культур 1,8-3,2 ц/га. Предприятие получает дополнительно более 30 тыс. ц зерна и другой продукции (К.И. Карпович, 1999).

Исследованиями водного баланса и эрозионных процессов, а так же воздействие на них хозяйственного механизма занимались многие естествоиспытатели за рубежом. В нашей стране переведен ряд крупных

монографий и работ: Х.Х. Беннетт (1958), М. Гудзон (1974), Д. Китридж (1951), Г. Конке и А. Бертран (1962), Р.Е. Хортон (1948), Дж. К. Родда (1980) и др.

Особо следует отметить роль лесной подстилки, полностью поглощающей живую силу дождевых капель и резко снижающей скорость текучей воды. На площадях с хорошо развитым растительным покровом, особенно лесным, эрозии почти не наблюдается. По расчетам американского исследователя Беннета, даже при таких больших уклонах как $0,1 - 0,12^0$ под травянистой растительностью на смыв 1 см почвы требуется от 1000 до 10 000 лет, а под лесом - от 1600 до 30 000 лет. Такая весьма медленная эрозия, идущая под естественным ненарушенным растительным покровом (денудация), способствует медленному, постепенному омоложению почвенного покрова.

Известна в методическом плане работа Г.И. Фидлера «Методы почвенного анализа» (1973), где приводятся методы полевых исследований влагозапасов почвы, элементов водного баланса, эрозии почв.

В докладе ЮНЕСКО (1972) отмечалось, что в некоторых районах США использование пастбищ не разрешалось в 1955-1961 гг., в результате чего поверхностный сток уменьшился на 20%, а количество наносов в реках сократилось на 18-24 % в связи с уменьшением эрозии.

Экспериментами в Швейцарских и Баварских Альпах (1969) установлено, что на инфильтрацию на пастбищах требуется времени 276-1080 раз больше, чем на тот же процесс там, где нет выпаса скота.

Исследованиями Р. Келлера (1971) установлено, что на четвертой части поверхности суши водный баланс находится под влиянием деятельности человека, а сельское хозяйство влияет на гидрологические и эрозионные процессы более глубоко, чем какой-либо другой вид хозяйственной деятельности. Им же отмечено, что сток с континентов в океаны уменьшился примерно на 10 % при почти постоянных осадках и увеличении испарения.

На основе отечественного и зарубежного опыта разработаны зональные комплексы организационно-хозяйственных, агро-, хемо-, луго-, лесо-,

гидромелиоративных противозерозионных мероприятий по использованию склоновых земель. В результате работ ученых и специалистов по эрозии почвы дана количественная оценка выноса продуктов эрозии в зависимости от величины уклона склонов, почвенного покрова, разработаны рекомендации по защите почв от стока и эрозии для регионов страны, в первую очередь направленные на рекультивацию уже деградированных земель.

В конце 50-х годов И.С. Хантимером (1957) была предложена идея создания многолетних агроценозов (сеяных лугов) с использованием местных популяций многолетних трав, подтверждающая сохранность высокой продуктивности сеянных травостоев без пересева трав при соблюдении правильной технологии. Опыт создания сеяных лугов и результаты предидущих комплексных исследований позволили разработать комплекс приемов восстановления разрушенных техногенными воздействиями территорий, с учетом специфических климатических условий, и особенностей строения экосистем.

Выбор подходящих приемов восстановления должен иметь дифференцированный подход, предусматривающий для каждого отдельного случая индивидуальные решения о направлении и очередности рекультивации, сочетании ее видов и технологии работ. Изыскиваются возможности упрощения и удешевления всех видов работ по рекультивации, повышения надежности, ее экономической и социальной эффективности. Однако восстановление нарушенных территорий только инженерно-техническими мероприятиями, требующими меньших затрат и времени, совершенно недопустима. Необходимо проведение биологической рекультивации, которая представляет собой сложный вид хозяйственной деятельности, опирающийся на социально-экономическую опору, то есть, с участием человека в преобразовании природной среды.

Исследования и методология биологической рекультивации имеют давние разработки как в России, так и за рубежом (Эскин, 1975; Моторина, 1975; Сулин, Зубченко, 1975; Научно-технические проблемы..., 1977; Баранник, 1978;

Колесников, Моторина, 1979; Горлов, 1981; Экологические аспекты..., 1984; Переверзев, Подлесная, 1986; Поляков и др., 1987; Кандрашин и др., 1992).

Традиционные приемы отвальной обработки почвы и посева на склоновых землях усиливают эрозионные процессы, снижая плодородие почвы и урожайность возделываемых культур. Ежегодные потери от эрозионных процессов составляют 14–16 т твердой массы с одного гектара пашни (по данным Белорусского института почвоведения и агрохимии, В.П. Валько). Вместе с почвой утрачивается до 150–200 кг гумусовых веществ, до 10 кг азота, 6 кг фосфора, калия, 5–6 кг кальция и магния, что в свою очередь сказывается на урожайности возделываемых культур: на склоновых землях она на 15–20% ниже, чем на обычных. Потери плодородия и урожая на склоновых землях в первую очередь объясняются применением на них агротехники равнинных территорий. Исследования, проведенные в 70–80-х годах белорусскими институтами ЦНИИМЭСХ и БелНИИПА, показали, что, применяя специальные почвозащитные севообороты и агротехнические приемы, можно остановить эрозионные процессы, потери питательных веществ и урожайности на этих землях.

Эффективность такого противоэрозионного приема, как щелевание поперек склона, достаточно серьезно изучена в ГНУ Воронежский НИИСХ Россельхозакадемии. По данным исследований, благодаря щелеванию почвы, запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы возрастали до 30 мм. К щелеванию многолетних трав требуется подходить дифференцированно, учитывая крутизну склонов. На склоновых землях уклоном до 3° рекомендуется расстояние между щелями 12–15 м, до 5° – 10 м и свыше 5° – 3–5 м.

Наиболее распространена литература по самому универсальному методу рекультивации – методу залужения, т.е. искусственного создания многолетних продуктивных травянистых сообществ. Но работ, где бы анализировались длительные изменения (многолетние наблюдения) состава искусственного растительного сообществ пока еще нет.

Для защиты от эрозионных процессов НПО Эколандшафт предлагает использовать метод Эколандшафт, представляющий собой совокупность различных технологий и методов, применяемых как по отдельности, так и комплексно. Среди них особенно выделяются сооружения габионных конструкций, проведение экстремального озеленения, а также применение покрытий из биоматов и биотекстилей (НПО Эколандшафт, 1998).

Для защиты склонов также используются габионные конструкции, входящие в метод Эколандшафт. Они отличаются прекрасными строительными качествами, высокой экологичностью и внешней привлекательностью, а также относительной простотой возведения и экономичностью. Применение габионных конструкций, обеспечивающих наиболее надежную и долговременную защиту склонов от эрозии, практикуется в случае высокой интенсивности этого процесса, не позволяющей применить менее дорогостоящие методы инженерно-биологической защиты (НПО Эколандшафт, 1998). Основанием для использования габионного метода в целях защиты склонов могут быть: значительная крутизна склона; неблагоприятный состав и свойства грунтов склона; специфические природно-климатические и техногенные факторы; развитие, наряду с эрозией, таких процессов как суффозия, оползание, обрушение; наличие в пределах защищаемого склона достаточно крупных растущих оврагов; выход на поверхность грунтовых вод и т.д.

Продукт технологии - прочное эластичное покрытие из субстрата и полимера, получаемое при нанесении водных полимерных эмульсий на поверхность нарушенных земель. Технология обеспечивает восстановление почвенно-растительного покрова без нанесения плодородного слоя с посевом многолетних трав на фоне комплексного минерального удобрения.

Происхождение и размер поверхностного стока зависят от интенсивности снеготаяния или дождей и инфильтрационной способности почв. Почвы трансформируют явления метеорологические в процессы и явления гидрологические (М.И. Львович, 1963, 1974).

Поверхностный сток принадлежит к числу элементов водного баланса, подвергаемому наиболее существенным преобразованиям в результате хозяйственной деятельности.

Рационализация хозяйственной деятельности приводит к уменьшению стока, а следовательно, и к уменьшению потерь почвы, что важно для повышения плодородия и увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур.

На черноземах степи Приволжской возвышенности наблюдения по воздействию антропогенного фактора на водный баланс и эрозию почв проводятся с начала 60-х годов и по настоящее время. Поэтому появилась необходимость обобщить накопленные многолетние исследования, дать рекомендации для проектирования и внедрения агролесомелиоративных противоэрозионных мероприятий в производство.

2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты исследования

Объектом наблюдений и исследований являются агролесоландшафты кафедры «Лесное хозяйство и лесомелиорация» СГАУ им Н.И. Вавилова в СПК «Лесной» Татищевского района Саратовской области с системами противоэрозионных мелиораций, основу которых составляют лесные полосы, усиленные в верхней опушке валами-канавами в нижней опушке, устроенные плантажным плугом ППН-50 с трактором ДТ-75.

В 60-70-х гг. прошлого столетия на территории Приволжской возвышенности для борьбы с эрозией и заилением рек были созданы системы противоэрозионных мелиораций (ПЭМ): защитные лесные насаждения (ЗЛН) и гидротехнические сооружения (ГТС - водозадерживающие валы, противоэрозионные пруды, быстротоки и др.), часть из которых построены и исследованы И.А. Кузником (1970), П.Н. Проездовым (1992, 1999, 2008).

Агролесопастбищный ландшафт с системой ПЭМ создан на склоне юго-западной экспозиции в основном в 1984 г. и включает: три лесные полосы плотной конструкции с валами-канавами по нижней опушке (рисунки 2.1 и 2.2).

Главная порода лесных полос – дуб черешчатый, сопутствующие – клен остролистный, ясень ланцетный, яблоня лесная, кустарники – смородина золотистая и лох узколистный; размещение 3х0,8 м, расстояние между полосами 250-300 м. Лесная полоса (ЛП) №1 шириной 57 м, площадью 0,114 га располагается в приводораздельном фонде с крутизной склона 5⁰. ЛП №2,

шириной 63 м площадью 0,126 га – в присетевом фонде с уклоном 8° , обе созданы в 1984 году. Приовражная лесная полоса ПрЛП №3, шириной 36 м, площадью 0,144 га располагается в гидрографическом фонде с крутизной склона 3° , посажена в 1967 году, плотной конструкции, главная порода дуб черешчатый, сопутствующие – ясень ланцетный и яблоня лесная, в опушечных рядах лесных полос кустарники – лох узколистный и смородина золотистая (размещение 2x1,0). Классификация земельных фондов дана согласно А.С. Козменко (1954,1963).



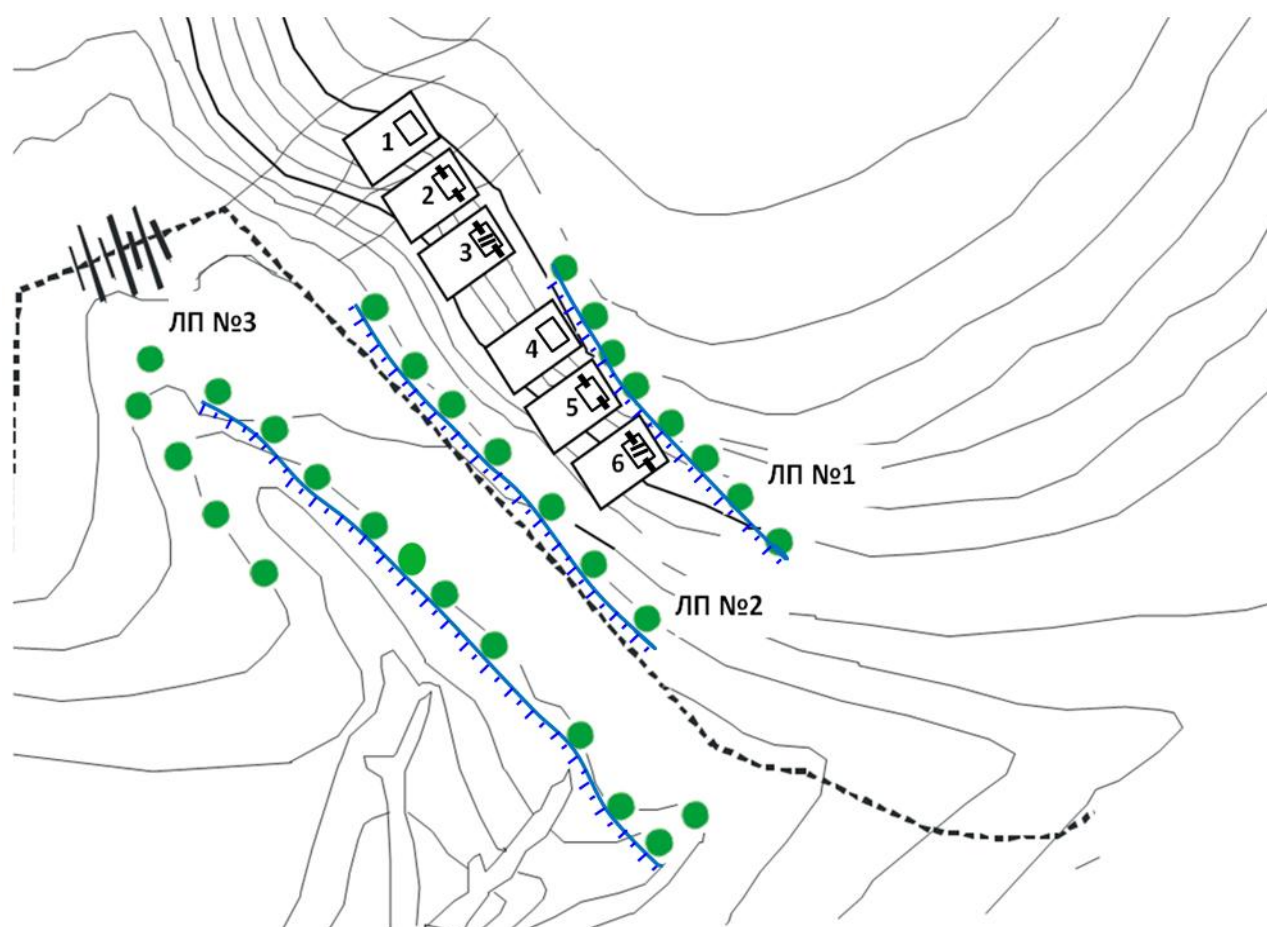
Рисунок 2.1 – Карта изучаемых агролесоландшафтов в СПК «Лесной» Татищевского района Саратовской области

Территория хозяйства расчленена множеством разветвленных оврагов на мелкие водоразделы второго и третьего порядка. Вверху водоразделы имеют вид слабоволнистых плато, с малочисленными всхолмлениями. Склоны различной крутизны и экспозиции: в верхней части они слабопологие ($0,5-1^{\circ}$) или пологие ($1-2^{\circ}$), в средней и нижней – пологие ($2-3^{\circ}$), покатые и сильно покатые ($3-5^{\circ}$), рассеченные промоинами.

Значительный уклон местности, расчлененность овражно-балочной сетью волнистый характер рельефа, - все эти условия способствуют развитию эрозионных процессов на данном участке. Эрозия почв проявляется как в плоскостной форме – смыве поверхностного слоя, так и в линейной – образование и углубление ложбин, промоин, росте оврагов. Наибольшему разрушению подвержены склоны юго-восточной и южной экспозиции.

Для установления влияния агро- и лесомелиоративных приемов на инфильтрацию, элементы водного баланса и эрозию пастбищ испытывались варианты опыта (рисунок 2.2): 1. Контроль; 2. Щелевание (Щ); 3. Щелевание + вертикальное мульчирование щелей соломой в дозе 5 т/га (Щмчв-5); 4. Лесные полосы (ЛП); 5. ЛП + Щ; 6. ЛП + Щмчв-5. Три первых варианта располагались вне зоны влияния лесных полос. Проективное покрытие пастбищ на 1-3 вариантах составляло 50-60%, 4-6 – более 80%. Урожайность трав пастбищ определялась одним укосом примерно в конце июня с учетом фиксированного влияния снега и стока на влагозапасы в почве. Щели глубиной 0,3 м нарезались ЩН-2-140 через 1,4 м, заполнялись сечкой соломы длиной 0,15 м в щель на 0,10 м в дозе 5 т/га вручную с целью защиты от заиления и льдистости.

Для установления влияния агро- и лесомелиоративных приемов на инфильтрацию, элементы водного баланса и эрозию пастбищ испытывались варианты опыта (рисунок 2.2): 1. Контроль; 2. Щелевание (Щ); 3. Щелевание + вертикальное мульчирование щелей соломой в дозе 5 т/га (Щмчв-5); 4. Лесные полосы (ЛП); 5. ЛП + Щ; 6. ЛП + Щмчв-5. Три первых варианта располагались вне зоны влияния лесных полос. Проективное покрытие пастбищ на 1-3 вариантах составляло 50-60%, 4-6 – более 80%. Урожайность трав пастбищ определялась одним укосом примерно в конце июня с учетом фиксированного влияния снега и стока на влагозапасы в почве. Щели глубиной 0,3 м нарезались щелевателем ЩН-2-140 через 1,4 м, заполнялись сечкой соломы длиной 0,15 м в щель на 0,10 м в дозе 5 т/га вручную с целью защиты от заиления и льдистости.



- стоковые площадки по вариантам опыта: 1. Контроль; 2. Щелевание (Щ); 3. Щелевание + вертикальное мульчирование щелей соломой, 5 т/га (Щ_{мчв-5}); 4. Лесные полосы (ЛП); 5. ЛП+Щ; 6. ЛП + Щ_{мчв-5}.
- лесные полосы №№ 1,2,3 с валами-канавами
- рамки внутри стоковых площадок для инфильтрации: контроль; Щ; Щ_{мчв-5}

Рисунок 2.2 - Схема опытов в СПК «Лесной» Татищевского района Саратовской области

Лесные массивы, лесные полосы усиленные валами-канавами составляют экологический каркас или противоэрозионные рубежи систем ПЭМ с включением следующих элементов [2,151]:

Система ПЭМ, созданная под руководством П.Н. Проезда, с 1984 г. включает следующие элементы:

- организацию территории на контурной ландшафтной основе;

- в присетевом фонде засыпку склоновых оврагов треугольного сечения глубиной до 4 м, шириной по верху до 8 м и объемом грунта до 16 м³ на 1 м с планировкой и сохранением плодородного слоя почвы;
- внесение навоза 20 т/га + N₆₀P₃₀K₃₀;
- посадку трех лесных полос (1967 и 1984 годов посадки) плотной конструкции.

2.2 Условия проведения исследований

Агролесоландшафт кафедры «Лесное хозяйство и лесомелиорация» СГАУ им Н.И. Вавилова в СПК «Лесной» Татищевского района Саратовской области расположен в центральной части Приволжской возвышенности на степных эродированных склонах.

Саратовская область, расположенная на юго-востоке европейской территории России, один из регионов Евразии, в пределах которого наблюдаются крупные погодно-климатические контрасты. Это связано с ее географическим положением, свободным доступом на территорию региона воздушных масс с разными физическими свойствами, усиливающими их термическую и динамическую неустойчивость, которая отражается на погодных условиях области [158]. Почвенно-климатические условия области обладают четко выраженной природной зональностью и определяются следующими условиями почвообразования: климатом, почвообразующими породами, рельефом и растительностью.

Региональные особенности климата степной зоны Приволжской возвышенности, на которой располагается территория СПК «Лесной», заключаются в его засушливости, высокой степени континентальности, большой

изменчивости погодных условий, особенно температуры и осадков по годам, с холодной, продолжительной зимой и теплым, часто жарким и сухим летом. Вегетационный период составляет в среднем 155 дней. Средняя температура воздуха, по данным многолетних наблюдений, составляет $+4,9^{\circ}\text{C}$. Самый холодный месяц — январь со средней температурой $-11,9^{\circ}\text{C}$ (амплитуда $34,6$). Самый тёплый месяц — июль, его среднесуточная температура $+21,3^{\circ}\text{C}$ (амплитуда $32,9^{\circ}$). Основные гидрометеорологические элементы приведены на рисунке 2.3.

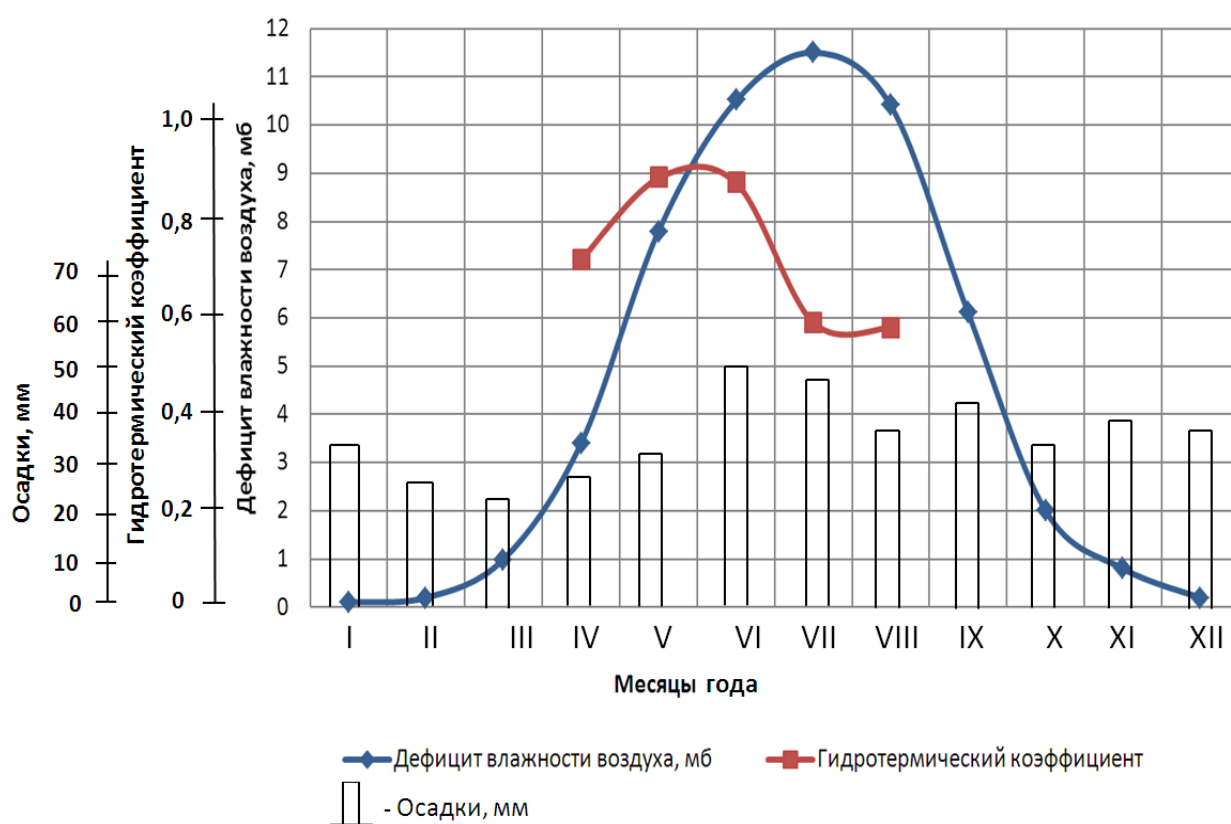


Рисунок 2.3 - Норма осадков, дефицит влажности воздуха и гидротермический коэффициент («Октябрьский Городок» Татищевского района)

На водную эрозию почвогрунтов прежде всего влияет количество осадков. По данным метеостанции «Октябрьский городок» среднегодовая сумма осадков составляет 424 мм с амплитудой колебания 250-668 мм. Меньше всего осадков выпадает с декабря по апрель (112 мм), а основная масса выпадает в июне-июле в виде ливней (87 мм). В теплый период (апрель-октябрь) количество осадков изменяется в пределах 200-350 мм (приложение 1). В розе ветров в целом

преобладают западные и северо-западные направления, приносящие осадки, суховейные ветры – южного и юго-восточного направления (см. рисунок 2.4). Среднее число дней в году с метелями составляет 29 дней, а с суховеями 19.

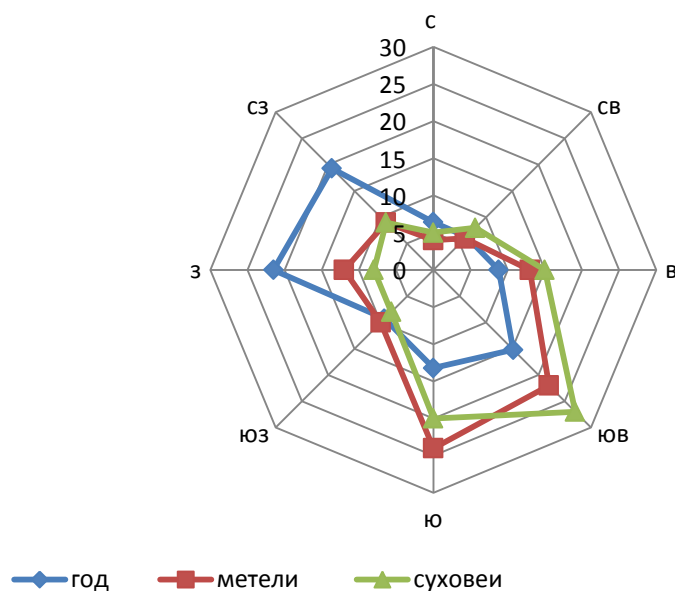


Рисунок 2.4 - Роза ветров (Октябрьский городок) Татищевского района Саратовской области

Образование устойчивого снежного покрова наблюдается к концу ноября – началу декабря и лежит он до первой декады апреля, что составляет период в 120-127 дней.

Осадки за период декабрь-март составляют около 90 мм, что соответствует 20% годовой нормы, среднегодовой запас воды в снеге весной - 80 мм. Высота снежного покрова по средним многолетним данным составляет: в декабре – 38 мм, в январе – 52 мм, в феврале- 67, в марте – 57 мм. Средне - многолетняя дата начала снеготаяния 15 марта, окончания – 5 апреля. В зависимости от погодных условий продолжительность снеготаяния составляет 15 - 30 дней, при средней интенсивности снеготаяния 4,5 мм/сутки. Общий сток – 65 мм, коэффициент стока – 0,23. Осадки в летние месяцы (июнь-август) часто носят ливневый характер со средним максимумом интенсивности 1,6 мм/мин.

Данные по осадкам, дефиците влажности воздуха и гидротермическом коэффициенте (ГТК) для метеостанции «Октябрьский Городок» Саратовской

области приводится на рисунке 2.3. За вегетационный период выпадает около 70% годовой нормы осадков, на который также приходится и основной дефицит влажности воздуха. В отдельные годы наблюдаются значительные отклонения от средних показателей. Значения гидротермического коэффициента варьируют от 0,6 до 0,9, что по Г.Т. Селянинову (1962) указывает на недостаток влаги.

На гидрологические и эрозионные процессы в степи Приволжской возвышенности оказывает влияние ливнево-снежный тип климата с незначительным преобладанием снеготаяния при заметной роли ливней [15, 98,118,177,207].

Таким образом, климатические факторы часто отрицательно влияют на почву и растительность, способствуя усилению эрозионных процессов: ливневый характер осадков; быстрое таяние снега и бурный сток воды; недостаточное количество осадков, и периодически повторяющиеся засухи.

В целом, климат достаточно благоприятен для произрастания трав пастбищных угодий и древесных пород: дуб, ясень ланцетный, клен остролистный, яблоня лесная и др. Это подтверждается относительно высоким бонитетом основных лесообразующих пород, обладающих высокой энергией роста.

Основные почвообразующие породы Приволжской возвышенности (верхнемеловые, нижнемеловые, юрские, акчагыльские коренные) представлены мелом, мергелем, опокой, песками, суглинками [180]. Большую часть территории бассейна р. Старый Курдюм занимают верхнемеловые (преимущественно опоки) и нижнемеловые породы (глинистые и песчаные). Меньшую часть этого же бассейна покрывают Юрские породы (тяжелые серовато-бурые глины). Пойменные террасы р. Курдюм и ее притоков сложенные современным аллювием коренных пород, представлены щебнем опоки, глины и песка.

Породы сызранского, саратовского и акчагыльского ярусов третичного времени выходят на дневную поверхность. В основном они представлены опоками, глинами и суглинками, песчаниками, мергелями и мелом [181].

Водораздельные участки, склоны оврагов и балок сложены серыми и синевато-серыми опоками представленными отложениями третичной системы нижнесызранского яруса, которые являются эрозионно неустойчивыми. Территория хозяйства повержена значительной эрозионной деятельности, что приводит к нарушению больших площадей сельскохозяйственных угодий (глубина базиса эрозии до 200 м). Наименее устойчивы к эрозии делювиальные суглинки четвертичных отложений, покрывающие днища и склоны балок.

В значительной степени интенсивность развития эрозионных процессов определяется литологическим составом коренных пород различных геологических отложений. К особо неустойчивым грунтам относятся различные опоки представленные отложениями сызранского яруса третичной системы, и делювиальные суглинки четвертичных отложений. Поэтому при решении агропроизводственных и водохозяйственных задач, литологический состав подстилающих коренных почвообразующих пород требуется учитывать наряду с такими показателями как рельефные, климатические, агропочвенные условия местности.

Разнообразие рельефа и почвообразующих пород в хозяйствах обуславливает пестроту почв (от обыкновенных и южных черноземов до каменисто-щебенчатых с неполным профилем черноземов и солонцов).

На территории опытного участка преобладает степная растительность, которая образует сплошной травянистый покров. Растительный покров представлен травянистой, вегетирующей в летнее время растительностью. Основной фон создают злаки - ковыль узколистный (*Stipa stenophylla*), типчак (*Festuca sulcata*), тонконог (*Koeleria gracilis*), к которым примешиваются многочисленные виды разнотравья (приложение 2).

Занимая преобладающую площадь (95%), самыми распространенным типом почв района исследований является чернозем. Обыкновенные и южные черноземы образовались в результате дернового процесса, протекающего под воздействием травянистой растительности луговых степей. Они имеют довольно

большое количество гумусовых соединений с характерными признаками черноземного типа почвообразования. Отличаются несколько укороченным почвенным профилем, выделением карбонатов и повышенным вскипанием.

В зависимости от характера рельефу и почвообразующих пород черноземы обыкновенные и южные различаются по мощности гумусового горизонта, содержанию гумуса, степени смывтости, механическому составу, щебенчатости.

Почва опытного участка - чернозем южный неполноразвитый щебенчатый среднесуглинистый среднесмытый на опоке. Мощность почвенных горизонтов $A+B < 0,5$ м с содержанием гумуса 2,9-3,8%. Крутизна склона южной экспозиции 5^0 . Глубина залегания грунтовых вод варьирует от 3 до 15-20 м с общей минерализацией до 1,2 г/л.

Земли приводораздельного фонда характеризуются слабой смывтостью и используются в полевых севооборотах, средне- и сильносмывтые и размывтые земли присетевого фонда (часто после предварительной рекультивации) используются в почвозащитном севообороте, берега и днища гидрографической сети – как пастбищные угодья и частично под лесом. Опытные участки расположены в присетевом земельном фонде с крутизной склона 5^0 (согласно классификации А.С. Козменко, 1963).

Значения основных почвенно-гидрологических констант (максимальная гигроскопичность, пористость, наименьшая влагоемкость) постепенно снижаются по глубине, а объемная масса почвы непрерывно возрастает вглубь по почвенному профилю.

Продуктивная влага (НВ-ВЗ) на пастбище в слое 0,5 м составляет около 75 мм, легкодоступная влага (ПВ-НВ) – 133 мм, среднедоступная (НВ-0,7 НВ) – 38 мм, труднодоступная (0,7НВ – ВЗ) – 37 мм, недоступная (<ВЗ) – 52 мм [155,156]. Увеличение водоотдачи в основном наблюдается в верхнем 20-ти см слое почвы.

По Г.Н. Высоцкому, в динамике влаги почвы можно выделить два периода: иссушение почвогрунта и его промачивание. Первый период охватывает лето и первую половину осени, а второй – начинается со второй половины осени,

прерывается зимними морозами и продолжается весной снеготаянием и весенними осадками.

В лесной полосе 30 – летнего возраста сформировалась лесная подстилка из продуктов опада листьев, ветвей мощностью до 2 см, на пастбище под влиянием лесных полос - войлочная подстилка до 1 см. Наименьшая влагоёмкость метрового слоя почвы лесной полосы по сравнению с почвами пастбищных угодий снижается на 53 мм на вариантах опыта под влиянием лесных полос и на 21 мм на контроле (вне зоны влияния ЛП). Пористость почвы варьирует в значениях 56 – 64%, наименьшая влагоемкость – 21 – 25%. Наибольшую пористость почва имеет на пастбище под влиянием лесных полос, наименьшую – на пастбище без влияния ЛП, показатели водоотдачи имеют те же закономерности (таблица 2.1).

Мощность гумусового почвенного горизонта (А+В) на контроле равна 48 см, что соответствует нормальному профилю хрящевато-щебенчатого чернозема южного, в лесной полосе его мощность увеличивается до 75 см, а на вариантах опыта под влиянием лесной полосы до 52 см.

Плотность сложения почв $0,97 - 1,16 \text{ г/см}^3$.

Наличие в пахотном горизонте и по всему профилю крупных отдельностей опоки в значительной степени способствует увеличению скважности (порозности) и водопроницаемости щебенчатых почв, но затрудняет их обработку и распыляет структуру.

Установившаяся скорость просачивания составляет: в лесу – 1,52 мм/мин., на пастбище – 0,86 мм/мин., на зяби – 1,54 мм/мин., на озимых – 1,25 мм/мин., в лесной полосе – 1,46 мм/мин. (П.Н. Проездов, 1983, 1999).

По мнению Е.В. Шеина и Л.О. Карпачевского (2003), гранулометрический состав почв – это содержание в почве фракций почвенных элементарных частиц независимо от их минералогического и химического состава. Выражается в виде массовых процентов фракций разного размера.

Таблица 2.1 – Водно-физические свойства почв пастбищ и лесных полос

Наименование величины	Генетические горизонты				Итого
	А		В	С	
	А ₀	А ₁			
Лесная полоса (год создания - 1984)					
Толщина слоя, см	0-2	2-30	30-75	75-100	0-100
Плотность сложения, г/см ³	0,27*	0,97	1,08	1,19	-
Плотность твердой фазы, г/см ³	1,65*	2,61	2,61	2,55	-
Максимальная гигроскопичность (МГ): % от массы сухой почвы;	-	7,9	7,1	6,4	-
мм	-	22	35	19	76
Влажность завядания (ВЗ); % от массы сухой почвы;	-	10,6	9,5	8,5	-
мм	-	30	46	25	100
Наименьшая влагоемкость (НВ); % от массы сухой почвы;	-	24,4	20,1	17,6	-
мм	-	66	98	52	216
Пористость: % от объема;	83,6	62,8	58,6	53,3	-
мм	5,0	171	285	159	620
Водоотдача, мм	-	105	187	107	399
Продуктивная влага, мм	-	36	52	27	115
Пастбище (под влиянием лесных полос)					
Толщина слоя, см	0-1	1-19	19-52	52-115	0-115
Плотность сложения, г/см ³	0,39*	1,02	1,05	1,20	-
Плотность твердой фазы, г/см ³	2,3*	2,59	2,61	2,58	-
МГ % от массы сухой почвы;	-	8,0	7,4	7,0	-
мм	-	15	26	45	86
ВЗ: % от массы сухой почвы;	-	10,7	9,9	9,4	-
мм	-	20	34	34	88
НВ: % от массы сухой почвы;	-	25,2	24,6	21,5	-
мм	-	46	85	138	269
Пористость: % от объема;	74,8	64,1	59,2	55,8	-
мм	3,0	118	205	358	684
Водоотдача, мм	-	72	120	220	412
Продуктивная влага, мм	-	26	51	104	181
Пастбище без влияния лесных полос (контроль)					
Толщина слоя, см	-	0-11	11-48	48-95	0-95
Плотность сложения, г/см ³	-	1,10	1,16	1,20	-
Плотность твердой фазы, г/см ³	-	2,59	2,62	2,60	-
МГ: % от массы сухой почвы;	-	8,4	7,0	6,0	-
мм	-	10	30	34	74
ВУЗ: % от массы сухой почвы;	-	11,0	9,2	8,0	-
мм	-	13	40	45	98
НВ: % от массы сухой почвы;	-	27,9	21,9	19,4	-
мм	-	34	94	109	237
Пористость: % от объема;	-	57,5	55,7	53,8	-
мм	-	70	239	303	612
Водоотдача, мм	-	36	145	194	375
Продуктивная влага, мм	-	21	54	64	139

Примечание: * По данным П.Н. Проездова (1983,1999)

На основании содержания физической глины (или песка) определяется классификационная принадлежность почв по гранулометрическому составу. От устойчивости, стабильности почвенных макро- и микроагрегатов зависит и противозерозионная устойчивость почв, и способность выдерживать внешние механические нагрузки. Агрегаты более 0,25 мм водоустойчивы, т.е. могут противостоять разрушению водой. При сумме агрегатов размером более 0,25 мм менее 30% - водоустойчивость неудовлетворительная; 30-40% - удовлетворительная; 40-75% - хорошая; менее 75% - избыточно высокая. Коэффициент структурности почвы определяется отношением содержания агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм) к суммарному содержанию неценных агрегатов (больше 10 мм и меньше 0,25 мм).

Для изучения гранулометрического и агрегатного состава почвы, водно-физических свойств и влагораспределения по слоям заложено 3 почвенных разреза (рисунок 2.5). Первый почвенный разрез был заложен в лесной полосе №1; второй разрез на стоковой площадке под влиянием ЛП (расстояние 1Н от лесной полосы), третий разрез – контроль, вне зоны влияния лесной полосы.

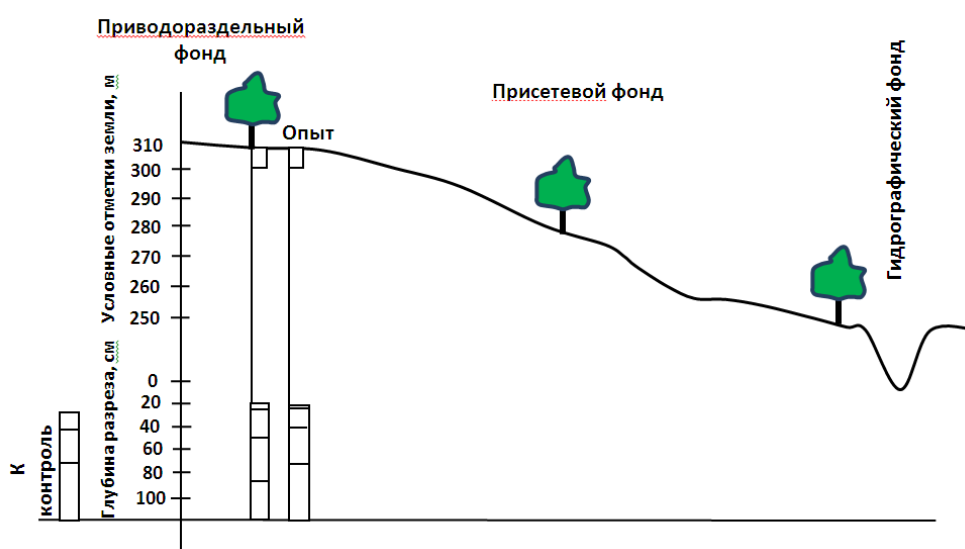


Рисунок 2.5 - Продольный профиль опытного участка с указанием мощности генетических почвенных горизонтов

Содержание гумуса в верхнем слое почвы в значительной степени обуславливает водный, воздушный, пищевой и тепловой режимы,

противоэрозионную устойчивость. В системе контурных лесных полос наибольшие мощности гумусовых горизонтов и в целом почвенных профилей выявлены под пологом лесонасаждений. Очевидно, что по сравнению с контролем гумусовый горизонт A_1 в ЛП №1 значительно больше и составляет 28 см, что выше в 2,5 раза, на пастбище под покровом ЛП – A_1 больше в 1,5 раза.

Наибольшее процентное содержание гумуса в слое $A + B$ наблюдается на пастбище в зоне влияния лесной полосы, оно составило 4,9%, запас гумуса на этих вариантах опыта так же наибольший - 296,6 т/га в силу большего увлажнения и усиления биологических процессов в почве. Содержание гумуса в верхних слоях в ЛП ниже, чем на пастбище, и несколько выше контрольных значений, но запасы гумуса в тоннах на гектар в 1,5 раза превышают контрольные цифры за счет толщины слоя почвы $A+B$ (0-75 см).

Ниже приводятся морфологические описания почвенных разрезов, местоположение которых показаны на рисунке 2.5.

Разрез № 1. Пастбище без влияния лесных полос (контроль). Крутизна - 5°.

Горизонт A (0-11) – 11 см. Серый, слабо увлажненный, пылевато-комковатый, слабо уплотненный, пористый. Включений опоки много (10-20%). Вскипания нет. Переход к горизонту B постепенный, ровный.

Горизонт B (11-48), 37 см. Серовато-бурый, пылеватый, слабо увлажненный. Включений опоки много (20-30 %). От соляной кислоты не вскипает. Переход к горизонту C ясный.

Горизонт C (48 см и более) темно-серая опока с продуктами ее выветривания, с глубины 0,95 м залегает сплошная плитчатая опока.

Почва: чернозем южный, хрящевато-щебенчатая, легкосуглинистая на опоке.

Разрез № 2. Стокорегулирующая лесная полоса посадки 1984 г. Главная порода – дуб черешчатый.

Горизонт A_0 (0-2) – 2 см. Подстилка из разложившихся листьев, остатков ветвей, травы.

Горизонт A_1 (2-30) – 28 см. Темно-серый, влажный, уплотненный, тонкопористый, пылевато-комковатый, включений опоки немного. Вскипания нет.

Горизонт В (30-75) – 45 см. Светло-серый, слабо увлажненный, пылевато-ореховатый, легко-суглинистый, слабо уплотненный. Много включений опоки. Пронизан корнями слабо, вскипания нет. Переход к горизонту В постепенный, ровный. Переход к горизонту С постепенный.

Горизонт С (75 – 100) – 25 см. Светло-бурый, слабо увлажненный, сильно уплотненный, супесчаный, вскипаний нет.

Почва: чернозем южный, хрящевато-щебенчатый, легкосуглинистый на опоке.

Разрез № 3. Пастбище под влиянием лесных полос. Крутизна - 5^0 .

Горизонт A_0 (0-1) – 1 см. Войлочная подстилка из разложившихся остатков травы, листьев.

Горизонт A_1 (1-19) – 18 см. Серый, слабо увлажненный, пылевато-комковатый, слабо уплотненный, пористый. Включений опоки 10-20%. Вскипания нет. Переход к горизонту В постепенный, ровный.

Горизонт В (19-52) – 33 см. Серовато-бурый, пылеватый, слабо увлажненный. Включений опоки не много. От соляной кислоты не вскипает. Переход к горизонту С ясный.

Горизонт С (52 – 115) – 63 см. темно-серая опока с продуктами ее выветривания. Включений опоки много (20-30%), с глубины 1,15 м залегает сплошная плитчатая опока.

Почва: чернозем южный, хрящевато-щебенчатый, среднесуглинистый на опоке.

Одним из наиболее важных показателей агрофизических свойств почвы является показатель водопрочности. Водопрочность почвенных агрегатов - основной фактор, влияющий на противоэрозионную стойкость почвы. Он равен частному от деления количества агрономически ценных агрегатов 10-0,25 мм, полученных при мокром и сухом просеивании и находится в прямой зависимости от величины ее водопрочных агрегатов.

С увеличением степени смывости почв сумма анионов и катионов увеличивается на 20-30%. Черноземы южные обладают высокой емкостью катионного объема (45-70мг-экв/100г почвы), насыщенностью ППК основаниями, высокой буферностью. Среди обменных катионов преобладают Ca^{2+} , Mg^{2+} , присутствует Na^{+} . В лесомелиорированных почвах чернозема южного доминирующим катионом почвенно-поглощающего комплекса является катион Ca^{2+} , связанный с гуминовыми кислотами. Содержание обменного натрия низкое – < 1% от емкости обмена (нормализованные параметры < 3%), что говорит об отсутствии солонцеватости (таблица 2.2) [91].

Таблица 2.2 – Агрохимические показатели чернозема южного на вариантах опыта (в среднем в полуметровом слое почвы)

Место взятия образца почвы	Гумус, %	рН (водн.)	Содержание питательных веществ, мг на 100 г почвы			Сумма* поглощенных оснований, мг.экв. на 100 г почвы
			азот (N_2)	фосфор (P_2O_5)	калий (K_2O)	
Лесная полоса	5,85	6,93	3,35	4,49	26,8	23,7/16,0
Пастбище под влиянием лесных полос	5,84	6,66	1,46	1,49	19,4	24,2/14,7
Пастбище без влияния лесных полос (контроль)	3,45	7,14	1,52	1,87	16,8	24,7/13,8

* знаменатель – в том числе кальций

Реакция почвенного раствора в гумусовых горизонтах близка к нейтральной или слабощелочная, в нижних горизонтах – слабощелочная, что является типичным признаком чернозема южного.

По мере нарастания смывости почвы и удаления от водораздела количество питательных веществ (NPK) постепенно уменьшается (таблица 2.2). Так, фракция азота тем более имеет тенденцию к снижению, чем более почвы эродированы. На водоразделе в полуметровом слое почвы содержание гидролизуемого азота выше на 55-82%, чем на крутой средней части склона, подвижная часть фосфора, соответственно, выше на 55-80%, и обменный калий – на 37-45%.

С глубиной содержание подвижных форм фосфора уменьшается, что связано с почвообразующими породами, для которых характерно минимальное содержание этого элемента. Концентрация фосфора в аккумулятивном горизонте А превышает таковую в природе в 2,5-3,0 раза и получена за счет длительной биологической аккумуляции фосфора растительностью (Кочергин, 1984).

Присетевые земельные фонды характеризуются наивысшим по склону содержанием азота, фосфора и калия в полуметровом слое почвы, так как здесь аккумулируются продукты эрозии.

Как видно из полученных данных, изучаемая почва имеет довольно высокое содержание обменного калия в доступной для растений форме. С глубиной обеспеченность почв калием снижается. Наибольшее содержание доступного калия в нижней части склона объясняется илистой фракцией почвообразующей породы.

Таким образом, напрашивается вывод, что пестрота почвенного плодородия в пределах одного склона определяется эрозионными процессами.

Смытые почвы характеризуются малым запасом цинка, йода, бора, марганца, меди, молибдена и других микроэлементов [62,188].

С увеличением эродированности почвы закономерно прослеживается увеличение степени ее засоленности.

Почвы опытных участков вполне могут быть рекомендованы для выращивания сельскохозяйственных, плодово-ягодных и лесных культур, защитных лесных насаждений.

2.3 Методика исследования

Исследования закономерностей эрозии почв и роста оврагов проводились согласно методике, разработанной В.В. Докучаевым (1878), А.С. Козменко (1937, 1954), Н.И. Сусом (1949), И.А. Кузником (1938, 1962), С.С. Соболевым (1948, 1960), А.Н. Костяковым (1960), В.М. Ивониным (1984, 1992), А.Г. Рожковым (1981), Г.П. Сурмачем (1976, 1992), А.Т. Барабановым (1993, 2006) и др.

Закладка опытов по противоэрозионной мелиорации проводилась согласно методике, предложенной В.В. Докучаевым (1953), Г.Н. Высоцким (1952), В.М. Борткевичем (1915), А.С. Козменко (1937, 1954), М.Н. Заславским (1968, 1984), А.Н. Костяковым (1960), И.А. Кузником (1938, 1962, 1976), А.Г. Рожковым (1968, 1981), С.С. Соболевым (1948, 1960), Г.П. Сурмачем (1971, 1976, 1992), Н.И. Сусом (1949), И.П. Сухаревым (1966, 1976), В.М. Ивониным (1983, 1992), А.Т. Барабановым (1993, 2006).

Для установления влияния агро- и лесомелиоративных приемов на инфильтрацию, элементы водного баланса и эрозию пастбищ испытывались следующие шесть вариантов опыта (рисунки 2.1; 2.2; 2.6):

1. Контроль (К);
2. Щелевание (Щ);
3. Щелевание + мульча щелей (Щ_{мчв-5});
4. Лесные полосы (ЛП);
5. ЛП + Щ;
6. ЛП + Щ_{мчв-5}.

В основу полевых исследований водно-эрозионных параметров принят метод водного баланса с использованием полевых стоковых площадок, рекомендованный А.Н. Костяковым (1960), М.И. Львовичем (1963, 1974), Г.Н. Высоцким (1952), Н.И. Коронкевичем (1969), И.А. Кузником (1962), Г.П.

Сурмачем (1976), С.И. Харченко (1975), R Keller (1971), Н.И. Fiedler (1973). Метод стоковых площадок обеспечивает достаточную точность результатов при изучении противэрозионной и водозадерживающей роли агро- и лесомелиораций.

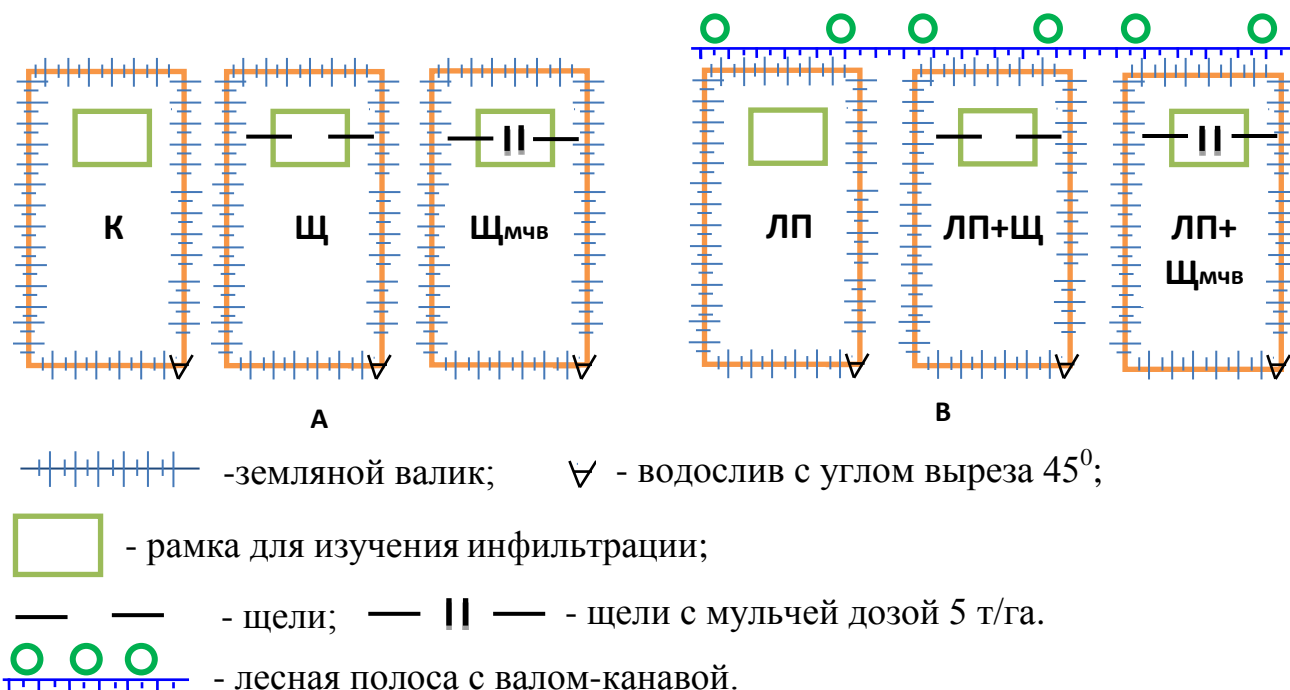


Рисунок 2.6 – Схема расположения стоковых площадок и рамок для изучения инфильтрации почвы на вариантах опыта.

Водно-физические свойства почвогрунтов определялись методами изложенными в работах Н.А. Качинского (1963,1970).А. Роде (1965,1969). Плотность сложения почвы принято характеризовать ее объемной массой (масса абсолютно сухой почвы в единице объема ненарушенного сложения, в г/см³) и определялась путем отбора образцов в четырехкратной повторности послойно через каждые 10 см последующим высушиванием при температуре 105°С до постоянного веса.

Плотность твердой фазы (удельная масса) почвы определялась при закладке опыта пикнометрическим способом в трехкратной повторности [155,156]. Качественная оценка плотности сложения давалась по градации Н.А. Качинского (1970). Удельная масса твердой фазы почвы вычисляется по формуле:

$$D = \frac{B}{(П+В)-С}, \quad (2.1)$$

где D – удельная масса твердой фазы почвы, г/см³;

B – навеска абсолютно сухой почвы, г;

$П$ – масса пикнометра с водой, г;

$С$ – масса пикнометра с водой и почвой, г.

Величины плотности твердой фазы и плотности сложения почвы используются для вычисления пористости почвы [155]. Пористость или скважность – суммарный объем всех пор и промежутков между твердыми частицами, выраженный в процентах от общего объема почвы, взятой без нарушения ее естественного сложения, вычисляется из значений удельной и объемной массы почвы.

Влагозапасы расчетного слоя почвогрунтов определяли термостатно-весовым методом [154]. Влажность почвы определялась бурением скважин на глубину 1 м и более через 5-10 суток с отбором проб буром Н.А. Качинского, что позволяло проследить движение влаги для установления водопотребления естественных трав пастбищ:

$$W = \frac{i-1}{n} W_{\text{нач}} - W_{\text{кон}}, \quad (2.2)$$

где W – влагозапасы в активном расчетном слое почвы, мм;

$W_{\text{нач}}$, $W_{\text{кон}}$ – соответственно влагозапасы на начало и конец пентады или декады, мм

n – число пентад или декад.

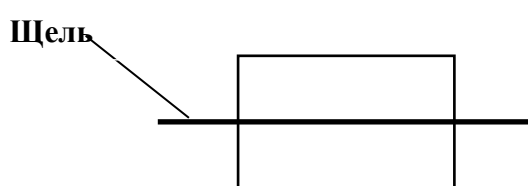
В лабораторных условиях определялась *максимальная гигроскопичность* (МГ – количество воды, поглощаемое поверхностью почвенных частиц из воздуха при его относительной влажности 100%) методом насыщения почвы парами 10% серной кислоты. Влажность устойчивого завядания принималась равной ВУЗ = 1,34МГ [155]

Влагоемкость почвы – способность почвы впитывать и удерживать воду. Практический интерес в нашей работе представляет наименьшая (полевая)

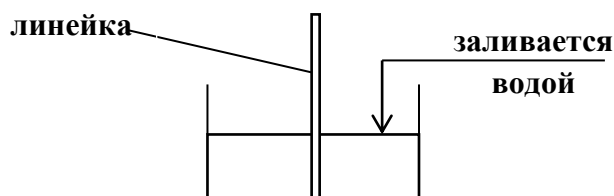
влагоемкость – наибольшее количество капиллярно-подвижной воды, которое почва может удерживать после стекания гравитационной воды.

Наименьшая влагоемкость (НВ) почв на опытных участках определялась путем залива водой обвалованных площадок размером 1×1 м в полевых условиях до полного насыщения почвогрунтов водой. Необходимый объем воды для полного насыщения профиля почвы на заданную глубину рассчитывался с учетом объемной и удельной массы, влажности и скважности почвы. Так как щебенчатые почвы обладают хорошей водопроницаемостью, то пробы на влажность и плотность сложения брались через 3 дня после затопления в четырехкратной повторности. Повторные пробы отбирали через каждые сутки. За наименьшую влагоемкость принимали влажность, которая отличалась от влажности предыдущего срока не более чем на 2% [154].

Водопроницаемость почв (способность почвы впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности, под влиянием силы тяжести) определялась методом заливаемых квадратов (рам площадью $0,5 \times 0,5$ м). Опыт по просачиванию на разных вариантах опыта длился 6 и более часов: учет начинался через 2 – 3 мин. в начале опыта, затем – через каждые 5 – 10 мин., в дальнейшем интервалы увеличивались до 30 мин. и более (рисунок 2.9).



Рамка, заделанная в почву, или обвалованная площадка для изучения водопроницаемости.



Фиксируется объем воды, вылитый на обвалованную площадку или рамку.

Рисунок 2.9 – Методика определения водопроницаемости

Запасы продуктивной влаги в почве, суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления сельскохозяйственных культур определяли по методике А.Н. Костякова (1960).

Гранулометрический состав почв определялся ареометрическим методом согласно ГОСТу 12536 – 79, естественная влажность, плотность и пластичность – по ГОСТ 5180 – 84.

Снегомерная съемка проводилась накануне снеготаяния на стоковых площадках на различном удалении от лесной полосы и в непосредственной близости от нее. Толщина и плотность снега определялась весовым снегомером ВС-43 в трехкратной повторности. На каждом профиле толщина и плотность снега измерялась через 4 – 5 м, одновременно устанавливалось наличие ледяной корки на поверхности почвы и ее толщина. Точность определения высоты снежного покрова снегомером не менее 0,5 см, массы взятой пробы – 1 г.

Величина снегозапасов определяется по формуле, а плотность ледяной корки принималась равной 0,8 [29].

$$W = 10 h d , \quad (2.3)$$

где W – снегозапасы, мм

d - плотность снега, г/см³;

h – высота снега, см;

10 – переводной множитель;

Глубина промерзания и оттаивания почвогрунтов определялась при бурении мерзлой почвы по наличию кристалликов льда в образцах, методом Н.А. Качинского (1927).

Инфильтрация мерзлых почв изучалась методом малых заливаемых площадок в пластиковых рамках (размером 0,5 x 0,5м), вкопанных в почву, с превышением над поверхностью в 0,1 м. Скорость просачивания определялась непосредственно отсчетом по линейке с делениями в 1мм. Повторность опытов - двукратная. Сток измерялся водосливами в тонкой стенке с углом выреза 45°, эрозия – фильтрованием

через обеззоленный фильтр. Повторность опытов двукратная, продолжительность не менее 6 часов [29].

Замеры напора стока на водосливах в период снеготаяния проводились линейкой с точностью до 1 мм круглосуточно с интервалами 0,5-2,0 часа. Срочные замеры высоты струи на водостоке переводятся в секундные расходы стока по таблице расходов. По полученным данным строились гидрографы стока для каждого варианта опыта, определялись объемы и слой стока. Затем вычислялся коэффициент стока – отношение его величины к запасам воды в снеге, или осадкам (при ливнях).

Смыв почвы определяли путем отбора проб на мутность с каждой стоковой площадки. В каждом из створов ежедневно с начала стока брались не менее 3-6 проб. Пробы отбирались в 0,5-2,0 л сосуды выше подпора осторожно, чтобы не взмутить воду, во время нарастания тока, наибольших его расходов и падения расхода. Для получения осадка все пробы отфильтровывались в обеззоленных фильтрах. После их высушивания и взвешивания определялось количество смытого осадка от каждой пробы. Строились графики колебаний твердого стока, определялся объем и слой смытой почвы [29].

Щели глубиной 0,3 м нарезались щелевателем ЩН-2-140 через 1,4 м, заполнялись сечкой соломы длиной 0,15 м на глубину 0,15 м в дозе 5 т/га вручную с целью защиты от заиления и льдистости.

Фенологические наблюдения, учет урожая выполнялись для естественных трав пастбищ согласно Б.А. Доспехову (1985) и другим исследователям [57]. Урожайность трав пастбищ определялась одним укосом примерно в конце июня с учетом фиксированного влияния снега и стока на влагозапасы в почве.

Видовой состав трав пастбища определялся по определителю П.Ф. Маевского (2006).

При изучении обилия вида (семейства) на исследуемом участке использовался метод глазомерного учета. Производился данный метод путем выяснения количественного сравнения экземпляров одного вида относительно другого, приблизительного определения их весовых соотношений и примерной

оценки величины поверхности почвы, покрытой основаниями растений различных видов. Количественное обилие вида и площадь проективного покрытия определялось по шкале обилия-покрытия Браун-Бланке (Braun-Blanquet, 1951) [139]. На основании определения относительного обилия вида в травостое по степени покрытия почвы его основаниями (Понятовская, 1962) составлялась обобщающая таблица морфологического анализа растительного сообщества (приложение 14).

Продуктивность естественного травостоя пастбищ определяли на площадках размером 1,0 x 1,0 м в четырехкратной повторности с отбором снопов по обе стороны щели.

Определение биологического урожая с каждого варианта перед уборкой брались растительные пробы в четырехкратной повторности (площадь пробной делянки для кормовых культур составляла 50 м²). Хозяйственный урожай на каждой стоковой площадке. После уборки урожай сена трав приводился к 100% чистоте и к 16 % влажности. Данные учета урожая трав обрабатывались методом дисперсионного анализа (приложение 16) [58].

Насаждения изучались общепринятыми методами таксации. Перед началом исследований лесные полосы были обследованы глазомерно. Определены их качественные показатели и определены участки для заложения почвенных разрезов. Пробные площади закладывались по методике ГОСТа 56-89-83. Для пробных площадей выбирались наиболее характерные участки лесных полос, с обязательным отступлением от края насаждения, наиболее подверженного неблагоприятным факторам.

В результате обследования лесных полос устанавливались ширина лесных полос и междурядий, схема смешения, породный состав, число деревьев.

При исследованиях проводился подеревный пересчет, изучались следующие показатели древесных насаждений:

а) возраст - определялся годом посадки по записям и подтверждался возрастом модельных деревьев;

б) высота - измерялась у каждого пятого дерева с помощью высотомера Анучина;

в) диаметр на высоте 1,3 м измерялся у каждого дерева мерной вилкой Никитина в продольном и поперечном направлениях с точностью до 0,5 см;

В лабораторных условиях определялись лесоводственно-таксационные характеристики ЗЛН: бонитет, показатель напряженности роста, сохранность, жизненное состояние.

Метеорологические элементы (норма осадков, норма температуры и др.) приняты по ближайшей метеостанции «Октябрьский Городок» Татищевского района Саратовской области (год создания 1891), расположенной на расстоянии 20 км к юго-западу от опытного участка. Сумма осадков определялась по осадкомеру Третьякова, запись температуры воздуха проводилась термографом, влажность воздуха фиксировалась психометром Асмана. Использовался также гидрометеорологический прибор – плювиограф.

Математическая обработка опытных данных проводилась методами дисперсионного, регрессионного и корреляционного анализов с использованием типовых компьютерных программ Statistica 7.0, Microsoft Excel, Origin 6.0.

3 ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС И МУЛЬЧИРОВАННЫХ ЩЕЛЕЙ НА ИНФИЛЬТРАЦИЮ, ЭЛЕМЕНТЫ ВОДНОГО БАЛАНСА И ЭРОЗИЮ ПОЧВ

3.1 Теоретическое обоснование противоэрозионных приемов в системе лесных полос

Эффективность системы лесных и агротехнических противоэрозионных мелиораций определяется оптимальным размещением её элементов в агроландшафтах, надёжностью гидрологического обоснования, доступностью выполнения соответствующих мелиоративных приемов.

Проблема защиты земель от линейной эрозии решена на изучаемом объекте путем создания контурных противоэрозионных рубежей – лесных полос, усиленных валами-канавами. Межрубежные расстояния обратно пропорциональны уклонам склона и составляют в нашем опыте 300 м (П.Н. Проездов, 1999, 2012):

$$L_{\text{лп-вк}} = L_{\text{пзлп}} \frac{0,025}{J}^{0,25n}, \quad (3.1)$$

где $L_{\text{лп-вк}}$ – расстояние между контурными лесными полосами с валами-канавами, м;

$L_{\text{пзлп}}$ – расстояние между полезащитными лесными полосами, м, $L_{\text{пзлп}} = 250-600$ м; На южных черноземах $L_{\text{пзлп}}=400$ м.

0,025 ($1,5^0$) – уклон склона, при равном или меньшем значении которого линейная эрозия не проявляется;

J – уклон склона; В нашем опыте $J=0,09$ (5^0);

n – коэффициент, учитывающий гранулометрический состав почв; $n = 1,0$ – глинистые и суглинистые почвы; $n = 2,0$ – супесчаные. В нашем опыте $n = 1,0$.

Лесные полосы с валами-канавами, как противоэрозионные рубежи предотвращают линейную и снижают поверхностную эрозию, дальнейшее уменьшение которой до допустимой величины возможно агромелиоративными приемами (фитомелиорация, щелевание, устройство микролиманов, лункование и др.). Из исследуемых приемов оптимальным оказалось щелевание, к недостаткам которого относятся заиление от стока талых и ливневых вод и льдистость щелей от зимне-весенних оттепелей. Решение проблемы заключается в обосновании расстояний между щелями и заполнении щелей растительными остатками, в нашем опыте – сечкой соломы.

Межщелевое расстояние зависит от многих факторов, главными из которых являются гранулометрический состав почв, степень проективного покрытия почвы растительностью, уклон (крутизна) склона, вертикальное мульчирование щелей и др. (П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, 2008, 2012).

Дальнейшими исследованиями установлено, что лесные полосы совместно с мульчированными щелями снижают величины стока и эрозии почв и позволяют увеличить межщелевое расстояние, рассчитываемое по зависимости (П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, О.Г. Удалова 2014):

$$L_{щ} = K_{гр} K_{60р} K_{лп} / K_j e^{0.25i} , \quad (3.2)$$

где $L_{щ}$ – расстояние между щелями, м;

$K_{гр}$ – коэффициент, учитывающий гранулометрический состав почв. $K_{гр} = 2,5-3,5$. Для среднесуглинистых почв - $K_{гр} = 3,5$;

$K_{60р}$ – коэффициент, учитывающий проективное покрытие почвы растительностью (p). При $p \leq 60\% \rightarrow K_{60р} = 0,7$, при $p > 60\% \rightarrow K_{60р} = 1,0$. Для пастбищных угодий в нашем опыте $K_{60р} = 1,0$;

$K_{лп}$ – коэффициент, учитывающий влияние лесных полос. Нами установлено, что на расстоянии от ЛП в высотах лесной полосы (Н, м): 1Н (15 м) $\rightarrow K_{лп} = 0,8$; 3Н (50 м) $\rightarrow K_{лп} = 0,6$;

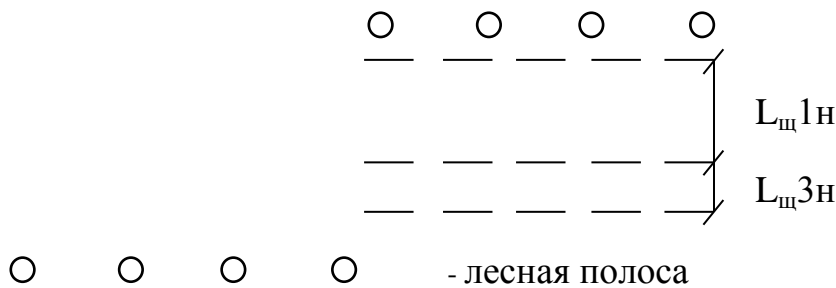
K_j – коэффициент, учитывающий влияние уклона: $j = 0,05$ (3°) $\rightarrow K_j = 0,7$; $j = 0,07$ (4°) $\rightarrow K_j = 0,9$; $j = 0,10$ (6°) $\rightarrow K_j = 1,1$; $j = 0,14$ (8°) $\rightarrow K_j = 1,3$;

В наших исследованиях $j = 0,09$ (5°) и $K_j = 0,95$;

i – интенсивность ливня, $i = 0,3-5$ мм/мин;

$e^{0,25i}$ – коэффициент, учитывающий заилнение щелей в результате поверхностной и капельной эрозии; e – основание натурального логарифма ($e = 2,718\dots$);

$e^{0,25i} = 1,0-1,3$. $i < 0,3$ мм/мин. $\rightarrow e^{0,25i} = 1,0$; $i = 0,3 - 5$ мм/мин. $\rightarrow e^{0,25i} = 1,0-2,0$.



$L_{щ1Н}$, $L_{щ3Н}$ – соответственно расстояния между щелями на удалении от лесной полосы 1Н и 3Н (Н – высота ЛП).

Рисунок 3.1 – Схема влияния лесной полосы на расстояние между щелями

В целях защиты щелей от заилнения и льдистости применялось вертикальное мульчирование сечкой соломы длиной 0,15 м на глубину 0,10 м (рисунок 3.2). Растительные остатки в щелях способствуют формированию более рыхлого льда при зимних оттепелях плотностью $0,6 \text{ г/см}^3$ с отверстиями около стеблей растений (речной лед – $0,9 \text{ г/см}^3$), что увеличивает его инфильтрационные свойства (по аналогии со льдом, сформировавшимся около берегов рек, пронизанный камышом, рогозом и т.п. с образованием ледяных отверстий (пустот) вокруг растений).

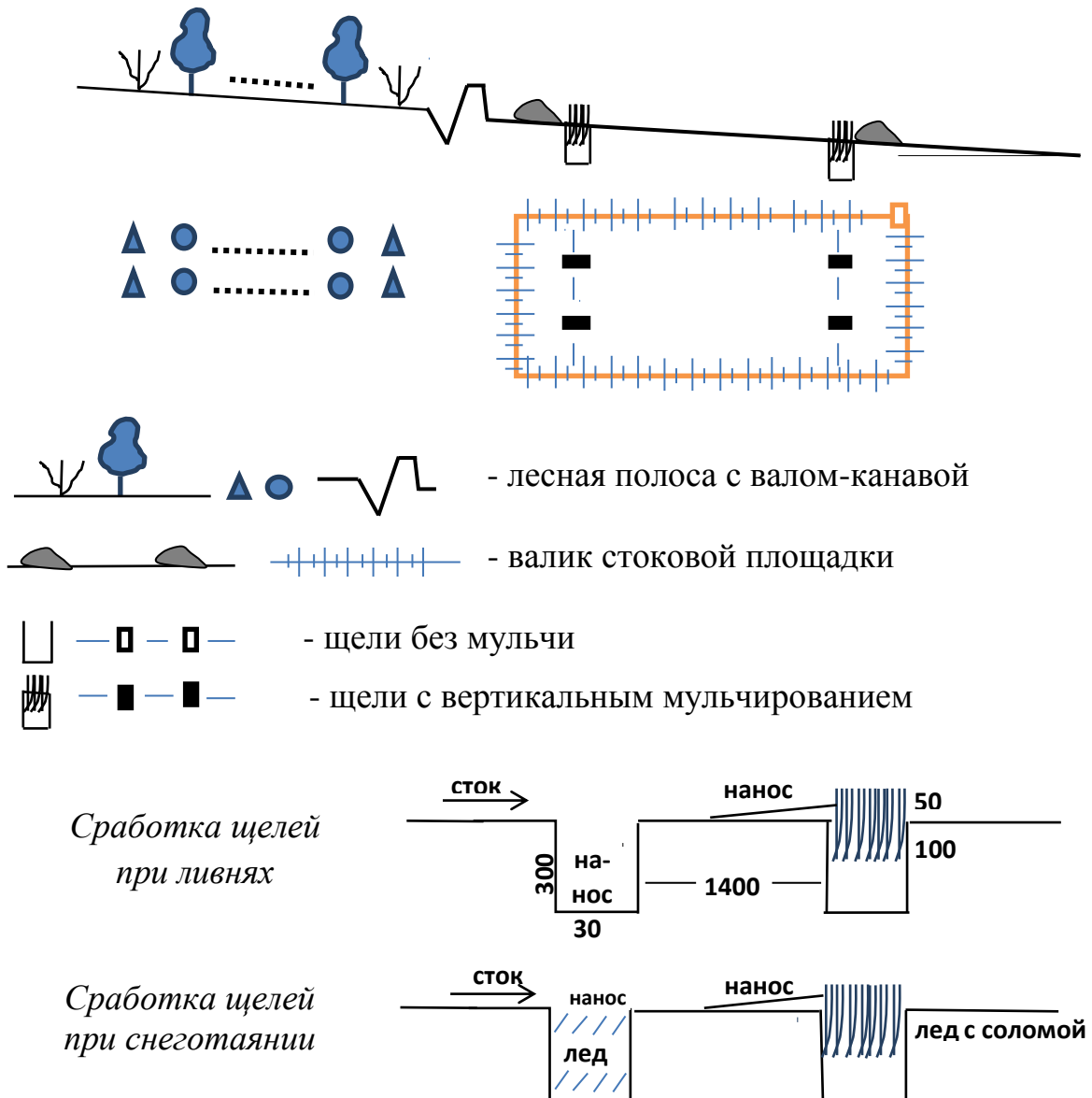


Рисунок 3.2- Расположение лесной полосы, стоковых площадок и процесс сработки щелей при снеготаянии и ливнях

Для защиты почв от эрозии до допустимой величины на склоновых землях крутизной 5° (покатый склоново-овражный тип агроландшафта) созданы контурные лесные полосы с валами-канавами через 300 м, прекратившие рост существующих и образование новых оврагов со снижением поверхностной эрозии, последующее сокращение которой обеспечил агроприем – щелевание с вертикальным мульчированием щелей.

Доза вертикального мульчирования сечкой соломы зависит в основном от глубины заделки мульчи в щель, расстояния между щелями и других параметров (П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, О.Г. Удалова 2014):

$$D_{\text{мчв}} = 1000 p_c d_{\text{щ}} h_{\text{мчв}} L_{\text{щ}}, \quad (3.3)$$

где $D_{\text{мчв}}$ – доза вертикально мульчирования, т/га;

10 000 – переводной коэффициент на 1 га;

p_c – плотность сложения соломы, т/м³;

$d_{\text{щ}}$ – толщина щели, м;

$h_{\text{мчв}}$ – длина сечки соломы, м;

$L_{\text{щ}}$ – расстояние между щелями, м.

Исследования воздействия лесных полос на инфильтрацию и эрозию почв показали, что с удалением от лесных полос, расстояние между щелями уменьшаются, а дозы внесения растительных остатков (сечки соломы) увеличиваются. При крутизне склона 5° на удалении до 1 Н от лесной полосы расстояния между щелями составляют 2,8 м, доза мульчи 2,4 т/га, на удалении 3Н соответственно – 2,1 м и 3,2 т/га.

Расчетным методом по зависимостям 3.2 и 3.3 установлено, что на удалении от ЛП 10 Н расстояния между щелями составят 1,4 м при дозе мульчи – 5,0 т/га, на удалении 20Н соответственно 0,7 м и 9,6 т/га.

Проблема защиты земель от эрозии решается применением комплексной мелиорации организационно-хозяйственных, агро-, лесо- и гидромелиоративных мероприятий дифференцированно от водораздела до гидрографической сети включительно.

3.2 Лесоводственно-таксационная характеристика лесных полос на объекте исследования

Многолетние исследования на научных противоэрозионных объектах показали, что линейная эрозия предотвращена лесными полосами, усиленные валами-канавами, с частичным уменьшением поверхностного смыва почв, дальнейшее сокращение которого до допустимой величины в межполосном пространстве возможно проведением агромелиоративных мероприятий [10,48,102,212]. В настоящее время земли склоновых напряженных типов агроландшафтов с крутизной более 3^0 с лесными полосами не обрабатываются и оставляются под пастбищные угодья, где нами предлагается проводить щелевание с целью защиты почв от эрозии и повышения продуктивности естественного травостоя.

Основой адаптивно-ландшафтного обустройства территории является ее противоэрозионная организация, а организующим началом (каркасом) – система защитных лесных насаждений [20]. Лесные полосы с валами-канавами в нижней опушке, составляющие противоэрозионные рубежи на опытном участке, расположены в приводораздельном, присетевом и гидрографическом фондах водосбора (рисунки 2.1 и 2.2). Присетевые земли были изрезаны оврагами, которые были засыпаны последующей планировкой для сельскохозяйственного освоения под пастбищные угодья.

Стокорегулирующие лесные полосы в приводораздельном фонде с крутизной $2-3^0$ и присетевом фонде крутизной $5-8^0$ созданы контурно плотной конструкции с главной породой – дубом черешчатым (*Quercus robur*), сопутствующими – кленом остролистным (*Acer platanoides*), ясенем ланцентным (*Fraxinus lanceolata*), кустарниками – лохом узколистным (*Elaeagnus angustifolia*), смородиной золотистой (*Ribes aureum*). Приовражная лесная полоса посажена вдоль бровки донного оврага гидрографического фонда крутизной 3^0 плотной

конструкции с дубом черешчатым, яблоней лесной (*Malus sylvestris*), лохом узколистным.

Агролесомелиоративное описание и лесоводственно-таксационные показатели лесных полос приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Агролесомелиоративное описание лесных полос в СПК «Лесной» (2013 г.)

Назначение лесной полосы	Ширина ЛП, м число рядов	Схема смешения, уклон местности, ТЛУ	Древесная порода		
			Возраст, лет	Средние	
				Диаметр, см	Высота, м
Стокорегулирующая лесная полоса №1 (Приводо-раздельный фонд)	57 19 рядов	Лу - Ко - Дч - Ко - Кт - Дч - Кт - Ял - Ял - Дч - Дч - Ко - Ял - Дч - Дч - Кт - Ко - См - См Размещение 3,0 x 0,8 Подрост отсутствует, 3 ⁰ , ТЛУ - С ₁ (судубрава)	Дч -30	10,2	7,5
			Ко -30	6,2	5,5
			Ял -30	6,2	6,2
Стокорегулирующая лесная полоса №2 (Присетевой фонд)	63 21 ряд	2См - Ко - 3Дч - 2Ко - См - Ко - 2Дч - Ко - 2 Дч - Ко - Дч - смз - Дч - 2См Размещение 3,0 x 0,8 Подрост отсутствует 5-8 ⁰ , ТЛУ - Д ₁ -Д ₂ (дубрава)	Дч -30	8,8	6,9
			Ко -30	8,6	7,5
Приовражная лесная полоса №3 (Гидрографический фонд)	36 18 рядов	Лу - 2Яб - 2Дч - 3Яб - 2Дч - 3Яб - 2Дч - 2Яб - Лу Размещение 2,0 x 1,0 Подрост отсутствует, 3 ⁰ ТЛУ - Д ₂	Дч -45	13,2	11,2

Примечание: Дч – дуб черешчатый, Ко – клен остролистный, Ял – ясень ланцетный, Яб – яблоня лесная, См – смородина золотистая, Лу – лох узколистный. ТЛУ – тип лесорастительных условий.

Жизненное состояние древесных пород лесных полос хорошее и составляет более 80%. В лесных полосах сформировалась лесная подстилка мощностью 0,8-1,3 см. Бонитет древесных пород составляет II – III. Более высокие таксационные

показатели у лесной полосы в приводораздельном фонде, что связано с лучшими почвенными условиями произрастания.

В дубово-кленовых ассоциациях образуются наиболее плотный травяной ярус в основном из мятлика лугового (проективное покрытие около 40%) и ландыша майского (около 5%). Травяной ярус часто состоит из равных долей разных видов с общим проективным покрытием более 40%, что сводит эрозионные процессы к минимуму [88].

3.3 Влияние лесных полос и щелевания с вертикальным мульчированием щелей на инфильтрационную способность почв

Для изучения разных вариантов, включающего в себя лесные полосы и щелевание с мульчей щелей, на инфильтрационную способность почв пастбищ испытывались варианты опыта: 1. Контроль; 2. Щелевание (Щ); 3. Щелевание + вертикальное мульчирование щелей соломой, 5 т/га (Щ_{мчв-5}); 4. Лесные полосы (ЛП); 5. ЛП + Щ; 6. ЛП + Щ_{мчв-5}. Три первых варианта располагались вне зоны влияния лесных полос (рисунок 2.4).

Щели глубиной 0,3 м нарезались ЩН-2-140 через 1,4 м в осенний период, заполнялись сечкой соломы длиной 0,15 м в щель на глубину 0,10 м в дозе 5 т/га вручную с целью защиты от заиления и льдистости.

Методика исследований базировалась на рекомендациях ведущих НИИ и вузов РФ и ученых [58,98,123,124]. Стоковые площадки вплотную примыкали к нижней опушке лесной полосы плотной конструкции, усиленной валом-канавой. Инфильтрация изучалась в деревянных рамках, вкопанных в почву, с превышением над поверхностью 0,1 м. Осадки измерялись осадкомером

Третьякова, снег – снегомером ВС-43, сток – водосливами в тонкой стенке с углом выреза 45°, эрозия – фильтрованием через обеззоленные фильтры согласно рекомендациям [123].

Исследованиями И.А. Кузника установлено, что для степи Приволжской возвышенности максимальная интенсивность снеготаяния составляет 14 мм/ч, или 0,23 мм/мин [101]. П.Н. Проездов установил следующие значения интенсивности снеготаяния при вероятности превышения: 1% - 0,14 мм/мин, 10% - 0,11 мм/мин [143]. Анализ рисунков 3.1 и 3.3 показывает, что интенсивность инфильтрации в первые 1-3 часа превышает интенсивность снеготаяния в опытах с лесными полосами и мульчированными щелями.

Инфильтрационная способностью почв, одна из основных характеристик, определяющая продолжительность стока, его величину и интенсивность. Почва преобразует явления гидрометеорологические в процессы гидрологические. Коэффициент инфильтрации талой воды перед снеготаянием на пастбищных угодьях без влияния лесных полос за первые 1-2 часа возрастает от 0,07 на контроле до 0,25 мм/мин на вариантах при щелевании с мульчей щелей. Причем с щелями без мульчирования самое низкое впитывание – от 0,08 до 0,11 мм/мин, или в 2,3 раза меньше, что связано с льдистостью и заилением и последующими максимальными значениями стока и эрозии (см. рисунок 3.3).

Впитывающая способность почв во время ливней предопределяется заилением щелей, в которых формируется более тяжелый осадок по гранулометрическому составу, что снижает инфильтрационные свойства пастбищ (таблица 3.2). Наносы в результате эрозии откладывается перед мульчей и щели срабатывают. Щели заиливаются практически после первого ливня, а последующие ливни вызывают часто большие значения стока и эрозии. Средняя максимальная интенсивность ливней за годы исследований составила 2,3 мм/мин., экстрим – 4,8 мм/мин.

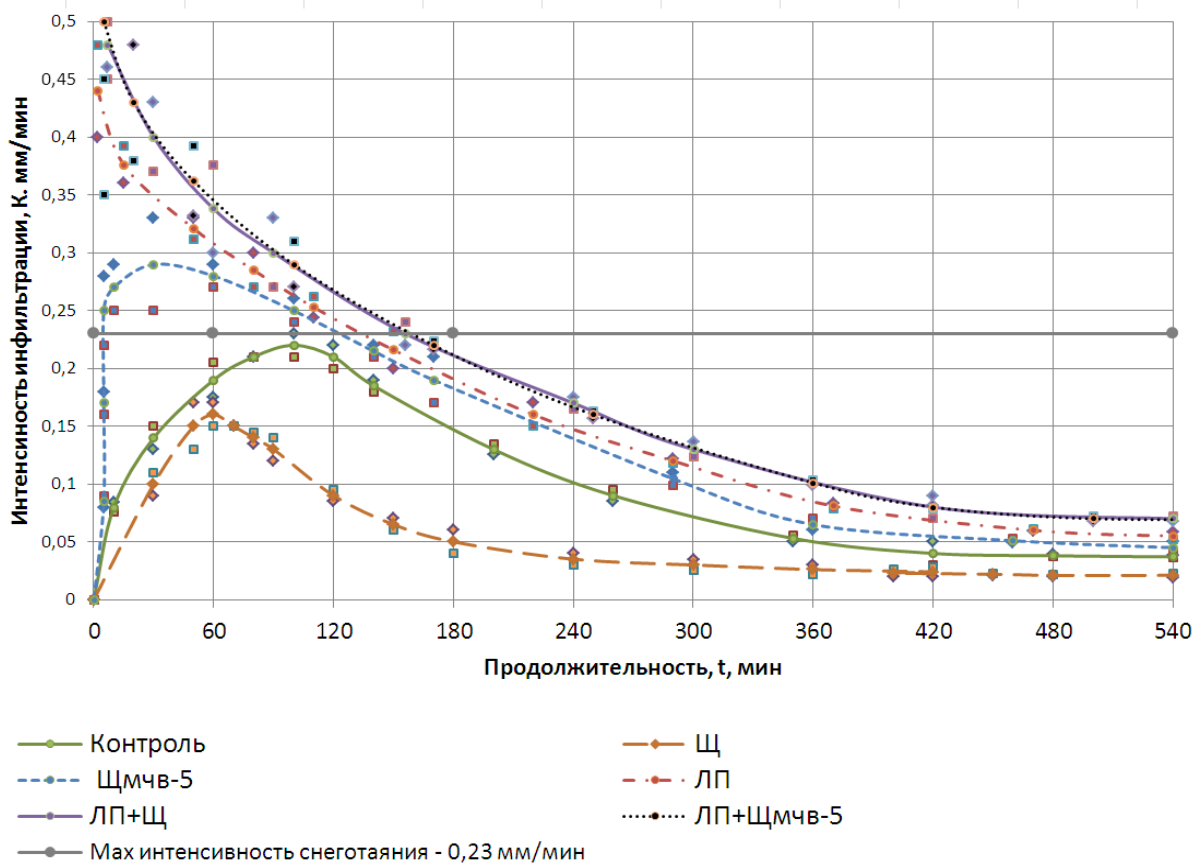


Рисунок 3.3 - Инфильтрация воды перед снеготаянием на пастбищах

Таблица 3.2 - Гранулометрический состав почв до и после устройства щелей, %

Размеры фракций, мм							Содержание фракций < 0,01 мм	Гранулометрический состав
>1	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001		
до устройства щелей и заиления								
18,8	4,7	18,3	19,8	16,4	10,7	11,3	38,4	суглинок средний
заиление щелей								
1,5	2,9	14,2	23,7	29,8	15,9	12,0	57,7	суглинок тяжелый

Лучшие показатели инфильтрации на пастбищах при первых и повторных ливнях – на вариантах с лесными полосами, щелеванием с мульчей щелей, где впитывание за 1-й час превышало опыты без агротехнических и лесомелиоративных приемов в 1,1-4,1 раза (см. рисунок 3.4).

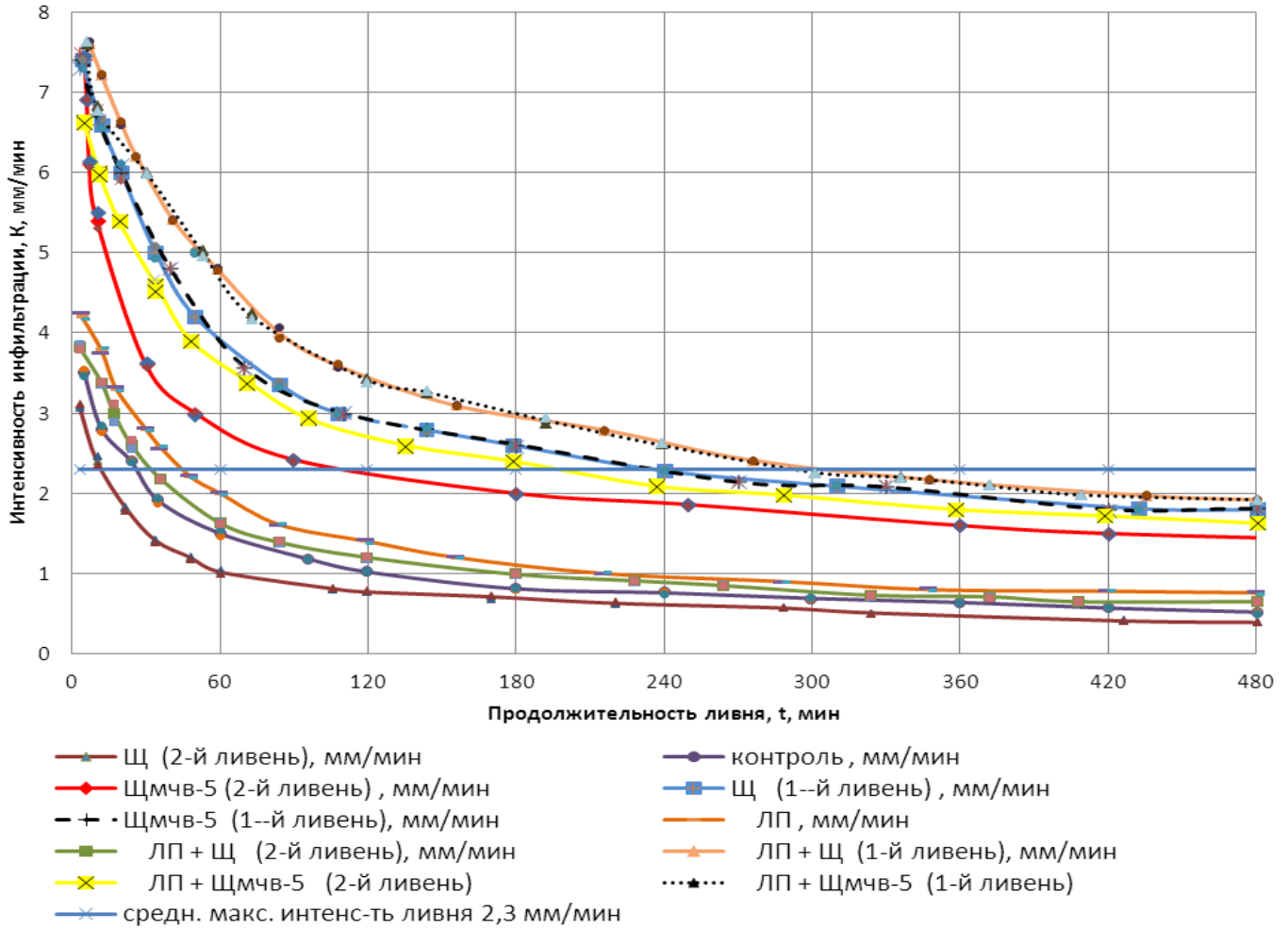


Рисунок 3.4 - Инфильтрация воды при ливнях на пастбище

Регрессионные уравнения зависимостей интенсивности инфильтрации от продолжительности снеготаяния или ливней при применении лесных и агрономелиоративных приемов с коэффициентами детерминации приведены на рисунках 3.5, 3.6 и в таблице 3.3. Более существенная связь между вышеуказанными признаками 0,95-0,98 характерна для ливней, менее – для снеготаяния – 0,53-0,86. Меньшие значения коэффициентов детерминации связи инфильтрации с продолжительностью снеготаяния по сравнению с ливнями связаны с особенностями снегоотложения, промерзания и льдистости почв.

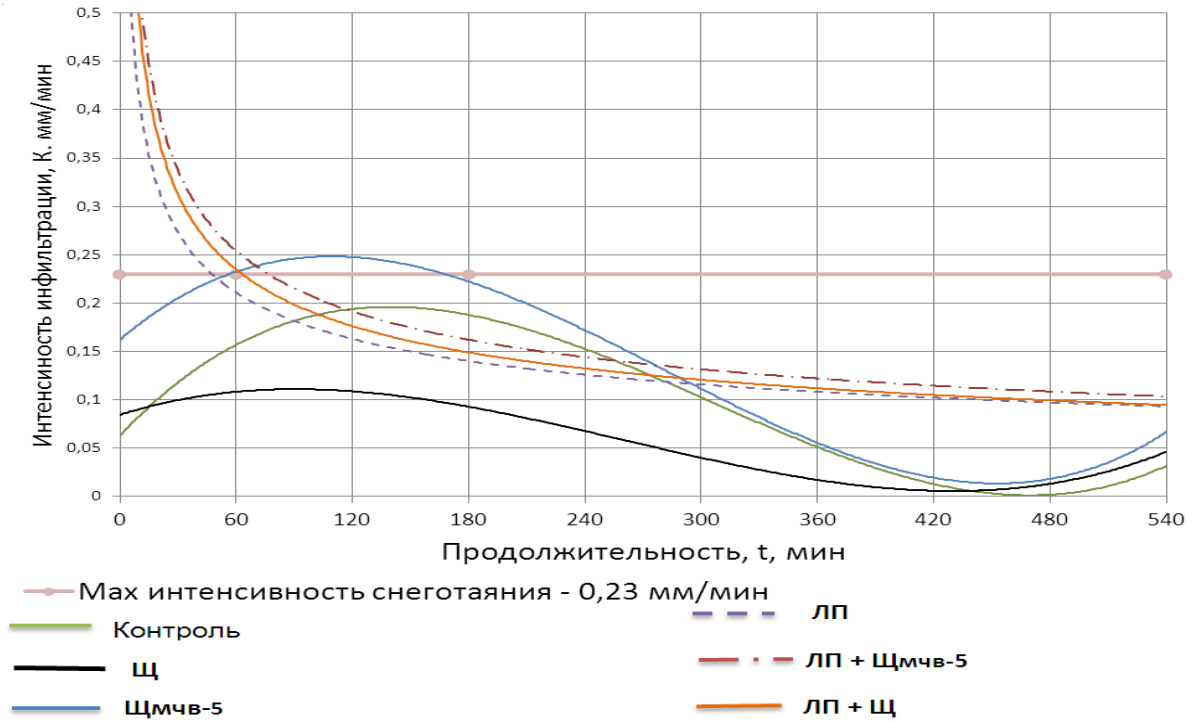


Рисунок 3.5 – Теоретические кривые инфильтрации воды перед снеготаянием на пастбищах

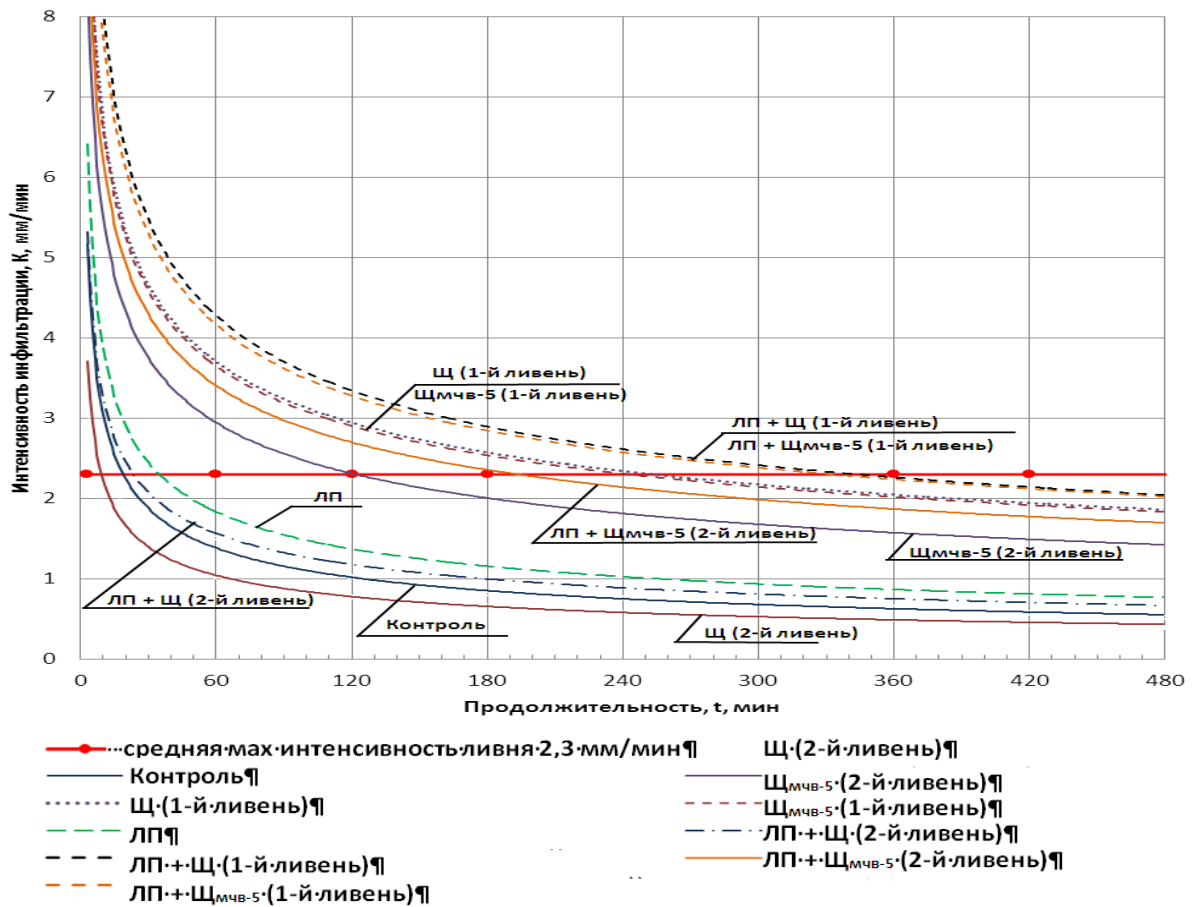


Рисунок 3.6 – Теоретические кривые инфильтрации воды при ливнях на пастбищах

Во время снеготаяния при воздействии лесных полос, кроме вышеупомянутых показателей, на инфильтрацию почв влияли: снеготложение – снега на пастбище накапливается более чем на 30%; промерзание и льдистость почв, ледяная корка на поверхности – только в малоснежные (вероятность превышения < 15%) и морозные зимы, или зимы с морозами до установления снежного покрова.

Таблица 3.3 – Уравнения зависимости инфильтрации (К, мм/мин) от продолжительности снеготаяния или ливней (t, мин) на пастбище

Варианты опыта	Уравнение	Коэффициент детерминации, R ²
Инфильтрация воды перед снеготаянием на пастбищах		
К	$K = 1E-08t^3 - 1E-05t^2 + 0,0021t + 0,0628$	0,81
Щ	$K = 5E-09t^3 - 4E-06t^2 + 0,0006t + 0,0843$	0,60
Щ _{МЧВ-5}	$K = 1E-08t^3 - 1E-05t^2 + 0,0017t + 0,162$	0,53
ЛП	$K = 0,9705t^{-0,373}$	0,72
ЛП + Щ	$K = 1,3581t^{-0,409}$	0,84
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	$K = 1,2758t^{-0,414}$	0,86
Инфильтрация воды при ливнях		
К	$K = 8,4852t^{-0,442}$	0,98
Щ (1-й ливень)	$K = 14,34t^{-0,331}$	0,97
Щ (2-й ливень)	$K = 5,9167t^{-0,423}$	0,98
Щ _{МЧВ-5} (1-й ливень)	$K = 12,956t^{-0,311}$	0,96
Щ _{МЧВ-5} (2-й ливень)	$K = 12,308t^{-0,349}$	0,99
ЛП	$K = 10,145t^{-0,418}$	0,96
ЛП + Щ (1-й ливень)	$K = 18,296t^{-0,355}$	0,97
ЛП + Щ (2-й ливень)	$K = 8,326t^{-0,408}$	0,96
ЛП + Щ _{МЧВ-5} (1-й ливень)	$K = 16,183t^{-0,335}$	0,96
ЛП + Щ _{МЧВ-5} (2-й ливень)	$K = 13,427t^{-0,335}$	0,98

Перераспределение снега лесными полосами на склонах овражно-балочной сети способствует уменьшению глубины промерзания почвы в местах скопления снега, увеличению инфильтрации талых вод, что способствует повышению запасов влаги 1,5-метровом слое почвогрунта на защищаемой территории на 34-82 мм по сравнению с открытым склоном [66].

3.4 Элементы водного баланса и эрозия почв под воздействием лесных полос и щелевания с мульчей щелей

Эрозия почв – сложный результат взаимодействия природных и антропогенных факторов. Почва преобразует явления гидрометеорологические и антропогенные в процессы гидрологические.

Охарактеризуем сложившиеся погодные условия и результаты исследования за 2009-2013 годы.

2008/2009 год. Среднемесячная температура осени 2008 года была на 1,6 °С выше средней многолетней, осадков выпало всего 34 мм, что составило 30% климатической нормы. Зима среднеснежная, высота снега в среднем не превышала 27-30 см. Промерзание почвы составило 12-25 см. Ввиду слабого промерзания почвы талая вода постепенно просачивалась в почву. Снеготаяние прерывалось низкими ночными температурами. Весенний сток не сформировался ни на одном из вариантов опыта. Весеннее водопоглощение на контроле и на варианте «Щелевание» составило 98 мм; на варианте «ЛП + Щ_{мчв-5}» - 129 мм, т.е. больше на 32%. В 2009 году имел место один ливень с максимальной интенсивностью 1,2 мм/мин. Ливневый сток наблюдался на первых трех вариантах опыта (К, «Щ» и «Щ_{мчв-5}»), расположенных вне зоны влияния лесной полосы. Суммарное водопоглощение (весеннее и ливневое) на варианте опыта «ЛП + Щ_{мчв-5}» составило 133% от показателей на контроле.

2009/2010 гг. В целом осень 2009 года была на 1,8°С теплее обычного, осадков выпало мало – 27% от нормы. Зима была морозной и среднеснежной. В среднем высота снежного покрова составляла 37-40 см. Оттепели и сменяющие их сильные морозы способствовали промерзанию почвы до 20 см и образованию ледяной корки и поверхностного стока при весеннем снеготаянии на вариантах «К», «Щ» и «Щ_{мчв-5}», водопоглощение почвы при этом составило 98-101 мм. В

зоне влияние лесных полос почва промерзла слабо и имела глубину промерзания 10-12 см. Сложившиеся погодные условия способствовали постепенному впитыванию талой воды в почву. На вариантах опыта «ЛП», «ЛП + Щ», «ЛП + Щ_{мчв-5}» стока не было, весеннее водопоглощение - 134 мм. В 2010 году наблюдалась жесточайшая летне-осенняя засуха, которую можно отнести к категории термических катастроф [158]. Не выпало ни одного ливня.

По имеющимся данным пятилетних наблюдений, в период с 2008 по 2013 гг. согласно значениям снегозапасов накануне снеготаяния фиксировались две малоснежные (2010-2011 гг. и 2012-2013 гг.), две среднеснежные (2008-2009 гг. и 2009-2010 гг.) и одна многоснежная зимы (2011-2012 гг.). Анализ данных по каждому году показал, что после малоснежных зим (снега менее 75 мм) весенний сток составлял 9,7-27,1 мм на контроле, на вариантах: «Щелевание» - 43,3 мм, «Щелевание с мульчей щелей» - 10,2 мм, лесные полосы с щелеванием и мульчей снижали сток до нуля.

Анализируя три весны со стоком и шесть ливней за 2009-2013 гг. исследований, можно констатировать, что допустимой величины эрозии почв 0,3 т/га можно достигнуть только в системе лесных полос при щелевании с мульчированием щелей межполосных пространств (см. таблицу 3.4).

Весенний сток зависел от температурного режима снеготаяния, глубины промерзания, льдистости и заиления щелей, применения мелиоративных приемов, а ливневый сток – от интенсивности дождей, влажности почвы, заиления щелей, применения мелиоративных приемов.

На формирование весеннего стока и эрозии почв оказывали влияние особенности гидрометеорологических условий осени, зимы и весны, а также на всех вариантах опыта существенно влияли значения запаса влаги в почве накануне снеготаяния, глубина промерзания почвогрунтов; льдистость и ледяная корка на поверхности почвы.

Таблица 3.4 – Влияние агротехнических и лесных мелиораций на элементы водного баланса и эрозию чернозема южного в степи Приволжской возвышенности (в среднем за 2009-2013 гг.)

Варианты опыта (крутизна склона 5 ⁰)	Запасы воды в снеге, мм	Весенний сток, мм	Водопоглощение весеннее, мм	Ливневый сток, мм	Водопоглощение ливневое, мм	Весеннее + ливневое водопоглощение**, мм	Эрозия почв*		
		Коэффициент стока		Коэффициент стока			весенняя, т/га	ливневая, т/га	Всего, т/га
2009 г. Ливень – 25.05.09; 44 мм за 2 ч 37 мин; $i_{\max}=1,2$ мм/мин.									
Контроль	98	0/0	98	12,0/0,27	32	130	0/0	1,10/9,2	1,10
Щелевание (Щ)	98	0/0	98	6,0/0,14	38	136	0/0	0,51/8,5	0,51
Щ + мульча щелей, 5 т/га – (Щ _{МЧВ-5})	111	0/0	111	4,0/0,09	40	151	0/0	0,36/9,0	0,36
Лесные полосы (ЛП)	124	0	124	0	44	168	0	0	0
ЛП +Щ	124	0	124	0	44	168	0	0	0
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	129	0	129	0	44	173	0	0	0
2010 г.									
К	90	9,5/0,10	80	0/0	0	80	0,12/1,30	0/0	0,12
Щ	90	5,5/0,06	85	0/0	0	85	0,07/1,27	0/0	0,07
Щ _{МЧВ-5}	101	3,2/0,03	98	0/0	0	98	0,03/0,93	0/0	0,03
ЛП	134	0	134	0	0	134	0	0	0
ЛП +Щ	134	0	134	0	0	134	0	0	0
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	134	0	134	0	0	134	0	0	0

Продолжение таблицы 3.4

Варианты опыта (крутизна склона 5°)	Запасы воды в снеге, мм	Весенний сток, мм	Водопоглощение весеннее, мм	Ливневый сток, мм	Водопоглощение ливневое, мм	Весеннее + ливневое водопоглощение**, мм	Эрозия почв*		
		Коэффициент стока		Коэффициент стока			весенняя, т/га	ливневая, т/га	Всего, т/га
							мутность, г/л	мутность, г/л	
2011 г. Ливень – 22/06/11; 20 мм за 1 ч 20 мин; $i_{\max}=1$ мм/мин.									
К	76	9,7/0,13	66	3,6/0,18	16	82	0,31/3,20	0,41/11,4	0,71
Щ	75	8,0/0,1	67	1,5/0,08	18	85	0,22/2,75	0,14/9,3	0,36
Щ _{МЧВ-5}	89	6,1/0,07	83	0,5/0,02	20	103	0,09/1,48	0,03/6,0	0,12
ЛП	113	0	113	0	20	133	0	0	0
ЛП + Щ	113	0	113	0	20	133	0	0	0
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	111	0	111	0	20	131	0	0	0
2012 г. Ливень – 18/07/12; 64 мм за 2 ч 13 мин $i_{\max}=1,4$ мм/мин.									
К	190	0/0	190	14,9/0,23	49	239	0/0	1,34/9,0	1,34
Щ	188	0/0	188	18,4/0,29	46	234	0/0	1,98/10,8	1,98
Щ _{МЧВ-5}	190	0/0	190	5,5/0,08	59	249	0/0	0,47/8,5	0,47
ЛП	248	0/0	248	9,4/0,15	55	303	0/0	0,38/4,1	0,38
ЛП+Щ	250	0/0	250	6,9/0,11	57	307	0/0	0,30/4,3	0,30
ЛП+ Щ _{МЧВ-5}	251	0/0	251	0,5/0,01	64	315	0/0	0,02/4,0	0,02
2012 г. Ливень-18.08.2012 г.; 65 мм за 3ч7 минут $i_{\max}=1,5$ мм/мин									
К	-	-	-	18,7/0,29	46	46	-	1,96/10,5	1,96
Щ	-	-	-	20,9/0,32	44	44	-	2,49/11,9	2,49
Щ _{МЧВ-5}	-	-	-	10,3/0,16	55	55	-	0,97/9,5	0,97
ЛП	-	-	-	12,7/0,20	52	52	-	1,21/9,5	1,21
ЛП + Щ	-	-	-	9,1/0,14	56	56	-	1,09/11,9	1,09
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	-	-	-	3,7/0,06	61	61	-	0,27/7,2	0,27

Продолжение таблицы 3.4

Варианты опыта (крутизна склона 5 ⁰)	Запасы воды в снеге, мм	Весенний сток, мм	Водопоглощение весеннее, мм	Ливневый сток, мм	Водопоглощение ливневое, мм	Весеннее + ливневое водопоглощение**, мм	Эрозия почв*		
		Коэффициент т стока		Коэффициент стока			весенняя, т/га	ливневая, т/га	Всего, т/га
			мутность, г/л		мутность, г/л				
2013 г. Ливень-14.06.2013 г.; 47 мм за 29 минут $i_{\max} = 1,6$ мм/мин									
К	62/24,0	27,1/0,44	35	16,2/0,30	31	66	1,47/5,4	2,32/14,3	3,79
Щ	62/24,0	43,3/0,70	19	24,3/0,52	23	42	2,63/6,0	3,64/15,0	6,26
Щ _{МЧВ-5}	69/27,1	10,2/0,15	59	6,4/0,13	41	100	0,49/4,8	0,39/6,1	0,88
ЛП	97/36,0	8,1/0,08	89	9,1/0,19	38	127	0,37/4,5	0,66/7,3	1,03
ЛП + Щ	97/36,0	3,2/0,03	94	6,7/0,14	40	134	0,12/3,8	0,47/6,9	0,59
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	97/36,0	0/0	97	2,1/0,04	45	142	0/0	0,09/4,3	0,09
2013 г. Ливень-20.06.2013 г.; 57 мм за 2ч 33 минуты $i_{\max} = 1,9$ мм/мин									
К	-	-	-	28,1/0,49	29	29	-	4,13/14,7	4,13
Щ	-	-	-	33,3/0,58	24	24	-	5,29/15,9	5,29
Щ _{МЧВ-5}	-	-	-	10,7/0,19	46	46	-	0,62/5,8	0,62
ЛП	-	-	-	17,1/0,30	40	40	-	1,21/7,1	1,21
ЛП + Щ	-	-	-	8,3/0,14	49	49	-	0,87/10,5	0,87
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	-	-	-	4,9/0,08	52	52	-	0,19/3,9	0,19
В среднем 2009-2013 гг. Три весны из пяти со стоком. Шесть ливней со стоком									
К	103	9,3/0,09	94	13,4/0,32	36	130	0,38/4,1	1,62/12,0	2,00
Щ	103	11,4/0,11	92	14,9/0,35	34	126	0,58/5,1	2,01/13,5	2,59
Щ _{МЧВ-5}	112	3,9/0,03	108	5,3/0,13	44	152	0,12/3,1	0,40/7,5	0,52
ЛП	143	1,6/0,01	141	5,6/0,13	43	184	0,07/4,4	0,49/8,8	0,56
ЛП + Щ	144	0,6/0,004	143	4,4/0,10	45	188	0,02/3,3	0,39/8,9	0,41
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	144	0/0	144	1,3/0,03	48	192	0/0	0,08/6,2	0,08

*Допустимая эрозия – 0,3 т/га. **Ливневые осадки со стоком – 49мм.

Лесные полосы оказывают существенное влияние на запасы воды в снеге, ливневый сток, весеннее и ливневое водопоглощение, эрозию почв. Так, по сравнению с контролем лесные полосы увеличивают снеготаяния в среднем на 40%, что предохраняет почву от промерзания и льдистости; суммарное (весеннее и ливневое) водопоглощение - на 30%. Очень малоснежная зима 2013-2014 гг. с запасами воды в снеге около лесных полос 60 мм (высота снега 20 см, а в поле – 10-13 см) предопределила промерзание и льдистость почв с коэффициентом стока более 0,8. Весенний сток с открытых пастбищ наблюдался в 2010, 2011 и 2013 гг. величиной 9,5 - 43,3 мм с коэффициентами стока 0,18-0,70 и смывом почвы 0,31-2,63 т/га. Щелевание в условиях маловодных весен обеспечило снижение эрозии, а весной 2013 г., когда наблюдалась льдистость щелей, увеличило сток на 59,8%, а эрозию – на 78,9%. Щелевание с вертикальным мульчированием щелей уменьшает коэффициент стока в 2,5-3 раза. Ливневый сток и ливневая эрозия под влиянием ЛП меньше за счет лучшей структуры почв (агрономически ценных частиц больше, водопроницаемость выше, степень покрытия трав и продуктивность выше).

Рассматривая 2010-2011 год, можно отметить, что за сентябрь – ноябрь выпало 76 мм осадков, что составило 67% от климатической нормы. Зимние месяцы отличались малоснежностью (25 мм при среднегодовой норме 81 мм), высота снега в среднем не превышала 13,5 см. Наблюдалось промерзание почвы до 37 см. Среднесуточные показатели температуры воздуха приняли положительные значения в первой декаде апреля. Начало интенсивного снеготаяния зафиксировано с 3 апреля. На стоковых площадках по вариантам опыта нами изучены расход воды, продолжительность, величина стока, определена мутность и величина эрозии почвы при снеготаянии. Сток наблюдался с 3 по 6 апреля только на вариантах вне зоны влияния лесных полос, т.е. на контроле, «Щ» и «Щ_{мчв-5}». Продолжительность стока при снеготаянии на вариантах «К» - 28 часов, «Щ» - 28 часов, «Щ_{мчв-5}» - 25 часов (приложение 7).

Максимальный расход воды на контроле – **0,011** л/с, на варианте «Щ» – **0,009** л/с, наименьшего значения опытные данные достигли на варианте «Щ_{мчв-5}» – **0,007** л/с, что в 1,6 раза меньше, чем на контроле (рисунок 3.7). Наибольшее значение по мутности стока наблюдалось на вариантах «К» – 3,27 г/л и «Щ» – 3,14 г/л, на «Щ_{мчв-5}» наименьшее – 1,89 г/л, снижаясь в 1,7 раза по сравнению с контролем. Эрозия почвы на контроле – 0,31 т/га, на варианте опыта «Щ» – 0,22 т/га, на «Щ_{мчв-5}» – 0,09 т/га. Таким образом, эрозия имела допустимые значения на всех трех вариантах опыта. Весеннее водопоглощение на варианте опыта «ЛП + Щ_{мчв-5}» в 1,7 раза превышало контроль.

По времени максимумы расходов стока и мутности совпадали с наибольшими значениями интенсивности снеготаяния.

За вегетационный период 2011 года наблюдался один ливень (дождь с интенсивностью более 0,3 мм/мин) 22.06.2011 г, с максимальной интенсивностью – 1,4 мм/мин (рисунок 3.8).

Сумма осадков равнялась **20 мм** за 1 ч 20 мин. Сток и эрозия наблюдались только на первых трех вариантах: «К», «Щ», «Щ_{мчв-5}», расположенные вне зоны влияния лесной полосы. На всех трех вариантах продолжительность стока 80 мин (с 11.32 до 12.52 часов) – 4800 секунд (приложение 9). Наибольшее значение показатель расхода воды принимал на контроле – 0,104 л/с, наименьшее – 0,02 л/с – на варианте опыта «Щ_{мчв-5}» (т.е. в 5,2 раза меньше, по сравнению с контролем), в случае с щелеванием без мульчи он составил 0,05 л/с.

Показатели мутности стока имели то же соотношение: максимум – 31,0 г/л на контроле, минимум – 11,6 г/л при «Щ_{мчв-5}». По времени максимумы расходов стока совпадали с наибольшими значениями интенсивности ливня, а по мутности – максимум наступал на 3-4 минуты позже. Величина эрозии: 0,41 т/га на контроле, 0,14 т/га – при щелевании без мульчирования и 0,03 т/га – с мульчированием щелей. На вариантах опыта под влиянием лесных полос сток и эрозия не наблюдались.

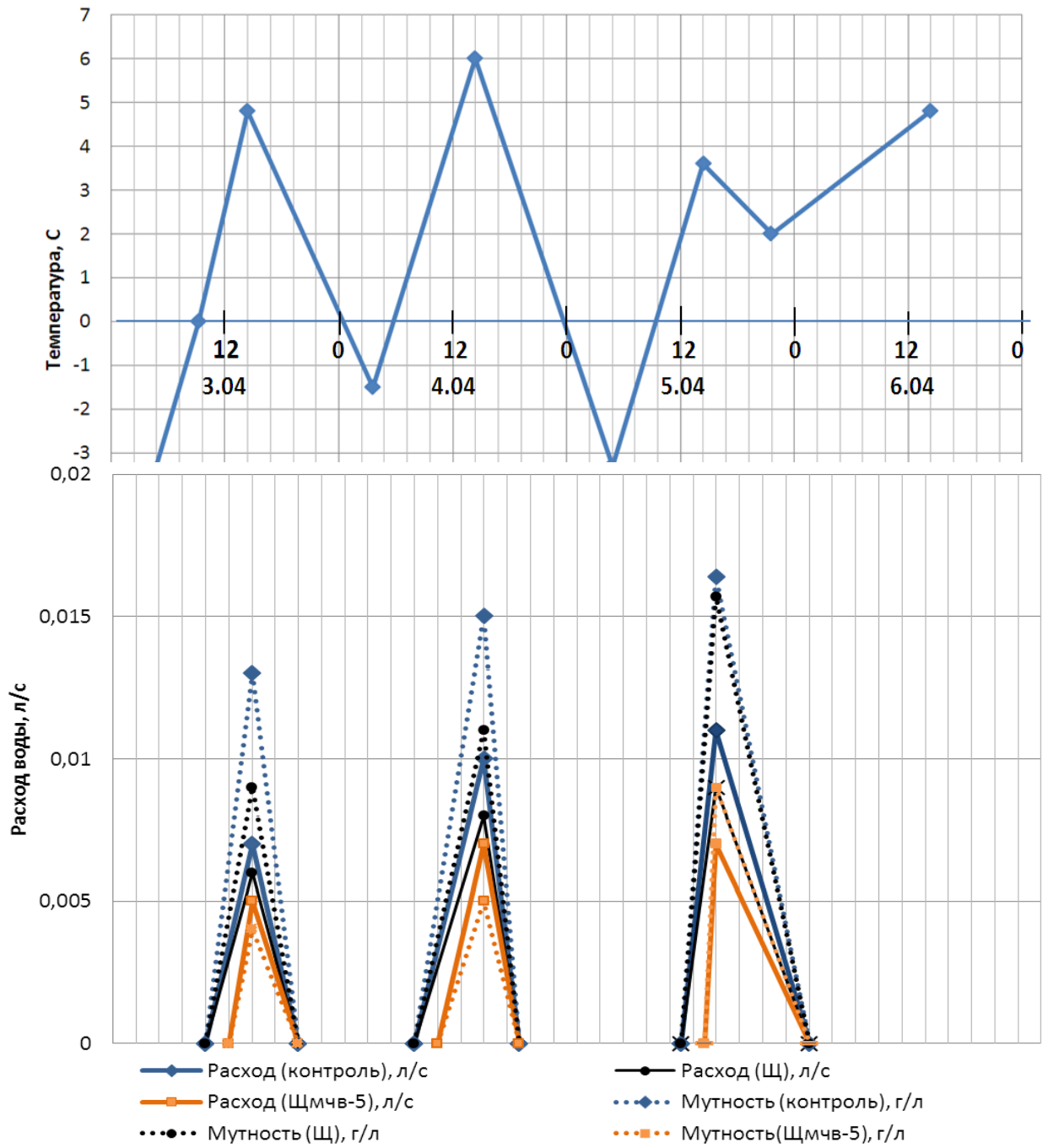


Рисунок 3.7 Температура воздуха на поверхности снега, расход и мутность воды весной 2011 г.

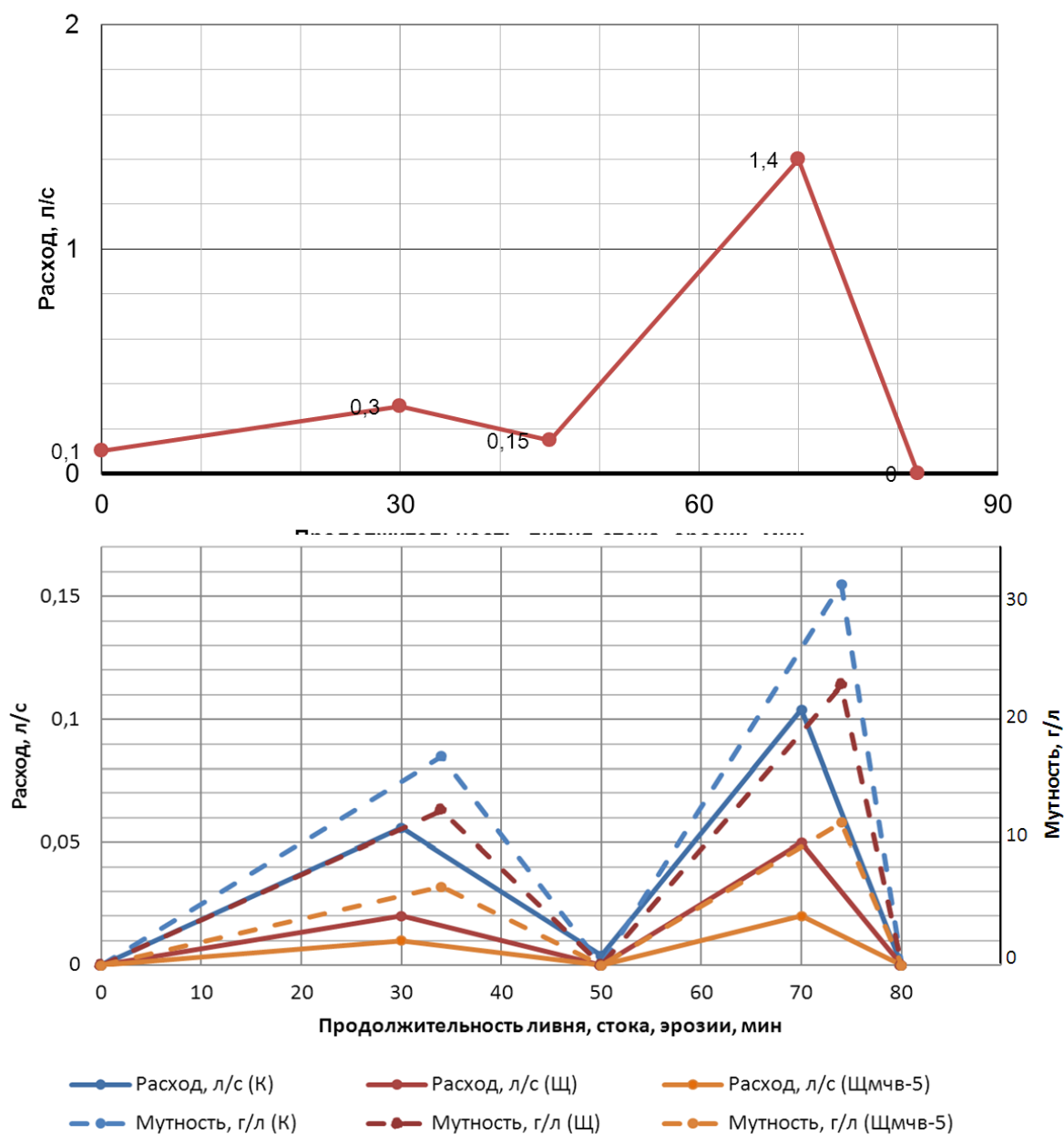


Рисунок 3.8 - Интенсивность ливня, ливневый сток и эрозия 2011 г.

Весенний сток и эрозия почв значительно варьируют по годам и вариантам исследования. Так, в 2012 году сток и эрозия при весеннем снеготаянии отсутствовали на всех вариантах опыта. Этому способствовало минимальное количество осадков в осенний период (46 мм осадков, или 41% от нормы), поэтому почва на всех вариантах перед снеготаянием имела влажность около 55% НВ. Зима 2011-12 года была многоснежная, высота снега на контроле около – 60 см. Промерзание почвы отсутствовало. Снежный покров, образовавшийся в конце ноября, лег на непромерзшую почву. Начало снеготаяния зафиксировано в третьей

декаде марта, конец - в первой декаде апреля. Максимальное водопоглощение при снеготаянии имело место на варианте опыта «ЛП + Щ_{мчв-5}» (251 мм), минимальное (188 мм) – в опыте с щелеванием без мульчирования.

В 2012 году наблюдались два ливня 18 июля и 18 августа с максимальной интенсивностью 1,4 и 1,5 мм/мин соответственно. Сумма осадков ливня 18.07.2012 г. за 2 ч 13 мин - **64 мм**; 18.08.2012 г. - **65 мм** за 3 ч 7 мин. Продолжительность стока при первом ливне на вариантах «К» и «Щ» - **103 мин**, «Щ_{мчв-5}» - **78 мин**, «ЛП» - **90 мин**, «ЛП + Щ» - **95 мин** и «ЛП + Щ_{мчв-5}» - **55 мин** (приложение 10). Максимальный расход воды на вариантах «К» и «Щ» равнялся **0,247 л/с** и **0,30 л/с** соответственно, на вариантах опыта «Щ_{мчв-5}» - **0,112 л/с** и «ЛП + Щ_{мчв-5}» - **0,012 л/с**. Так, щелевание с мульчей соломы снижает расход в 2,2 раза по сравнению с контролем, а на варианте опыта «ЛП + Щ_{мчв-5}» в 20 раз. Показатели мутности стока имели те же тенденции: максимальные – 27,48 г/л на варианте «Щ» и 22,16 на контроле, минимальные – 1,0 г/л на варианте опыта «ЛП + Щ_{мчв-5}» (рисунок 3.9).

Таким образом, мутность на варианте «ЛП + Щ_{мчв-5}» уменьшилась в 22 раза по сравнению с контролем. Величина эрозии на контроле равнялась 1,33 т/га, на варианте опыта «ЛП + Щ_{мчв-5}» - 0,0016 т/га, максимального значения – 2,02 т/га эрозия достигла при опытном варианте щелевания без мульчирования.

Суммарное водопоглощение после первого ливня в опыте «ЛП + Щ_{мчв-5}» составило 132% по отношению к контрольным показателям.

Продолжительность стока при ливне 18.08.2012 г. на вариантах «К» - **80 мин**, «Щ» - **80 мин**, «ЛП + Щ_{мчв-5}» - **60 мин** (приложение 11). Максимальный расход на контроле – **0,390 л/с**, на «Щ» - **0,436 л/с**, наименьшего значения опытные данные достигли на вариантах опыта «ЛП + Щ» - **0,216 л/с** и «ЛП + Щ_{мчв-5}» - **0,102 л/с**, что в 1,8 и 3,8 раза меньше, чем на контроле (рисунок 3.10). Наибольшее значение по мутности стока наблюдалось на вариантах «Щ» (11,47 г/л) и «ЛП + Щ» (12,0 г/л) при продолжительности стока – 70 мин. Минимальные показатели значения мутности принимают на варианте «ЛП + Щ_{мчв-5}» (7,34 г/л) снижаясь в 1,4 раза по сравнению с контролем. Эрозия почвы на контроле - 1,96 т/га, на варианте опыта

«ЛП + Щ_{мчв-5}» - 0,27 т/га, максимальное значение эрозия (2,49 т/га) достигает на варианте «Щ».

По времени максимумы расходов стока при обоих ливнях совпадали с наибольшими значениями интенсивности ливня, а по мутности – максимум наступал на 5 минут позже (см. рисунки 3.9 и 3.10).

Зима 2012-2013 – малоснежная. Осеннее увлажнение почвы было достаточным – 115 мм, что составило 100% нормы. Высота снежного покрова в марте накануне снеготаяния в среднем не превышала 22 см. В декабре наблюдался неоднородный температурный режим: оттепели в первой декаде и аномально-холодная погода – во второй при дефиците осадков и высоте снежного покрова в 1-3 см, что вызвало промерзание почвы более 50-70 см. Чередование оттепелей с сильными морозами на протяжении всего зимнего периода привело к образованию ледяной корки и льдистости, что способствовало увеличению стока и эрозии на почве. С 15 по 17 марта температура на поверхности снега не опускалась ниже 0⁰С и в ночное время, что вызвало интенсивное снеготаяние. С первого апреля среднесуточная температура отрицательных значений не принимала. Рассматривая сток и эрозию в период весеннего снеготаяния, можно отметить, что эти явления отмечены на всех вариантах опыта, кроме «ЛП + Щ_{мчв-5}», что дает нам основание говорить об эффективности предложенных нами агролесомелиоративных мероприятий. Продолжительность стока на вариантах «К», «Щ» - **44 часа**, «Щ_{мчв-5}», «ЛП», «ЛП + Щ» - **41 час** (приложение 8). Максимальный расход воды наблюдался на варианте «Щ» - **0,034** л/с, на контроле – **0,021** л/с, минимальный на «ЛП + Щ» - **0,003** л/с, что в 7 раз меньше, чем на контроле (рисунок 3.11). Показатели мутности стока имели ту же закономерность: наибольшие на вариантах «Щ» и «К» (6,77 и 6,05 г/л), наименьшее при «ЛП + Щ» (4,20 г/л). Эрозия почвы при щелевании без мульчирования составила 2,63 т/га, при щелевании мульчированием – 0,12 т/га, что в 12 раз меньше по сравнению с контролем (Э = 1,46 т/га). Показатели эрозии превысили допустимые значения на всех вариантах, кроме щелевания под воздействием лесных полос.

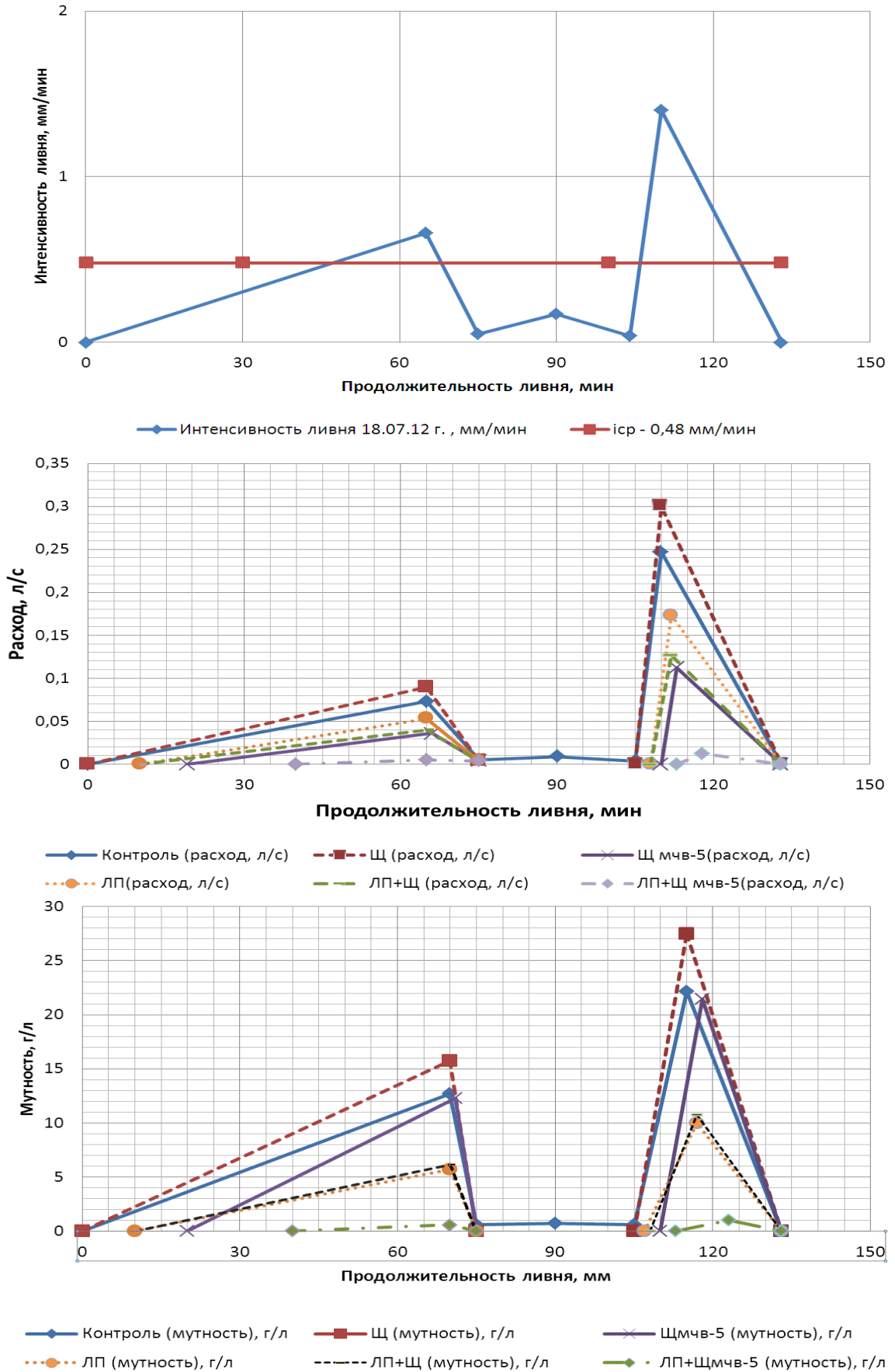


Рисунок 3.9 – Интенсивность ливня, ливневый сток и эрозия 18.07.2012 г.

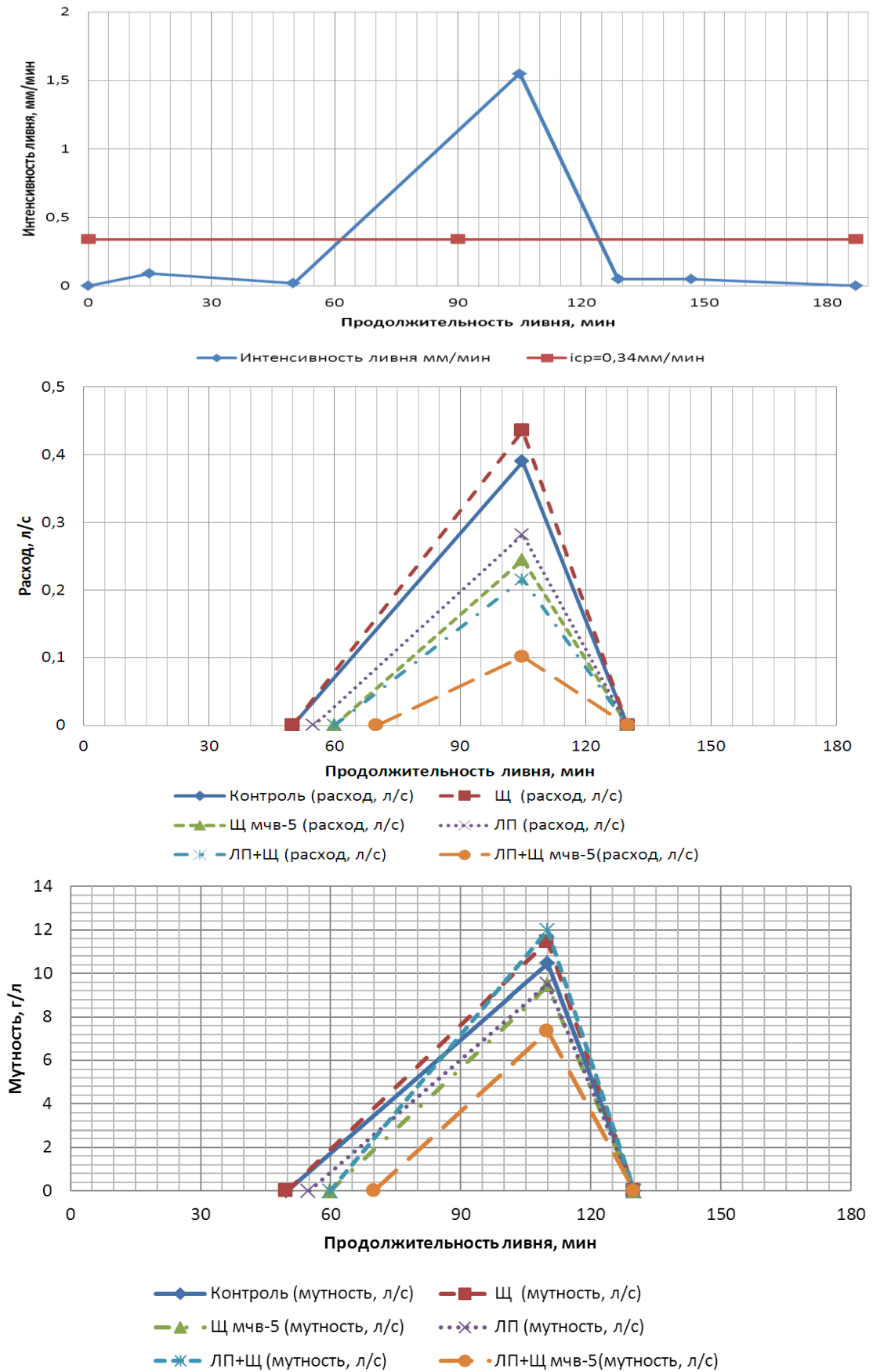


Рисунок 3.10 – Интенсивность ливня, ливневый сток и эрозия 18.08.2012 г.

Анализируя ливневый сток 14 июня 2013 г. (1-й ливень) можно сделать заключение, что сумма осадков за **29 мин** (с 17 ч 43 мин до 18 ч 12 мин) равна **47 мм** (1740 с) (приложение 12). Продолжительность стока по вариантам: «К», «Щ» - **29 мин**; «Щ_{мчв-5}», «ЛП», «ЛП+ Щ» - **24 мин**; «ЛП+ Щ_{мчв-5}» - **19 мин**. Максимальный расход на водосливе стоковой площадки наблюдался на вариантах «Щ» - 3,34 л/с, на «К» - 2,24 л/с, на «ЛП+ Щ_{мчв-5}» - 0,36 л/с. Лесные полосы с щелеванием и мульчей щелей уменьшают расход в 9,3 раза по сравнению с контролем. Мутность стока имеет те же закономерности: уменьшается с применением мелиоративных приемов, например, на варианте «ЛП+ Щ_{мчв-5}» снижение составило в 4,1 раза по сравнению с «К». Увеличение стока и эрозии на варианте «Щ» по сравнению с «К» произошло благодаря заилению щелей стоком весеннего половодья, что привело к снижению инфильтрационной способности щелей из-за более тяжелого гранулометрического состава взвесей в щелях по сравнению с межщелевыми пространствами. Максимумы расходов стока практически совпадают по времени с наибольшими значениями интенсивности ливня, а по мутности – максимум наступает несколько позже (рисунок 3.12).

Второй ливень 20.06.13 г. с суммой осадков **57 мм**, продолжавшийся 2 ч 33 мин (153 мин), с интенсивностью 0,4-3,6 мм/мин, показал еще большие значения стока и эрозии почв: на контроле в 1,7-1,8 раза, на варианте «ЛП+ Щ_{мчв-5}» в 2,1-2,3 раза (приложение 12). Смыв почвы на пастбище с заиленными щелями составил 5,29 т/га по продолжительности стока в 19 минут и максимумом интенсивности ливня – 3,6 мм/мин с наибольшей мутностью равной 31,8 г/л. Минимальные значения мутности стока отмечены при совместном влиянии лесных полос, щелевания и мульчирования – 7,8 г/л, или в 3,7 раза меньше контроля (рисунок 3.13).

Совместное воздействие лесных полос и замульчированных щелей обеспечивает допустимую эрозию почв пастбищ, равную 0,3 т/га (П.Н. Проездов, 2008, 2012).

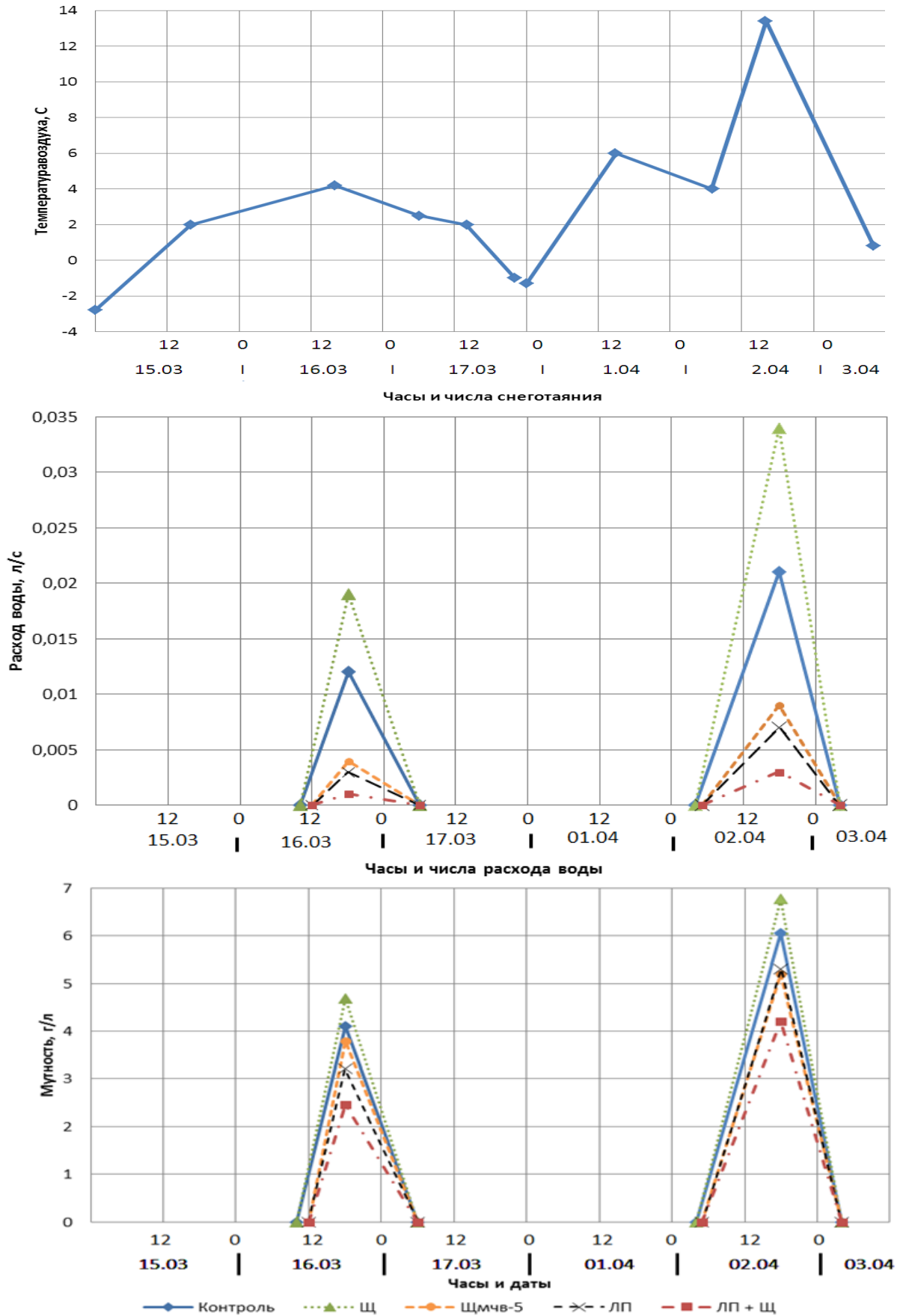
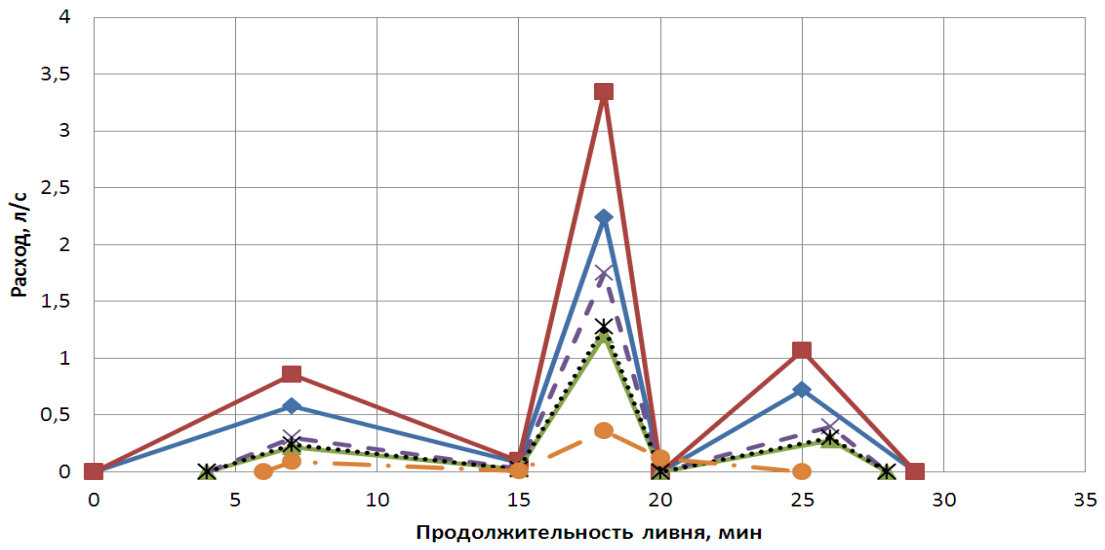
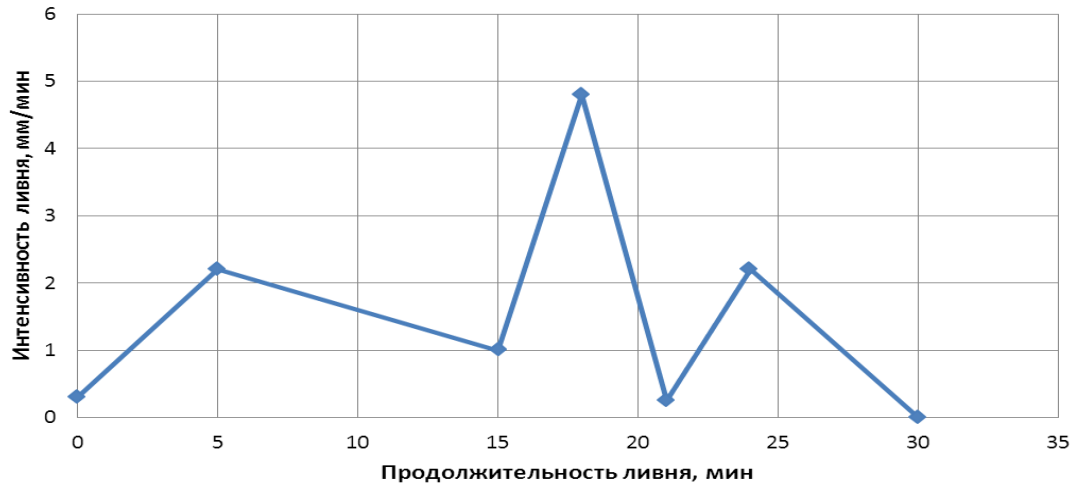
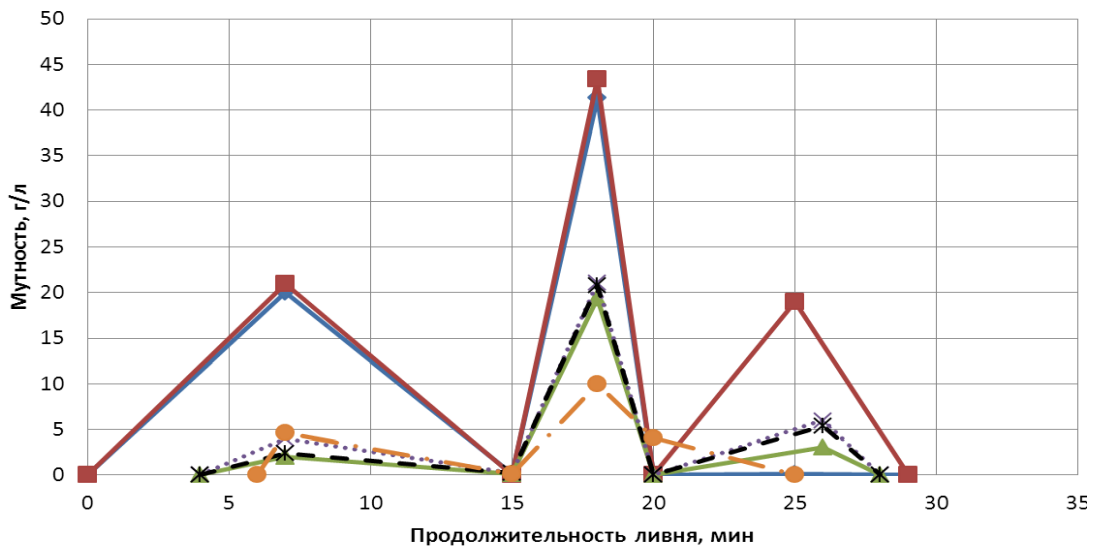


Рисунок 3.11 – Температура воздуха на поверхности снега, расход и мутность воды весной 2013 г.



—◆— Контроль —■— Щ —▲— Щ мчв-5 —×— ЛП —*— ЛП+Щ —●— ЛП+Щ мчв-5



—◆— Контроль —■— Щ —▲— Щ мчв-5 —×— ЛП —*— ЛП+Щ —●— ЛП+Щ мчв-5

Рисунок 3.12 - Интенсивность ливня, ливневый сток и эрозия 14.06.2013 г.

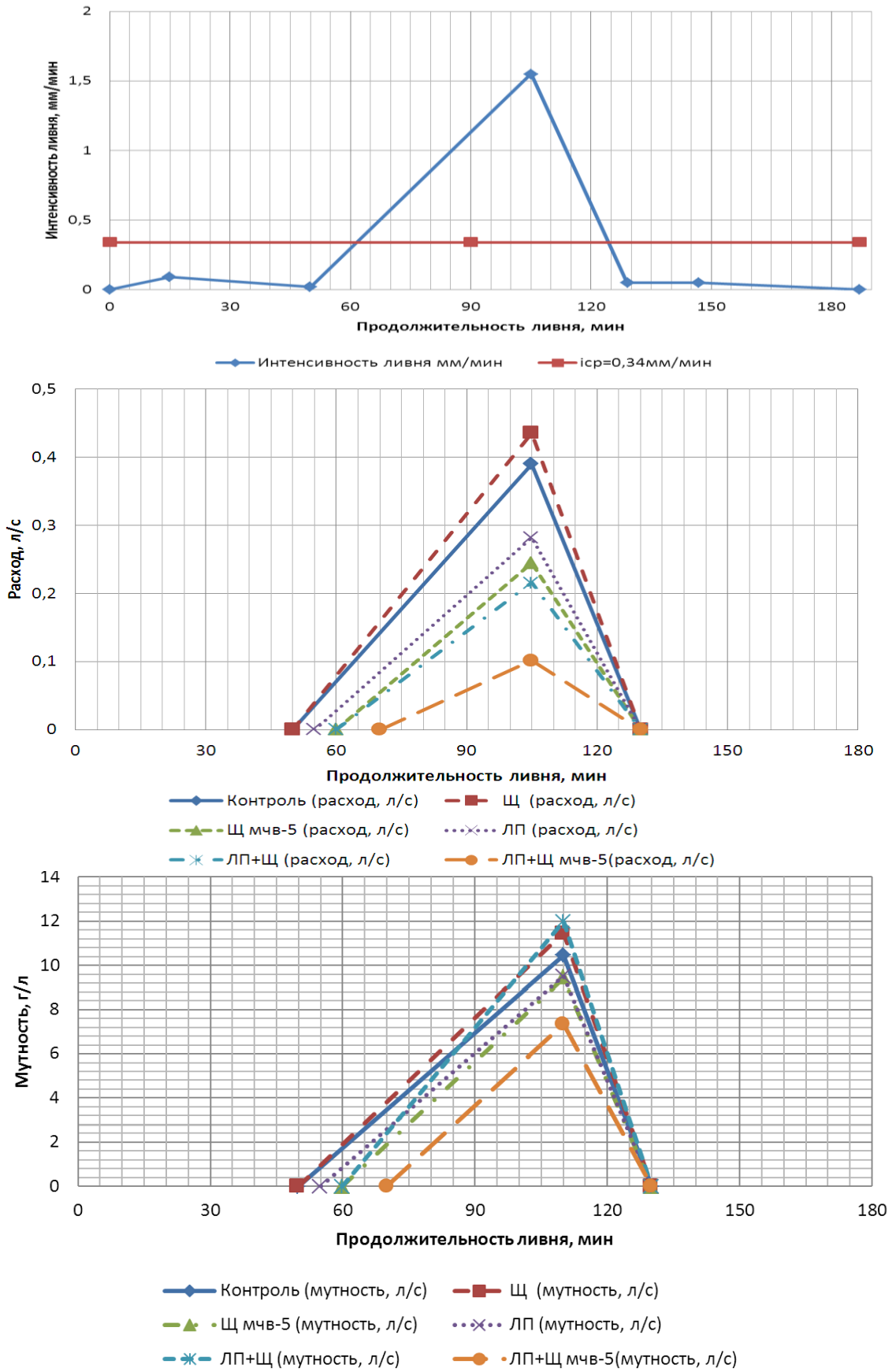


Рисунок 3.13 - Интенсивность ливня, ливневый сток и эрозия 20.06.2013 г.

Заиление щелей от стока взвешенных глинисто-илистых наносов при щелевании привело к формированию более тяжелого гранулометрического состава почв, что впоследствии повлияло на инфильтрационную способность щелей (таблица 3.2), и образование льда при оттепелях, имевшее место весной 2013 г. Мульчирование щелей позволило снизить эрозию почв по сравнению с контролем до 0,52 т/га, но не было достигнуто значения допустимой величины 0,3 т/га, которая отмечена в системе лесных полос.

Содержание глинистой фракции (частиц размером $<0,01$ мм) увеличилось на 18,7% к исходному (до заиления). Одним из решений этой проблемы является заделка щелей растительными остатками, например, сечкой соломы длиной 0,15-0,20 м на глубину щели 0,10-0,15 м. Остатки растительности в щелях (вертикальное мульчирование) способствуют разуплотнению глинисто-илистых наносов: плотность сложения (объемная масса) снижается, пористость, а, следовательно, водовместимость увеличивается.

Растительные остатки в щелях способствуют формированию более рыхлого льда при зимних оттепелях плотностью $0,6 \text{ г/см}^3$ [147] (обычный лед – $0,9 \text{ г/см}^3$), что увеличивает его инфильтрационные свойства (по аналогии со льдом, сформировавшемся около берегов рек, пронизанный камышом, рогозом, кустарником и т.п. – вокруг растений образуются отверстия).

Лесные полосы во время ливней практически не влияли на инфильтрацию воды в почву на вариантах опыта. В период весеннего половодья лесные полосы влияли на впитывающую способность почв через снегоотложение (снежные шлейфы около лесных полос), а следовательно, через промерзание и льдистость почв и наличие льда в щелях.

Щели, заполненные глинистыми частицами, обладают меньшей водопроницаемостью по сравнению с межщелевыми пространствами (см. рис.3.3 и 3.4), что определяет больший сток и эрозию. При последующем повторении ливней (в 2012 году – 2 ливня со стоком, в 2013 г. – 2 ливня со стоком) сток и

эрозия увеличиваются на прощелеванных пастбищах без применения вертикального мульчирования.

Таким образом из пяти лет наблюдений, сток и эрозия при весеннем снеготаянии на вариантах опыта под влиянием лесных полос («ЛП», «ЛП + Щ» и «ЛП + Щ_{мчв-5}») наблюдались лишь в 2013 году. Сложившиеся гидрометеорологические условия зимнего времени с частой сменой отрицательных и положительных температур, неглубокое промерзание почвы перед снеготаянием под воздействием лесных полос, обеспечили впитывание всей талой воды в почву в течение 4 лет из пяти. Погодные условия 2012/2013 года (влажность и промерзание почвы, малоснежная зима) способствовали образованию ледяной корки и льдистости на почве.

Поверхностный сток и эрозия формируются при взаимодействии природных и антропогенных факторов. При эффективном использовании последнего фактора – оптимизации параметров защитных лесных полос (в основном конструкций), рационального размещения мульчированных щелей – можно значительно снизить влияние первого.

При построении графиков зависимости эрозии от элементов водного баланса, нами были взяты данные в среднем за 5 лет (2009-2013 гг.) на всех вариантах опыта для анализа суммарной и весенней эрозии; а так же два ливня за 2013 г. при построении графиков ливневой эрозии (приложение 13).

Суммарная весенняя и ливневая эрозия на 90,7% обусловлена влиянием поверхностного стока и водопоглощения (рисунок 3.14), зависящие от интенсивности снеготаяния и ливней, промерзания, влажности и льдистости почв.

Таким, образом, наши данные подтверждают, что эрозия почвы, как суммарная, так и в отдельности: весенняя и ливневая в значительной степени зависят от элементов водного баланса, таких как водопоглощение и сток, которые в свою очередь, также находятся в зависимости от почвенных и метеорологических условий.

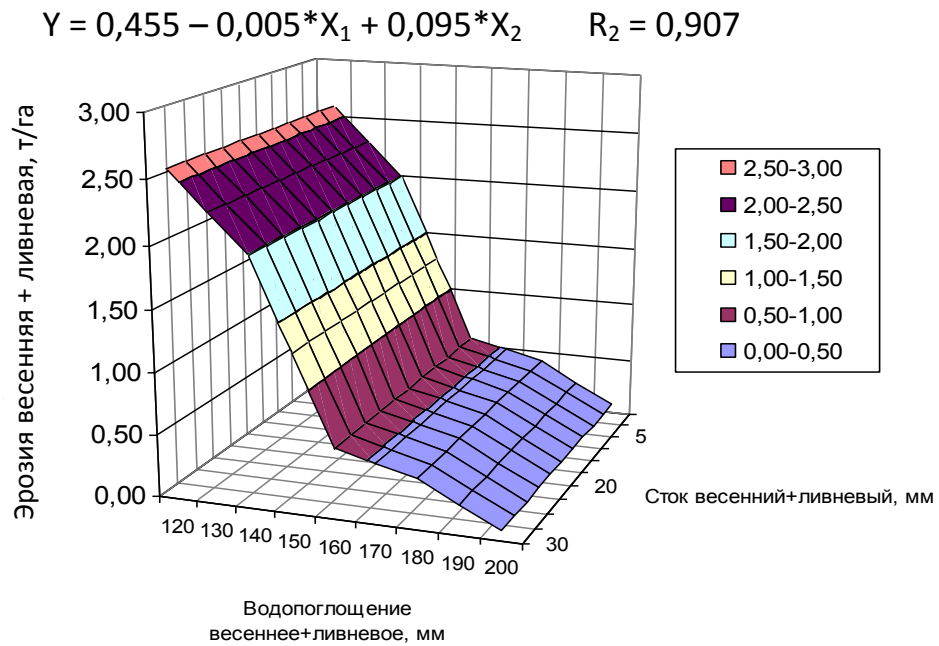


Рисунок 3.14 – Зависимость суммарной весенней и ливневой эрозии от элементов водного баланса (в среднем 2009-2013 гг.)

Весенняя эрозия на 99% зависит от стока и водопоглощения весной (рисунок 3.15).

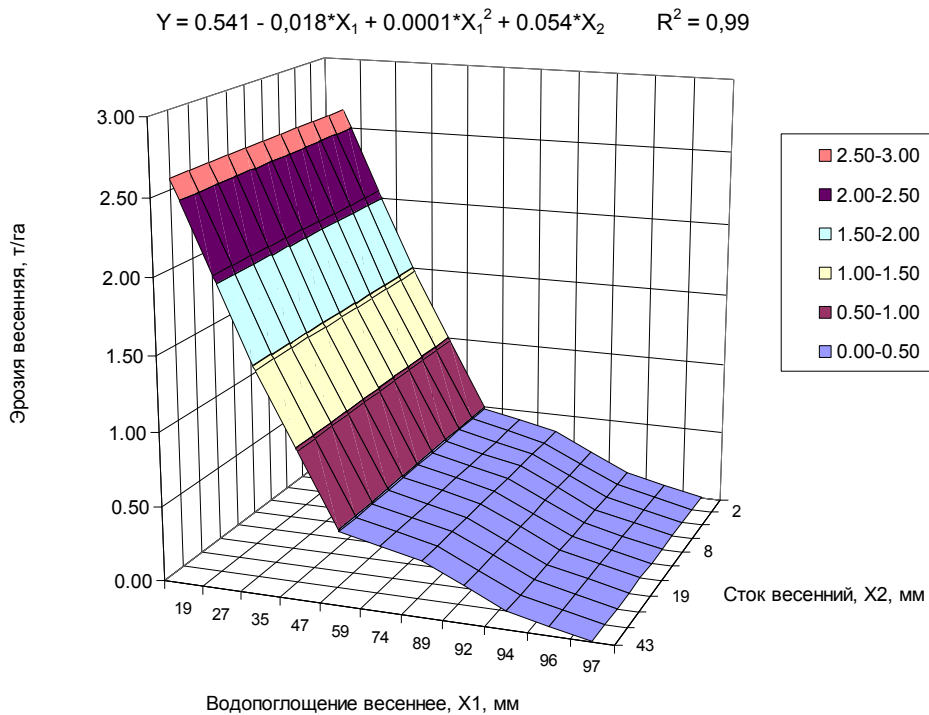


Рисунок 3.15 – Зависимость весенней эрозии от элементов водного баланса (в среднем 2009-2013 гг.)

Эрозия при ливнях 16 и 20 июня 2013 г. в обоих случаях на 98% обусловлена величинами ливневого стока и водопоглощения (рисунки 3.16 и 3.17).

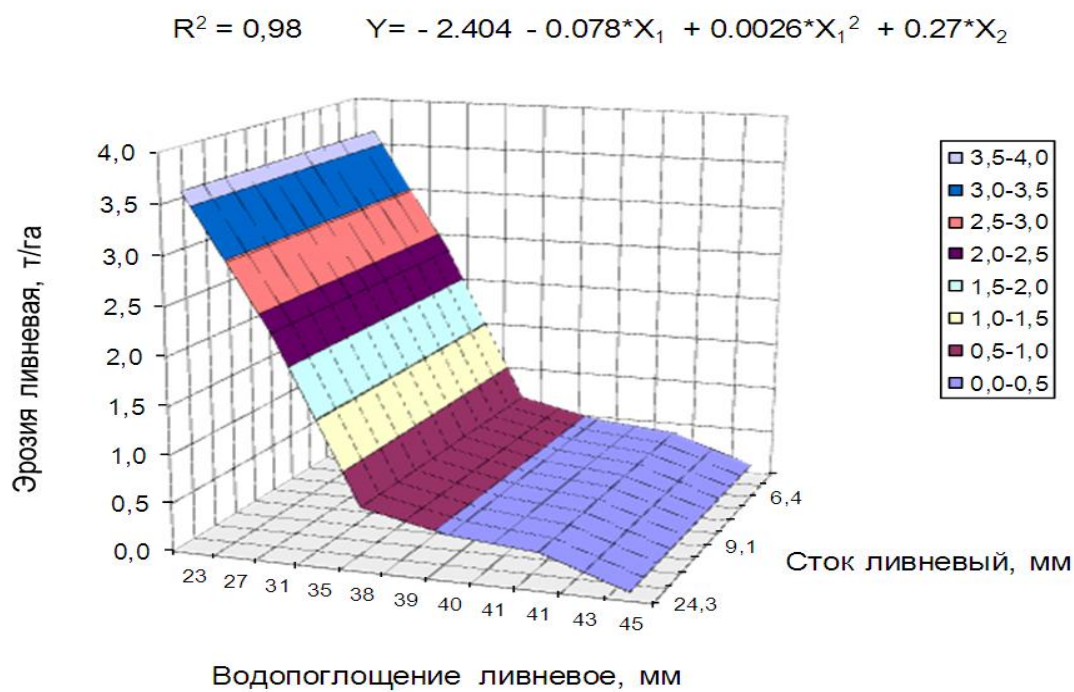


Рисунок 3.16 – Зависимость ливневой эрозии от элементов водного баланса (ливень 14.06.2013 г.)

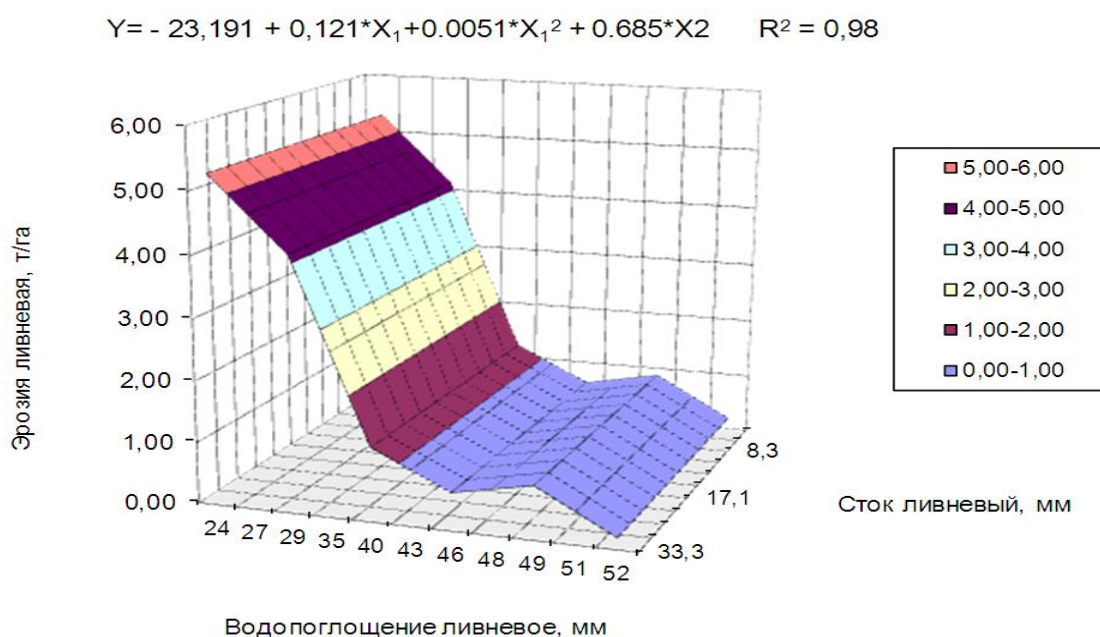


Рисунок 3.17 – Зависимость ливневой эрозии от элементов водного баланса (ливень 20.06.2013 г.)

На основании вышеизложенных данных можно сделать заключение, что лесные полосы совместно с агроулучшающим приемом – щелеванием почвы, снижают поверхностную эрозию в межполосных пространствах до допустимой величины – 0,3 т/га. Данные показатели достигаются при условии вертикального мульчирования щелей сечкой соломы для предотвращения их заиления и льдистости.

Суммарная весенняя и ливневая эрозия на 90,7% обусловлена влиянием поверхностного стока и водопоглощения, предопределяемыми процессами инфильтрации почв, которая в свою очередь на 53-98% обусловлена продолжительностью снеготаяния или ливней, а на 2-47% - гидрометеорологическими условиями процессов и агроулучшающими приемами.

4 ПРОДУКТИВНОСТЬ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ТРАВ ПАСТБИЩ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕСНЫХ ПОЛОС И ЩЕЛЕВАНИЯ С МУЛЬЧЕЙ ЩЕЛЕЙ

Почти 40% природных угодий в России расположены на склонах покатых и сильно-покатых (3-5⁰). Большие по площади овражно-балочные пастбища используются в основном для выпаса скота, в результате чего ухудшается видовой состав трав, появляется изреженность травостоя, уплотняется почва, тем самым создавая условия для усиления эрозионных процессов на склонах, что еще больше ухудшает продуктивность таких угодий [71]. Слабое регулирование поверхностного стока на склоновых землях, нарушение соотношения лесных, луговых и пахотных угодий, перенос на склоны равнинной технологии возделывания сельскохозяйственных культур привели к снижению плодородия почв на склонах, особенно содержанию в них гумуса, и, как следствие, усилению эрозионных процессов [193]. В связи с сокращением использования малопродуктивных смытых земель под севообороты предлагается создавать лесные полосы и проводить щелевание межполосных пастбищных угодий с целью защиты почв от эрозии и повышения продуктивности естественного травостоя.

Опыты проводились на научно-производственном стационаре кафедры «Лесное хозяйство и лесомелиорация» Саратовского ГАУ им Н.И. Вавилова с системой противоэрозионных мелиораций в СПК «Лесной» Татищевского района Саратовской области (см. рисунки 2.1 и 2.2).

Первые 3-4 декады весеннего вегетационного периода отрастания многолетних естественных трав – напрямую связаны с запасами воды в снеге

(снежностью зим), формированием весеннего поверхностного стока (водностью весен) и задержанием стока в лесных полосах (см. таблицы 4.1 и 4.2).

Наивысшие влагозапасы в почве за счет восходящих токов воды из нижних пластов зоны аэрации наблюдались вблизи лесных полос, где промачивание фиксировалось вплоть до капиллярной зоны, что характерно для многоснежных зим.

Отмечается, что после средних и малоснежных зим существенная разница в урожайности естественных трав наблюдается на всех вариантах опыта (см. таблицу). Дисперсионный анализ показал существенные различия в продуктивности трав между опытными вариантами и контролем, исключая вариант «щелевание», где накопление почвенной влаги было наименьшим из-за потерь воды на поверхностный сток, определяемый льдистостью и заилением щелей.

Мульча в щелях способствовала образованию более рыхлого льда при зимних оттепелях, препятствовала заилению, увеличивая инфильтрационные свойства щелей, повышала продуктивность трав за счет питательных элементов в соломе [158].

Закономерно снижается урожайность трав пастбищ с уменьшением запасов воды в снеге предшествующих зим и осадков вегетационного периода: от 2-3 до 1-2 т/га, или в 2-3 раза. Урожайность трав пастбищных угодий под влиянием лесных полос после многоснежных зим превышала контроль на 40,4%, малоснежных - на 44,0%, а совместно с щелеванием и мульчированием соответственно – на 43 и 71%: с уменьшением запасов воды в снеге наблюдается закономерное увеличение в удельном весе продуктивности трав по сравнению с открытой местностью. Более высокая урожайность под воздействием замульчированных щелей связана с привнесом соломой азота, фосфора, калия в течении 5 лет опыта: 1 т/га соломы – N–5,2 кг/га; P –2,0 кг/га; K₂O–6,9 [155]. Кроме того, до 5 кг/га в год и более питательных элементов выносятся из почвы

стоком весенних половодий и ливневых паводков [10]: три весны из пяти и шесть ливней были со стоком (см. таблицу 4.1).

Продуктивность и водопотребление трав пастбищ 1-го укоса (вегетационный период май-июнь) зависят от многих причин, главные из которых следующие:

- осадки предшествующей осени (осеннее увлажнение почв);
- снежность зимы;
- характер весеннего половодья (величина весеннего коэффициента стока);
- увлажнение вегетационного периода отрастания трав пастбищ 1-го укоса (эффективные осадки мая – июня с учетом величины коэффициента ливневого стока).

Кроме того продуктивность и водопотребление трав зависят от примененных лесомелиоративных и агротехнических приемов, в частности, от сечки соломы в качестве вертикального мульчирования щелей – привнесения питательных веществ в почву, а также лесных полос, которые совместно повышают продуктивность трав и снижают коэффициент водопотребления трав.

Наибольшие значения коэффициента водопотребления трав пастбищ 1-го укоса присущи среднесухим и острозасушливым вегетационным периодам отрастания трав (2010г., 2011г.). Предшествующая средневлажная осень 2011 г. и многоснежная зима 2011-2012 гг. при эффективных осадках мая – июня в 53 мм определили коэффициент водопотребления трав от 1034 м³/т на контроле до 729 м³/т на варианте «ЛП + Щ_{мчв-5}» (см. таблицу 4.1). Влажная осень 2012 г., малоснежная зима с коэффициентом стока до 0,70 2012-2013 гг. со значительными осадками мая-июня в 77 мм предопределили низкие значения коэффициента водопотребления: от 832 на контроле до 568 м³/т на варианте опыта «ЛП + Щ_{мчв-5}».

Таблица 4.1 - Влияние агротехнических и лесных мелиораций на продуктивность и водопотребление трав пастбищ 1-го укоса в степи Приволжской возвышенности в 2009-2013 гг.

Варианты опыта	Запасы воды в снеге, мм	Эрозия, т/га	Осадки эффективные, мм	Использование почвенной влаги*, мм	Суммарное водопотребление, мм	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
2009 г. Среднесухая осень 2008 год. Среднеснежная зима. Средневлажное лето. Один ливень со стоком.							
Контроль (К)	98	1,10	110	107	217	1,98	1096
Щелевание	98	0,51	110	109	219	2,11	1038
(Щ) + мульча щелей, 5 т/га – (Щ _{МЧВ-5})	111	0,36	110	117	227	2,57**	883
Лесные полосы (ЛП)	124	0	110	144	254	2,83	898
Щ + ЛП	124	0	110	148	258	3,09	835
Щ _{МЧВ-5} + ЛП	129	0	110	154	264	3,43**	770
						НСР ₀₅ =0,09	
2010 г. Средневлажная осень 2009 г. Среднеснежная зима. Острозасушливое лето. Весна со стоком. Нет ливней.							
К	90	0,12	52	100	152	0,93	1634
Щ	90	0,07	52	102	154	1,02	1510
Щ _{МЧВ-5}	101	0,03	52	110	162	1,99**	814
ЛП	134	0	52	127	179	1,84	978
Щ + ЛП	134	0	52	130	182	2,14	850
Щ _{МЧВ-5} + ЛП	134	0	52	136	188	2,33**	807
						НСР ₀₅ =0,13	
2011 г. Сухая осень 2010 г. Малоснежная зима. Среднее лето. Весна со стоком. Один ливень со стоком.							
К	76	0,71	101	117	218	1,73	1260
Щ	75	0,36	101	120	221	1,79	1235
Щ _{МЧВ-5}	89	0,12	101	131	232	2,19**	1059
ЛП	113	0	101	160	261	2,65	985
Щ + ЛП	113	0	101	165	266	2,72	978
Щ _{МЧВ-5} + ЛП	111	0	101	168	269	3,03**	888
						НСР ₀₅ =0,15	

Продолжение таблицы 4.1

Варианты опыта	Запасы воды в снеге, мм	Эрозия, т/га	Осадки эффективные, мм	Использование почвенной влаги, мм	Суммарное водопотребление, мм	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
2012 г. Средневлажная осень 2011 г. Многоснежная зима. Среденесухое лето. Два ливня со стоком.							
К	190	3,30	53	157	210	2,03	1034
Щ	188	4,47	53	159	212	2,14	991
Щ _{МЧВ-5}	190	1,44	53	163	216	2,77**	780
ЛП	248	1,59	53	175	228	2,85	800
Щ + ЛП	250	1,39	53	180	233	2,98	782
Щ _{МЧВ-5} + ЛП	251	0,29	53	181	234	3,21**	729
						НСР ₀₅ =0,13	
2013 г. Влажная осень 2012 г. Малоснежная зима. Средневлажное лето. Весна со стоком. Два ливня со стоком.							
К	62	7,92	77	97	174	2,09	832
Щ	62	11,56	77	106	183	2,27	806
Щ _{МЧВ-5}	69	1,50	77	114	191	2,73**	700
ЛП	97	2,24	77	124	201	3,01	668
Щ + ЛП	97	1,46	77	119	196	3,17	618
Щ _{МЧВ-5} + ЛП	97	0,28	77	127	204	3,59**	568
						НСР ₀₅ =0,30	
В среднем за 2009-2013 гг. Три весны из пяти со стоком. Шесть ливней со стоком.							
К	103	2,00	79	116	195	1,75	1114
Щ	103	2,59	79	119	198	1,87	1059
Щ _{МЧВ-5}	112	0,52	79	127	206	2,45**	841
ЛП	143	0,56	79	146	225	2,64	852
Щ + ЛП	144	0,41	79	148	227	2,82	805
Щ _{МЧВ-5} + ЛП	144	0,08	79	153	232	3,12**	744
						НСР ₀₅ =0,16	

* С учетом подтягивания влаги из слоя почвы >0,8 м.

** Существенная прибавка урожайности за счет привнесения питательных веществ мульчей соломы

Таблица 4.2- Влияние щелевания и лесных полос на водопотребление трав пастбищ 1-го укоса (2009-2013 гг.)

Показатели	Варианты опыта					
	К	Щ	Щ _{МЧВ-5}	ЛП	ЛП + Щ	ЛП + Щ _{МЧВ-5}
Запасы воды в снеге, мм	103	103	112	143	144	144
Эрозия, т/га*	2,00	2,59	0,52	0,56	0,41	0,08
Осадки эффективные, мм	79	79	79	79	79	79
Использование почвенной влаги, мм: всего	116	119	127	146	148	153
в слое 0,8м	107	111	115	125	128	130
подтягиваемая из слоя > 0,8 м	9	8	12	21	20	23
Суммарное водопотребление, мм	195	198	206	225	227	232
Урожайность трав, т/га**	1,75	1,87	2,45	2,64	2,82	3,12
Коэффициент водопотребления, м ³ /т	1114	1059	841	852	805	744

Допустимая эрозия – 0,3 т/га; **НСР₀₅=0,16 т/га.

Динамика влагозапасов в почве, представленная на рисунке 5.1, подтверждает вышеприведенный анализ водопотребления трав пастбищ 1-го укоса. Запасы влаги в почве накануне отрастания трав весной 2011 г. составили от 80 на контроле до 96% НВ на варианте «ЛП + Щ_{МЧВ-5}» в основном за счет накопления влаги осенью и частично зимних осадков (особенно под влиянием лесных полос), а формирование урожая трав всецело зависело от осадков мая – июня, составляющие 101 мм с практически равномерным распределением по декадам вегетационного периода. К началу укоса влагозапасы в почве составили 60-65% НВ. В начале отрастания трав весной 2012 и 2013 гг. влагозапасы в почве составили от 114-117 на контроле до 121-125% НВ на варианте опыта «ЛП + Щ_{МЧВ-5}»: в 2012 г. за счет многоснежной зимы 2011-2012 гг., а в 2013 г. за счет влажной осени 2012 г. По мере формирования урожая трав содержание влаги в почве изменялось согласно выпавшим осадкам и к концу июня влагозапасы

соответствовали 60-62% НВ (см. рисунок 4.1). Более низкие значения запасов влаги в почве после ливней со стоком 14 июня и 20 июня 2013 г. на контроле объясняются большими величинами ливневого стока (до 33,3 мм) по сравнению с опытными вариантами, где ливневый сток составил от 49 мм на варианте «ЛП + Щ_{мчв-5}» до 10,7 мм на варианте «Щ_{мчв-5}» (см. таблицу 3.4 и рисунок 4.1).

Отмечаются существенные различия по вариантам опыта с агро- и лесомелиоративными приемами по влагозапасам в почве, продуктивности и водопотреблению трав пастбищ 1-го укоса за исключением варианта «Щ», где не происходило увеличение продуктивности трав, в отличие от других вариантов с лесными полосами и мульчированными щелями (см. таблицу 4.1, рисунок 4.1)

Щелевание с вертикальным мульчированием щелей совместно с лесными полосами на склонах с крутизной 5⁰ дало наибольший противозерозионный эффект и максимальную продуктивность трав пастбищ (таблицы 4.1 и 4.2).

Эколого-экономическая оценка почвозащитных мероприятий показала, что на вариантах ЛП, ЛП + Щ, ЛП + Щ_{мчв-5} в среднем за пять лет наблюдений запасы воды в снеге оставили 143 – 144 мм, что на 40% больше, чем на контроле; суммарное водопоглощение на варианте ЛП + Щ_{мчв-5} - на 19% превысило показатели на контроле, коэффициент водопотребления – снизился в 1,5 раза. Урожайность трав пастбищ в среднем по трем вариантам (ЛП, ЛП + Щ, ЛП + Щ_{мчв-5}) под влиянием лесных полос составила 2,86 т/га, что в 1,6 раза больше чем на контроле.

Коэффициент водопотребления естественных трав пастбищ 1-го укоса на 95% обусловлен влиянием водопоглощения и стока, которое в свою очередь зависит от накопления снега и влаги в почве, (рисунок 4.2). С уменьшением стока воды суммарное водопоглощение (весеннее + ливневое) увеличивается, а коэффициент водопотребления закономерно возрастает в связи с повышением продуктивности трав.

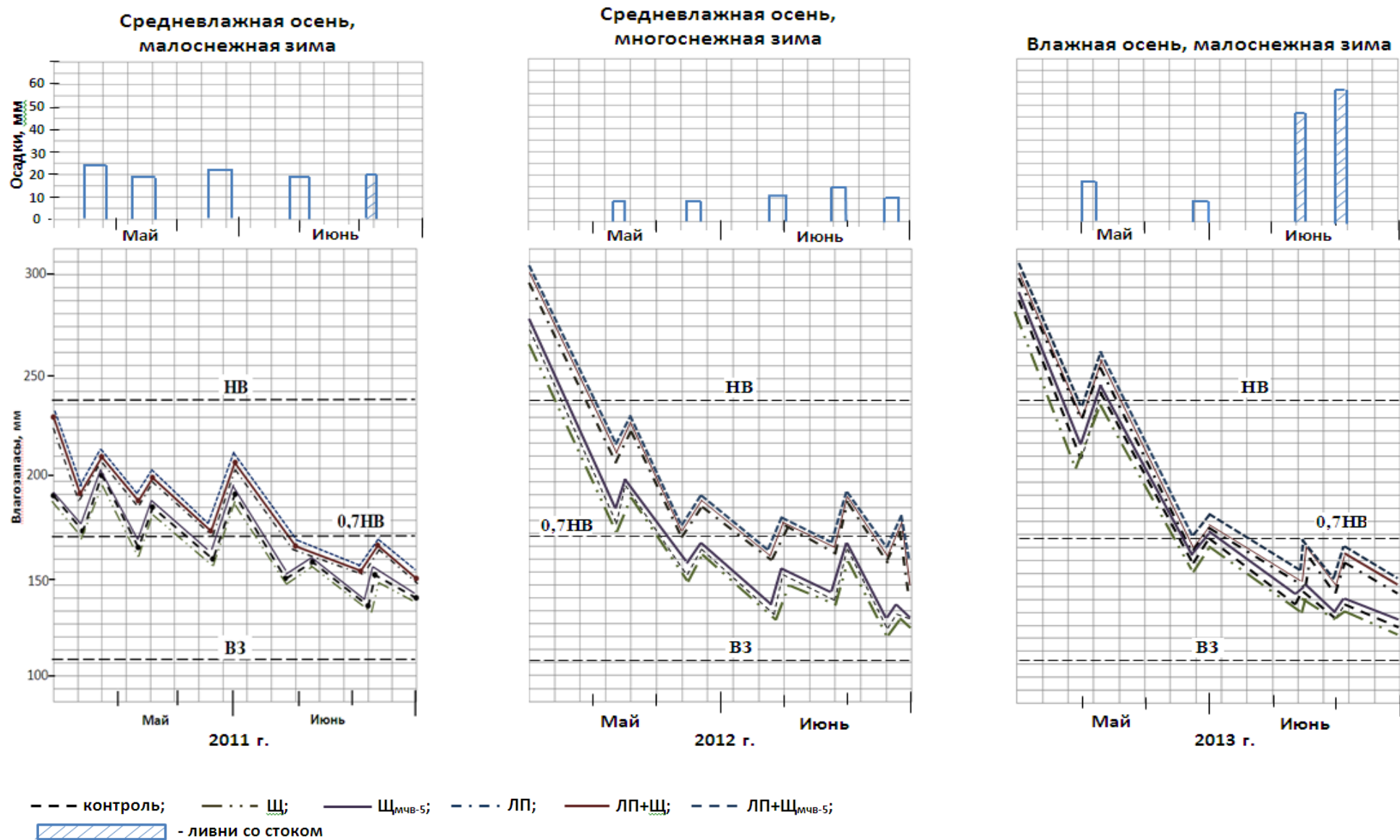


Рисунок 4.1 – Влагозапасы в почве (0,8м) на пастбище в 2011-2013 гг.

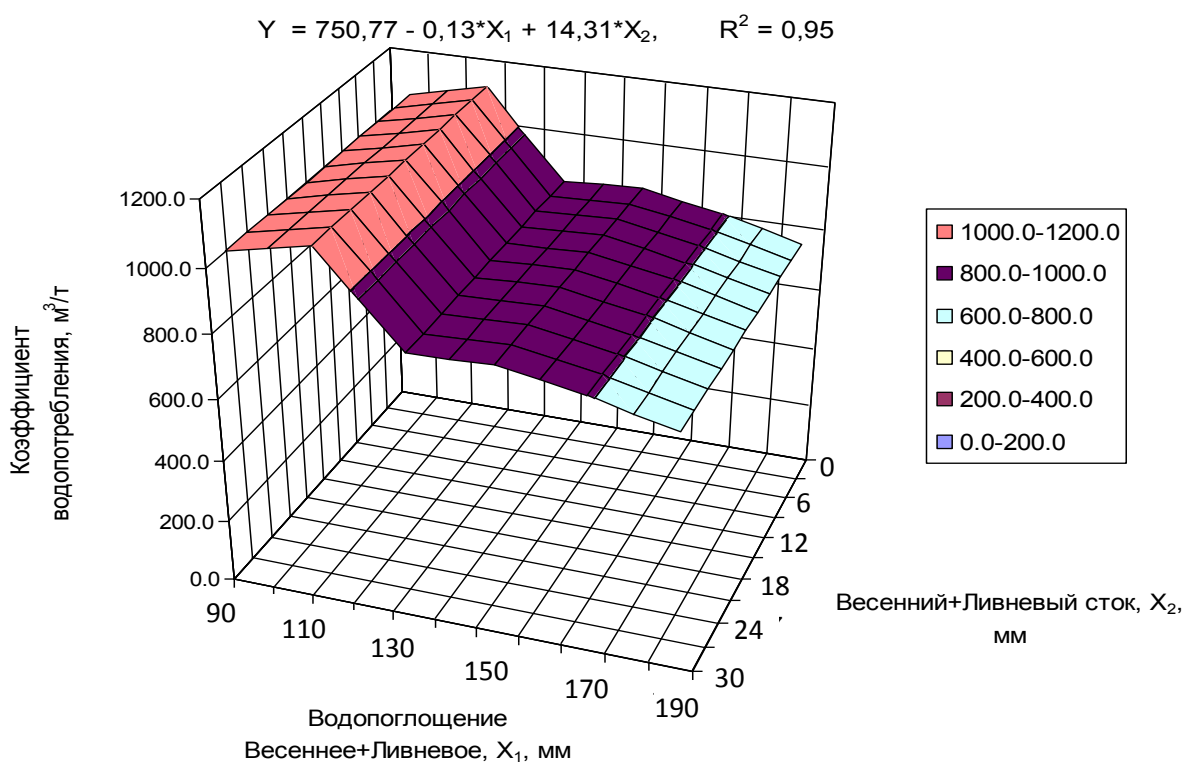


Рисунок 4.2 – Зависимость коэффициента водопотребления трав пастбищ 1-го укоса от водопоглощения и стока

Также нами рассмотрена зависимость коэффициента водопотребления трав пастбищ 1-го укоса от следующих показателей: весеннего и ливневого стока, запасов воды в снеге, урожайности трав. Так, коэффициент водопотребления трав пастбищ 1-го укоса на 87,7% зависит от запасов воды в снеге и использования почвенной влаги (рисунок 4.3). При этом показатели запасов воды в снеге не имеют практического значения, а наибольшее влияние оказывает показатель использования почвенной влаги.

Коэффициент водопотребления трав пастбищ 1-го укоса на 91% зависит от стока (весеннего и ливневого) и запасов воды в снеге плюс эффективные осадки. При этом основное значение приходится на показатели запасы воды в снеге + эффективные осадки, суммарный сток в данном случае не оказывает существенного влияния на показатели водопотребления (рисунок 4.4).

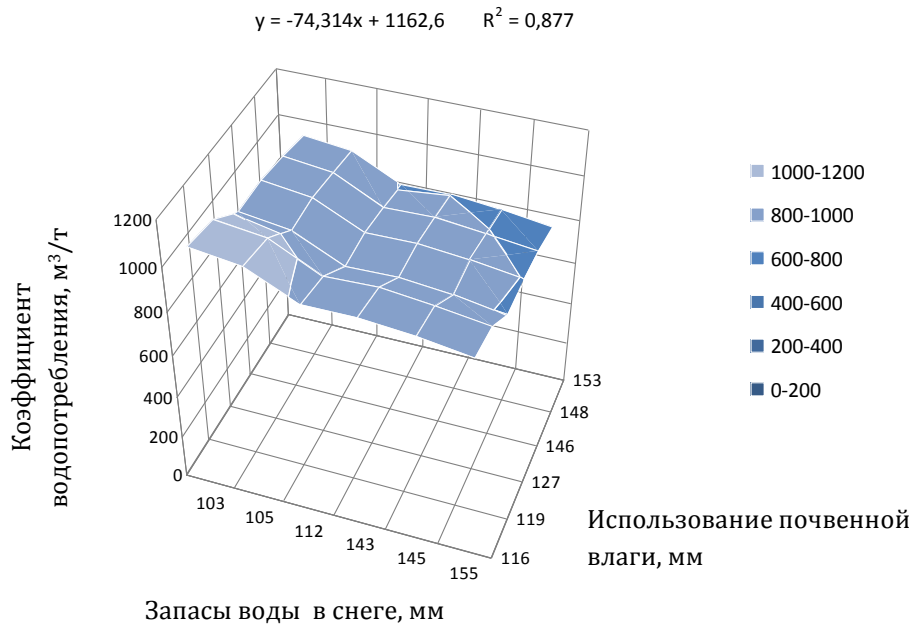


Рисунок 4.3 – Зависимость коэффициента водопотребления трав пастбищ 1-го укоса от запасов воды в снеге и использования почвенной влаги.

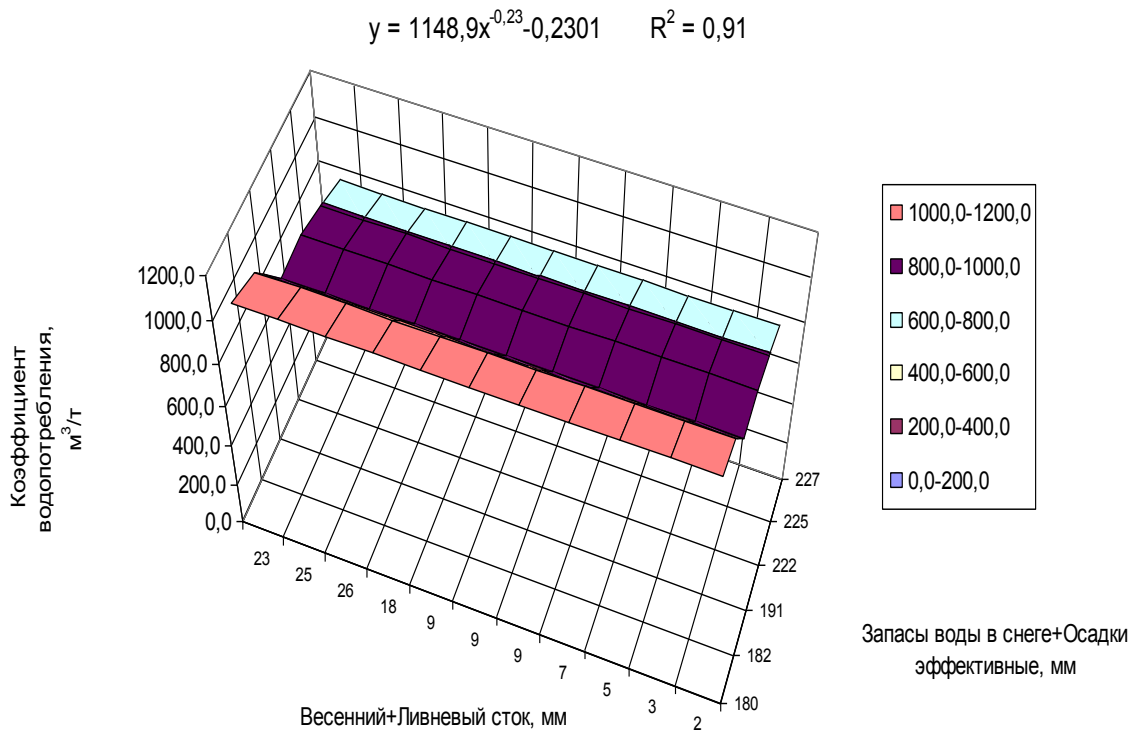


Рисунок 4.4 – Зависимость коэффициента водопотребления трав пастбищ 1-го укоса от запасов воды в снеге, осадков эффективных и стока

Рассматривая зависимость коэффициент водопотребления трав пастбищ 1-го укоса от значений использования почвенной влаги и урожайности, нами

определен коэффициент детерминации равный 0,93. При этом показатели урожайности в данном случае не значительно влияют на водопотребления, и оно прямо пропорционально значениям показателей использования почвенной влаги (рисунок 4.5).

Таким образом, показатели водопотребления в значительной мере обусловлены следующими показателями: запасы воды в снеге, использование почвенной влаги, весенний и ливневый сток, водопоглощение, урожайность.

$$y = -0,0045x^4 + 0,1124x^3 - 0,9341x^2 + 2,5834x + 0,1329 \quad R^2 = 0,93$$

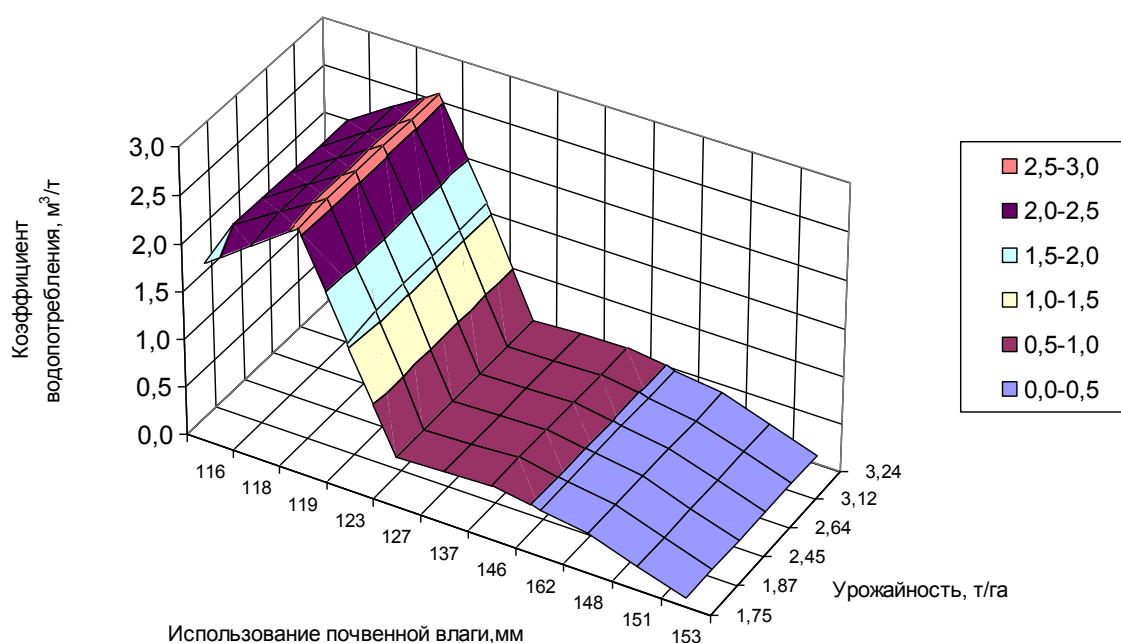


Рисунок 4.5 – Зависимость коэффициента водопотребления трав пастбищ 1-го укоса от использования почвенной влаги и урожайности

Лесные полосы с валами-канавами оказывают существенное влияние не только на продуктивность, но и на видовой состав трав. На открытых площадях (контроле) видовой состав трав не отличается разнообразием, здесь преобладает степной тип растительности: полынь горькая – *Artemisia absinthium L.*, татарник колючий – *Onopordum acanthium L.*, бодяк полевой – *Cirsium arvense L.* и другие. Семейство бобовых представлено всего двумя видами: вика тонколистная – *Vicia tenuifolia Roth*, горошек мышиный – *Vicia cracca L.* (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Видовой состав трав пастбища с оценкой обилия видов

без влияния лесной полосы			под влиянием лесной полосы		
Семейство	Вид	Обилие по шкале Брауна-Бланке	Семейство	Вид	Обилие по шкале Брауна-Бланке
Астровые	Бодяк полевой – <i>Cirsium arvense</i>	4 – площадь покрытия равна ¾ пробной площади	Бобовые	Астрагал датский - <i>Astragalus</i>	3 – площадь покрытия от ¼ до ½ пробной площадки
	Полынь австрийская (полынок) – <i>Artemisia austriaca</i>			Астрагал эспарцетный <i>A. onodrychis</i> L.	
	Полынь горькая – <i>A. absinthium</i>			Астрагал песчаный – <i>A. arenarius</i>	
	Лопух паутинистый - <i>Arctium tomentosum</i> Mill.			Вика тонколистная – <i>Vicia tenuifolia</i> Roth	
	Василек раскидистый - <i>Centaurea diffusa</i> Lam.			Горошек мышиный (вика) – <i>Vicia cracca</i>	
	Василек шероховатый – <i>C. scabiosa</i> L.			Клевер луговой – <i>Trifolium pratense</i>	
	Козлобородник волжский - <i>Tragopogon wolgensis</i> S.Nikit.			Клевер ползучий – <i>T. repens</i>	
	Наголоватка многоцветная - <i>Jurinea multiflora</i> (L.) B. Fedtsch			Чина клубненосная – <i>Lathyrus tuberosus</i>	
	Ястребинка ядовитая - <i>Hieracium virosum</i> Pall			Эспарцет песчаный - <i>Onobrychis arenaria</i> (Kit) Ser.	
	Пупавка русская - <i>Anthemis ruthenica</i> M.B.			Остролодочник колосистый - <i>Oxitropis spicata</i> (Pall) O.et. B. Fedtsch,	
	Латук татарский - <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey		Злаковые	3 – площадь покрытия от ¼ до ½ пробной площадки	
	Татарник колючий - <i>Onopordum acanthium</i> L				Мятлик луговой - <i>Poa pratensis</i>
Цикорий обыкновенный - <i>Cichorium intybus</i> L	Пырей русский - <i>Elytrigia ruthenica</i> Prokud				
Бобовые	Вика тонколистная – <i>Vicia tenuifolia</i> Roth	+ - редко, с крайне незначительной площадью покрытия	Ковыль узколистый - <i>Stipa tirsia</i> (эдификатор)		
	Горошек мышиный (вика) – <i>Vicia cracca</i>		Келерия (тонконог) - <i>Koeléria</i>		
			Овсяница валлисская (типчак) – <i>Festuca valesiaca</i> (эдификатор)		

Продолжение таблицы 4.3

без влияния лесной полосы			под влиянием лесной полосы		
Семейство	Вид	Обилие по шкале Брауна-Бланке	Семейство	Вид	Обилие по шкале Брауна-Бланке
Злаковые	Костер береговой - <i>Zerna viparia (pehn) Nevski.</i>	2 – очень многочисленно, с площадью покрытия не менее 1/20 пробной площади	Злаковые	Костер береговой - <i>Zerna viparia (pehn) Nevski.</i>	3 – площадь покрытия от ¼ до ½ пробной площадки
	Костер безостый - <i>Zerna inermis Lindm.</i>				
	Овсяница валлисская (типчак) – <i>Festuca valesiaca</i> (эдификатор)		Колокольчи ковые	Колокольчик скученный - <i>Campanula glomtrata L.</i>	+ - редко, с крайне незначительной площадью покрытия
	Келерия (тонконог) - <i>Koeléria</i>			Колокольчик болонский – <i>C. bononiensis L.</i>	
	Ковыль узколистный - <i>Stipa tirsa</i> (эдификатор)			Зверобойные	Зверобой продырявленный - <i>Hypericum perforatum L.</i>
Бурачниковые	Липучка обыкновенная - <i>Lappula squarrosa (Retz.) Dumort</i>	+ - редко, с крайне незначительной площадью покрытия	Розовые	Земляника лесная - <i>Fragaria vesca</i>	1 – довольно редко, с большой площадью покрытия
	Воробейник полевой - <i>Lithospermum arvense L.</i>			Репешок обыкновенный - <i>Agrimonia eupatoria L.</i>	
Крестоцветные	Пастушья сумка - <i>Capsella bursa-pastoris</i>	+ - редко, с крайне незначительной площадью покрытия	Норичниковые	Марьянник дубравный - <i>Melampyrum nemorosum L.</i>	1 – довольно редко, с большой площадью покрытия
	Икотник серозеленый - <i>Berteroa incana (L.) DC</i>			Вероника австрийская - <i>Veronica austriaca L.</i>	
	Сирения седая - <i>Syrenia cana (Pill.et.Mitt) Neilr.</i>			Коровяк черный - <i>Verbascum nigrum L.,</i>	
Лютиковые	Лютик многоцветковый - <i>Ranunculus polyanthus L.</i>	г – чрезвычайно редко с крайне незначительной площадью покрытия		Коровяк восточный - <i>V. orientale M.B.</i>	
	Чистяк весенний - <i>Ficaria verna Huds,</i>				
Поддорожниковые	Поддорожник средний - <i>Plantago media L.</i>	г – чрезвычайно редко с крайне незначительной площадью покрытия	Гречишные	Горец вьюнковый - <i>Poligonum convolvulus L.</i>	+ - редко, с крайне незначительной площадью покрытия

Продолжение таблицы 4.3

без влияния лесной полосы			под влиянием лесной полосы		
Семейство	Вид	Обилие по шкале Брауна-Бланке	Семейство	Вид	Обилие по шкале Брауна-Бланке
Маревые	Прутьняк венечный - <i>Kochia scoparia</i>	1 – довольно редко с большой площадью покрытия	Бурачниковые	Липучка обыкновенная - <i>Lappula squarrosa</i> (Retz.) Dumort	+ - редко, с крайне незначительной площадью покрытия
Зонтичные	Синеголовник плосколистный - <i>Eryngium planum</i> L.	+ - редко, с крайне незначительной площадью покрытия		Воробейник полевой - <i>Lithospermum arvense</i> L.	
Молочайные	Молочай Сегье - <i>Seguieriana Neck</i> (E. Gerardiana Jacq.)	+ - редко, с крайне незначительной площадью покрытия	Зонтичные	Резак обыкновенный - <i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	+ - редко, с крайне незначительной площадью покрытия
			Астровые	Козлобородник волжский - <i>Tragopogon wolgensis</i> S.NikiT.	1 - обильно с незначительной площадью покрытия
				Наголоватка многоцветная - <i>Jurinea multiflora</i> (L.) B. Fedtsch	
				Пупавка русская - <i>Anthemis ruthenica</i> M.B.	
				Василек раскидистый - <i>Centauerea diffusa</i> Lam.	
			Одуванчик лекарственный - <i>Onopordum acanthium</i> L		
			Крестоцветные	Пастушья сумка - <i>Capsella bursa-pastoris</i>	г – чрезвычайно редко с крайне незначительной площадью покрытия

Вблизи 30-летних лесных полос видовой состав трав от степного меняется к лесостепному типу, с преобладанием бобово-злакового разнотравья (чина клубненосная – *Lathyrus tuberosus* L., клевер луговой – *Trifolium pratense* L., астрагал датский – *Astragalus danicus* Betz. и др.). В видовом составе под влиянием лесных мелиораций преобладают бобовые, злаковые и сложноцветные травы (таблица 4.3).

Наблюдались существенные различия не только по качественному, но и по количественному составу видовой разнообразия травяного покрова в зависимости от варианта изучения. Так, на первых трех вариантах опыта (К, Щ, Щ_{мчв-5}) без влияния лесных полос, видовой состав трав включал 19 видов 8 семейств с преобладанием семейства злаковых (26,3%) и астровых (21,1%). На вариантах опыта под влиянием лесных полос (ЛП, ЛП + Щ, ЛП + Щ_{мчв-5}) насчитывалось 36 видов разнотравья 11 семейств. Преобладали бобовые (27,8%), злаковые (19,4%) и астровые (13,9%) (приложение 14). Таким образом, наблюдалось увеличение видов трав семейства бобовых в 2,6 раза; остальные представленные семейства так же дополняются более ценными в кормовом отношении видами (пырей русский, мятлик луговой, земляника лесная, одуванчик лекарственный и др.), по сравнению с вариантами без влияния лесных полос (таблица 4.3).

В заключении, можно отметить, что под воздействием лесных полос глубже расчетного слоя почвы (0,8м) накапливается влаги на 15-20% больше, что без лесных полос характерно только для многоснежных зим. В малоснежные зимы на вариантах без лесных полос использование почвенной влаги из слоя больше расчетного отсутствовало, а повышение урожайности связано с привнесением питательных элементов соломой. По мере отрастания корневая система использует воду глубинных слоев почвы, что влияет на коэффициент потребления трав, значение которого снижается с увеличением запасов воды в снеге и использования почвенной влаги (см. таблицу 4.2 и рисунок 4.1).

Наибольшая существенная прибавка урожайности естественного травостоя пастбищ характерна при сочетании щелевания с вертикальным мульчированием щелей и лесных полос: после предшествующих малоснежных зим и незначительного выпадения осадков – самого неблагоприятного сочетания погодных условий – прибавка составила 17-27% по сравнению с отдельным применением щелевания и лесных полос, а с контролем - в 1,5 раза, соответственно после многоснежных зим – 12,6-15,9% и 58,1%

Коэффициент водопотребления трав пастбищ уменьшается на 4,9-33,2% с увеличением снеговых запасов и продуктивности, что связано с действием лесных полос и привнесением питательных веществ соломой.

Под воздействием 30-ти летних лесных полос степной тип растительности меняется на лесостепной с преобладанием бобовых, злаковых и сложноцветных трав.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИЕМОВ МЕЛИОРАЦИИ ЭРОДИРОВАННЫХ ПАСТБИЩ

За последние 20-25 лет земли склоновых напряженных типов агроландшафтов с крутизной более 3° не обрабатываются и оставляются под пастбища. Ранее на склоновых землях, в целях борьбы с эрозией, создали лесные полосы, усиленные земляными валами-канавами, которые выполняют функцию защиты почв от линейной и частично от поверхностной эрозии, дальнейшее уменьшение которой агромелиоративными приемами до допустимой величины предпринято нашими исследованиями (см. рисунок 2.6).

Наиболее эффективным агроприемом в межполосном пространстве совместно с лесными полосами оказалось щелевание с вертикальным мульчированием щелей с целью борьбы с заилением и льдистостью, а также повышения продуктивности естественного травостоя. Мульчирование щелей производилось соломой, минерализация которой впоследствии способствовала, наряду с лесными полосами, увеличению урожайности трав пастбищ. Лесные полосы 30-45 - летнего возраста формируют естественный травостой с большим разнообразием видового состава бобовых и сложноцветных трав, благодаря созданию оптимального микроклимата в межполосных пространствах, сохранению почвы, гумуса, питательных веществ.

Программой исследований не предусматривалось изучение влияния лесных полос на микроклимат, а также потерь питательных веществ в результате эрозии.

Экономическая оценка повышения урожайности трав пастбищ под влиянием мелиоративных приемов, учитывая потери питательных веществ в результате эрозии, дана исходя из исследований в аналогичных условиях ВНИИ агролесомелиорации (1985, 2006) и П.Н. Проездова (2008, 2012), ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии (1987,2000). Увеличение продуктивности трав пастбищ за счет сохранения почвы и питательных элементов, согласно методике ВНИАЛМИ (1985), составляет в среднем 20%, что принято нами в расчетах экономической эффективности (таблица 5.2). В затратах на продукцию учтена уборка и транспортировка трав пастбищ с оценкой, исходя из переводного коэффициента в кормовые единицы 0,23 по отношению к овсу и цены овса в 3,5 тыс. руб./т (в ценах 4-го квартала 2013 г.).

Экономическая оценка влияния лесных и агротехнических мелиораций на урожайность трав пастбищ 1-го укоса в течение 2009-2013 гг. приведены в таблицах 5.1 и 5.2.

Мелиоративные приемы по годам исследований закономерно влияли на увеличение прибыли и рентабельности естественного травостоя, благодаря повышению урожайности. Отмечается отрицательное значение рентабельности (-20,4%) при щелевании трав 1-го укоса в 2011 году из-за низкой урожайности, не покрывающей затраты на косьбу и транспортировку к месту скармливания (см. таблицу 5.1).

Проведение щелевания с мульчированием щелей снизило значения рентабельности в сравнении с контролем по годам исследований в 2,3-4,3 раза, а в среднем – в 2,9-3,1 раза. Продуктивность трав под влиянием лесных полос наиболее рентабельна и составляет 247,5%, а учитывая сохранность почв и питательных веществ лесными полосами – 254,2% (см. таблицу 5.2, приложение 15), благодаря тому, что ежегодные затраты на лесные полосы определяются амортизационными отчислениями, которые малы, по сравнению с устройствами щелей.

Таблица 5.1 - Экономическая оценка влияния щелевания и лесных полос на урожайность трав пастбищ 1-го укоса в степи Приволжской возвышенности в 2009-2013 гг.

Варианты опыта	Затраты, тыс.руб/ га	Урожайность пастбищ, т/га	Оценка продукции, тыс.руб/га	Прибыль, тыс.руб/г а	Рентабель- ность,%
2009 г.					
Контроль (К)	0,61	1,98	1,59	0,98	160,6
Щелевание (Щ)	1,01	2,11	1,70	0,69	68,3
Щ + мульча щелей, 5 т/га – (Щ _{МЧВ-5})	1,35	2,57	2,07	0,72	53,3
Лесные полосы (ЛП)	0,61	2,83	2,28	1,67	273,8
ЛП + Щ	1,01	3,09	2,49	1,48	146,5
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	1,35	3,43	2,76	1,41	104,4
2010 г.					
К	0,61	1,73	1,39	0,78	127,9
Щ	1,02	1,79	1,44	0,42	41,2
Щ _{МЧВ-5}	1,36	2,19	1,76	0,40	29,2
ЛП	0,61	2,65	2,13	1,52	249,2
ЛП + Щ	1,02	2,72	2,19	1,17	114,7
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	1,36	3,03	2,44	1,08	79,4
2011 г.					
К	0,50	0,93	0,75	0,25	50,0
Щ	1,03	1,02	0,82	- 0,21	- 20,4
Щ _{МЧВ-5}	1,37	1,99	1,60	0,23	16,9
ЛП	0,60	1,84	1,48	0,88	146,7
ЛП + Щ	1,03	2,14	1,72	0,69	67,0
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	1,37	2,33	1,88	0,51	37,2
2012 г.					
К	0,63	2,03	1,63	1,00	158,7
Щ	1,04	2,14	1,72	0,68	65,4
Щ _{МЧВ-5}	1,38	2,77	2,23	0,85	61,6
ЛП	0,62	2,85	2,29	1,67	269,4
ЛП + Щ	1,04	2,98	2,40	1,36	130,8
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	1,38	3,21	2,58	1,20	87,0
2013 г.					
К	0,63	2,09	1,68	1,05	166,7
Щ	1,05	2,27	1,83	0,78	74,3

Продолжение таблицы 5.1

Варианты опыта	Затраты, тыс.руб/ га	Урожайность пастбищ, т/га	Оценка продукции, тыс.руб/га	Прибыль, тыс.руб/га	Рентабель- ность, %
Щ _{МЧВ-5}	1,39	2,73	2,20	0,81	58,3
ЛП	0,63	3,01	2,42	1,79	284,1
ЛП + Щ	1,05	3,17	2,55	1,50	142,3
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	1,39	3,59	2,89	1,50	107,9
В среднем 2009-2013 гг.					
К	0,60	1,75	1,41	0,81	135,0
Щ	1,03	1,87	1,51	0,48	46,6
Щ _{МЧВ-5}	1,37	2,45	1,97	0,60	43,8
ЛП	0,61	2,64	2,12	1,51	247,5
ЛП + Щ	1,03	2,82	2,27	1,24	120,4
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	1,37	3,12	2,51	1,14	83,2

Таблица 5.2 - Рентабельность пастбищных угодий под влиянием лесных полос и щелевания с мульчированием, с учетом предотвращенного ущерба от эрозии (в среднем за 2009-2013 гг.)

Варианты опыта	Эрозия, т/га	Урожай- ность трав, т/га*	Затраты, тыс. руб/га	Оценка продукции, тыс. руб/га	Прибыль, тыс. руб/га	Рентабель- ность, %
К	2,00	1,75	0,91	1,41	0,50	54,9
Щ	2,59	1,87	1,37	1,51	0,14	10,2
Щ _{МЧВ-5}	0,52	2,95	1,46	2,37	0,91	62,3
ЛП	0,56	3,17	0,72	2,55	1,83	254,2
ЛП + Щ	0,41	3,38	1,17	2,72	1,55	132,5
ЛП + Щ _{МЧВ-5}	0,08	3,74	1,23	3,01	1,78	144,7

*НСР₀₅=0,16 т/га.

Дальнейшее повышение рентабельности естественных пастбищ будет заключаться в подсеве бобовых и др. видов трав (вики, донника и др.) и применении минеральных удобрений в системе лесных полос, создающих оптимальные условия для расширения видового разнообразия, что отмечено нами в дикой природе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Лесные полосы с валами-канавами, располагающиеся контурно и дифференцированно от водораздела до гидрографической сети, предотвращают линейную и частично снижают поверхностную эрозию почв.

2. В межполосных пространствах дальнейшее сокращение поверхностной эрозии почв до допустимой величины 0,3 т/га достигается щелеванием с вертикальным мульчированием щелей для борьбы с заилением и льдистостью. Суммарная весенняя и ливневая эрозия на 90,7% обусловлена влиянием поверхностного стока и водопоглощения, предопределяемыми процессами инфильтрации почв.

3. Инфильтрационная способность почв, определяющая формирование весеннего и ливневого стока и эрозии, под влиянием лесных полос и щелевания с мульчей щелей повышается по сравнению с контролем в 2-4,5 раза, и на 53-98% обусловлена продолжительностью снеготаяния или ливней, а на 2-47% - гидрометеорологическими условиями процессов и агромелиоративными приемами.

4. Межщелевые расстояния, зависящие от гранулометрического состава почв, проективного покрытия растительности, уклона, уменьшаются с удалением от лесных полос: 1Н (Н – высота ЛП) – 2,8 м; 3Н – 2,1 м; 10Н – 1,4 м; 20Н – 0,7 м.

5. Доза мульчирования щелей сечкой соломы, зависящая от межщелевого расстояния, увеличивается с удалением от лесных полос: 1Н – 2,4 т/га; 3Н – 3,2 т/га; 10Н – 5,0 т/га; 20Н – 9,6 т/га.

6. Наибольшая существенная прибавка урожайности естественного травостоя пастбищ характерна при сочетании щелевания с вертикальным мульчированием щелей и лесных полос: после предшествующих малоснежных зим и незначительного выпадения осадков – самого неблагоприятного сочетания

погодных условий – прибавка составила 17-27% по сравнению с отдельным применением щелевания и лесных полос, а с контролем в - 1,5 раза, соответственно после многоснежных зим – 12,6-15,9% и 58,1%.

7. Коэффициент водопотребления трав пастбищ 1-го укоса уменьшается на 4,9-33,2% с увеличением продуктивности, что связано с влиянием лесных полос и внесением питательных веществ соломой, и на 95% обусловлен влиянием водопоглощения и стока.

8. Под воздействием 30 и 45-летних лесных полос степной тип растительности меняется на лесостепной с преобладанием бобовых, злаковых и сложноцветных трав. Количественное увеличение видов трав семейства бобовых на варианте под влиянием лесной полосы составило 2,6 раза.

9. Рентабельность пастбищ под влиянием лесных и агроландшафтных приемов с учетом сохранения почв и питательных веществ в результате эрозии увеличивается на 89,8%.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Располагать контурные лесные полосы с валами-канавами по нижней опушке на расстоянии 300 м при крутизне склонов 50.

2. Щелевать щелерезом межполосные пастбища на глубину 0,3 м с межщелевым расстоянием на удалении от лесной полосы: 1Н – 2,8 м; 3Н – 2,1 м; 10Н – 1,4 м; 20Н – 0,7 м.

3. Применять дозу сечки соломы на глубину щели 0,1 м на удалении от лесной полосы: 1Н – 2,4 т/га; 3Н – 3,2 т/га; 10Н – 4,8 т/га; 20Н – 9,6 т/га.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ:

- распространить исследования в лесостепную и сухостепную зоны Приволжской возвышенности и на различные типы агроландшафтов: пологий ложбинный (1-30); покатый (3-50) и покато-крутой (5-80) склоново-овражные;

- провести исследования по улучшению использования эродированных пастбищных угодий среди лесных полос, путем подсева бобовых трав (вики, клевера, чины и др.) и внесения минеральных удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конституция Российской Федерации: офиц. текст. - М.: Проспект, 1997. – 39 с.
2. Земельный кодекс Российской Федерации: Официальный текст. – М.: ТК Велби, 3-51 2005. Федеральный Закон Российской Федерации: [Федер. закон: принят Гос. Думой 8 дек. 1995г.: по состоянию на 3 янв. 2001 г.].
3. Постановление Правительства РФ № 780 от 08.11.2001 «О Федеральной целевой программе «Повышение плодородия почв России на 2002-2005 годы».
4. Постановление Правительства РФ № 99 от 20.02.2006 «О Федеральной целевой программе «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы».
5. Федеральный закон Российской Федерации «О мелиорации земель»: от 10 января 1996 г. (с изм. и доп. 15.04.1998, 22.08.2004, 31.12.2005, 08.11.2008).
6. Федеральный закон Российской Федерации «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения»: [Федер. закон: принят Гос. Думой от 16.07.98 № 101-ФЗ].
7. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2010 году. М., 2011. – 26 с.
8. «Об охране окружающей среды»: [Федер. закон: принят Гос. Думой от 10.01.02 г. № 7].
9. Агролесомелиорация / Под ред. А. Л. Иванова и К. Н. Кулика. Волгоград, ВНИАЛМИ, 2006. – 746 с.
10. Агролесомелиорация / Под ред. П. Н. Проедова. Саратов, СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2008. – 668 с.
11. Агротехнические приемы задержания стока осадков и защиты почв от водной эрозии: рекомендации СНИИСХ. – Ставрополь, 1976.

12. Алексеев, Г. А. О ширине водорегулирующих лесных полос / Г.А. Алексеев // Метеорология и гидрология. 1952. № 2. С. 38-41.
13. Алибеков, Х. А. О расчете стокорегулирующей эффективности лесных полос / Х. А. Алибеков, В.С. Бурменский // Водные ресурсы. № 6. С. 62-69.
14. Арманд, Д. Л. Физико-географические основы проектирования сети полевых защитных лесных полос / Д. Л. Арманд / - М. 1961. 368 с.
15. Арманд, Д. Л. Наука о ландшафте (основы теории и логико-математические методы) / Д. Л. Арманд / М.: Мысль, 1975. 288 с.
16. Бабаян, Л. А. Высотное расположение, экспозиция склонов и почвенное плодородие / Л. А. Бабаян // Защитное лесоразведение, мелиорация земель и проблемы земледелия в Российской Федерации: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2008. С. 253-258.
17. Багров, М. Н., Сохранение и восстановление плодородия почв при строительной планировке орошаемых полей / М. Н. Багров, В. М. Иванов, Л. В. Иванова / М., 1981. – 142с.
18. Барабанов, А. Т. Агролесомелиорация в почвозащитном земледелии / А.Т. Барабанов / Волгоград: ВНИАЛМИ, 1993. – 156с.
19. Барабанов, А. Т. К методике прогнозирования поверхностного стока талых вод. А.Т. Барабанов // Теория и практика агролесомелиорации: Материалы международной научно - практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Суса. – Волгоград: изд. ВНИАЛМИ, 2005. С. 218-223.
20. Барабанов, А. Т. Методологические основы проектирования почвозащитных мероприятий при ландшафтном земледелии / А. Т. Барабанов // Защитное лесоразведение, мелиорация земель и проблемы земледелия в Российской Федерации: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2008. С. 34-37.

21. Барабанов, А. Т. Поверхностный сток талых вод, его прогноз и регулирование / А. Т. Барабанов // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно – практической конференции, посвященной 80-летию ВНИИ агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 157 - 164.

22. Барабанов, А. Т. Научные основы агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства водосборов и разработки систем земледелия / А. Т. Барабанов // Агролесомелиорация в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: поиск новой модели (к 90-летию академика РАСХН Е.С. Павловского): материалы Международной научно – практической конференции аспирантов и молодых ученых. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. С. 25-30.

23. Берг, Л. С. Климат и жизнь / Л. С. Берг / 2-е изд. М.: ОГИЗ, 1947, 356 с.

24. Берталанфи, Л., фон. История и статус общей теории систем / Л. фон. Берталанфи // Системные исследования: Ежегодник. М.: Наука, 1973. С. 20-37.

25. Биолчев, А. Эрозия и борьба с ней / А. Биолчев / Изд. 2. София: Държавно издат. За селскостопанска лит-ра, 1966. - 460 е.

26. Бисвас, Азит К. Человек и вода: Пер. с англ. / Азит К. Бисвас / Л.: Гидрометеиздат. 1975. - 288 с.

27. Бондаренко, Ю. В. Условия эрозии и эрозионные свойства почв Правобережья Саратовской области / Ю. В. Бондаренко, В. А. Калужский. З. П. Иванова и др. // Эрозионные свойства почв некоторых регионов РСФСР. – Брянск, 1990. С. 41-50.

28. Бондаренко, Ю. В. Агролесомелиорация присетевых эродированных склонов Саратовского Правобережья / Ю. В. Бондаренко // Защитное лесоразведение и мелиорация земель в степных и лесостепных районах России /

Материалы Международной научно – практической конференции. Волгоград. ВНИАЛМИ, 1998. - С. 25-26.

29. Бондаренко, Ю. В. Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований: учебное пособие / Ю. В. Бондаренко. - Саратов: СГАУ, 1998. - 164 с.

30. Бондаренко Ю. В. Мелиоративная и экономическая эффективность противозерозионного комплекса в Саратовском Правобережье / Ю. В. Бондаренко // Развитие адаптивных почвозащитных систем земледелия в Поволжье / Материалы научно – практической конференции, - Саратов, НИИСХ Юго-Востока, 1999. - С. 48-49.

31. Бондаренко, Ю. В. Эрозионно – гидрологическое обоснование систем адаптивно – ландшафтных мелиораций водосборов / Ю. В. Бондаренко. - Саратов, ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2002. - 184 с.

32. Бондаренко, Ю. В. Регулирование местного стока: учебное пособие / Ю. В. Бондаренко, С. В. Желудкова, В. В. Афонин. - Саратов: ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2004. - 72 с.

33. Борткевич, В.М. Укрепление оврагов водосборными валами и канавами / В.М. Борткевич / Петроград. Якорь, 1915. - 45 с.

34. Браун, Д. Методы исследования и учета растительности: научно-популярная литература / Браун Д.; под ред. Т.А. Работнова // М.: Изд-во ин. лит., 1957. – 316 с.

35. Вадюнина, А. Д. Методы исследования физических свойств почв и грунтов (в поле и в лаборатории) / А. Д. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М., 1986. – 89 с.

36. Ванин, Д.Е. Научные основы природоохранных ресурсосберегающих интенсивных систем земледелия / Д.Е. Ванин // Земледелие. 1986. № II. С. 26-30.

37. Васильев, М. Е. Прямая и обратная связь в биоэкологической системе "лесная полоса - защищенное поле" / М. Е. Васильев // Вестник сельскохозяйственной науки. 1982. № 10. С. 136 - 141.

38. Васильев, Ю. И. Методические указания по размещению полевых защитных лесных полос в районах с активной ветровой эрозией/ Ю.И. Васильев, и др. /ВАСХНИЛ. М., 1984. - 59 с.

39. Водогретский, В. Е. Влияние агролесомелиорации на годовой сток. Методика и результаты исследований / В. Е. Водогретский / Л.: Гидрометеиздат, 1979. 184 с.

40. Волков, П. С. Щелевание как метод увлажнения почвы поверхностными водами / П. С. Волков // Гидротехника и мелиорация. 1954.-№11. С. 19-31.

41. Воробьева, О. М. Противозерозионная оценка размещения лесных полос в Правобережье Нижнего Поволжья / О. М. Воробьева // Эколого – экономические проблемы региона: взгляд в будущее: материалы научно – практической конференции, посвященной 10-летию образования кафедры «Экономика природопользования» / Волгоградская ГСХА. – Волгоград, 2009. – С.56-58.

42. Воробьева, О. М. Агролесомелиоративное обустройство склоновых земель и повышение эффективности противозерозионного комплекса на территории Чирско - Донского междуречья/ О. М. Воробьева // Материалы XV региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области / Волгоградская ГСХА. – Волгоград, 2011. – С. 10-14.

43. Высоцкий, Г. Н. Водоразделы и увлажнение степей / Г. Н. Высоцкий / ВАСХНИЛ. М., 1937. 20 с.

44. Гаршинев, Е. А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация / Е. А. Гаршинев / Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. – 196с.

45. Герасименко, В. П. Эффективность противоэрозионных агротехнических мероприятий / Герасименко В. П. // Земледелие. – 1989. – №5. С. 46-48.
46. Готшлаг, Ф.И. Записки по лесным мелиорациям /Ф.И. Готшлаг/ ДИСХиМ. Новочеркасск, 1930 . 80 с.
47. Григоров, М.С. Противоэрозионные гидротехнические сооружения: Учеб. пособие / М.С. Григоров, А.Ю. Черемисинов, Н.Н. Дубенок; МСХА. — М., 1993. - 147 с.
48. Григорьев, В. Я. Как оценить водозадерживающую способность щелевания / В. Я. Григорьев, М. С. Кузнецов, К. Ю. Хан, О. В. Соловьева // Мелиорация и водное хозяйство. - 1990. - №2. С. 19-20.
49. Грызлов, Е.В. Почвозащитная система земледелия / Е.В. Грызлов. Ростов н/Д: Кн. изд-во, 1975, 136 с.
50. Данилов, Г.Г. Защитные лесонасаждения и система земледелия / Г.Г. Данилов, М.: Лесная промышленность, 1971. – 188 с.
51. Демидов, В. В. Закономерности эрозии лесостепной зоны при снеготаянии как научная основа системы почвозащитных и природоохранных мероприятий: автореф. дис. докт. биол. наук: 11.00.11 / В. В. Демидов. – М., 2000. – 47 с.
52. Демонце, П. Практическое руководство к облесению и задернению гор. Пер. с франц. / П. Демонце. Тифлис, 1891. 394 с.
53. Демьянова Т. В. Почвозащитные обработки на среднесмытых черноземах Саратовского Правобережья / Т. В. Демьянова // Почвозащитное земледелие в Поволжье. Саратов, 1985. С 81-90.
54. Докучаев, В.В. Способы образования речных долин Европейской России / В.В. Докучаев. Спб., 1878. 223 с.
55. Докучаев, В. В. Наши степи прежде и теперь. – М.: Сельхозиздат, 1953 – 152 с.

56. Долгилевич, М. И. Система лесных полос и ветровая эрозия / М. И. Долгилевич, Ю. И. Васильев, А. Н. Сажин М.: Лесная промышленность, 1981. 160 с.
57. Долгилевич, М. И., Швевс, Г. И., Зыков, И. Г. Научные основы прогнозирования и система предупреждения эрозионных процессов / М.: Колос, 1992. – 147 с.
58. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. М., 1979. – 416 с.
59. Дубинский, Г.П., Почвозащитное устройство агроландшафта / Г. П. Дубинский, В.И. Бураков. Харьков: Висша школа, 1985. 216 с.
60. Жаринов, Е. П., Эффект щелевания при орошении / Е. П. Жаринов, Е.П. Боровой // Земледелие. – 1991. №5. С. 65-67.
61. Зархина, Е.С. Система принципов адаптивного земледелия / Е.С. Зархина, В.П.Каракин // География и природные ресурсы. 1986. № 3. С. 15 - 21.
62. Заславский, М.Н. Эрозиоведение / М.Н. Заславский. М., 1983. – 319с.
63. Зыков, И.Г. Защита склонов от эрозии / И.Г.Зыков, В.М.Ивонин, В.К. Духнов // М.: Россельхозиздат, 1985. С.63
64. Зыков, И.Г. Поверхностный сток у лесных полос и его регулирование / И.Г. Зыков, В.И. Антонов // Земледелие. 1984. № II. С. 39-40.
65. Зыков, И.Г. Эффективность новых агротехнических приемов облесения крутосклонов, оврагов, оползней / И.Г. Зыков, Г.И. Гульчак // Лесомелиорация и защитное лесоразведение в Молдавии. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1975. С. 25-30.
66. Зыков, И.Г. Фитомелиорация овражно-балочных земель / И.Г. Зыков // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно – практической конференции, посвященной 80-летию ВНИИ агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 45-48.

67. Иванов, А.Л. Состояние и проблемы защитного лесоразведения, мелиорации и земледелия в Российской Федерации / А.Л. Иванов // Защитное лесоразведение, мелиорация земель и проблемы земледелия в Российской Федерации: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2008. С. 5-9.
68. Иванов, В. Д. Оценка влияния экспозиции склона на сток талых вод и смыв почвы / В. Д. Иванов // Почвоведение. – 1979 - №10. С. 57-59.
69. Иванов, П. К. Плоскорезная обработка почвы на Юго-Востоке. – Саратов: Приволжское кн. изд., 1976. – 81 с.
70. Ивонин, В.М. Агролесомелиорация разрушенных оврагами склонов / В.М. Ивонин. М.: Колос, 1983. 174 с.
71. Ивонин, В.М. Линейная эрозия на пологих склонах с полезащитными лесными полосами / В.М. Ивонин // Лесное хозяйство. 1984. № 10. С. 48-51.
72. Ивонин, В.М. Научные основы агролесомелиорации эродированных склонов / В.М. Ивонин // Известия вузов. Лесн. ж. 1984. № 2.С. 20-25.
73. Ивонин, В.М. Охрана природы в лесомелиорации и лесном хозяйстве / В.М. Ивонин. НИМИ. Новочеркасск. 1986. 85 с.
74. Ивонин, В.М. Противоэрозионные мелиорации водосборов в районах оврагообразования / В.М. Ивонин. М., 1992. – 378с.
75. Ивонин, В. М. Лесные мелиорации ландшафтов: уч. пособие для вузов. – Ростов / Д: СКНЦ ВШ, 2004. 280 с.
76. Ивонин, В.М. Почвозащитная роль производственных лесов на водосборах горных рек Северо-Западного Кавказа / В.М. Ивонин, А.В. Тертерян / Агролесомелиорация в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: поиск новой модели (к 90-летию академика РАСХН Е.С. Павловского): материалы Международной научно – практической конференции аспирантов и молодых ученых. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. С. 119-123.

77. Калиниченко, Н.П., Зыков И.Г. Противоэрозионная лесомелиорация / Н.П. Калиниченко, И.Г. Зыков. М.: Агропромиздат, 1986. 279 с.
78. Калужский, В. А. Интенсивность водоотдачи из снега и инфильтрации воды в почву на черноземах Приволжской возвышенности / В. А. Калужский, П. Н. Проездов // Сборник работ по гидрологии. №20. Л.: Гидрометеиздат. 1988 . С. 16-20.
79. Калужский, В. А. Воздействие комплекса агролесомелиоративных мероприятий на формирование стока и эрозии / В. А. Калужский, П. Н. Проездов // Почвоводоохранное земледелие в Поволжье. Саратов. 1985 . С. 128-135.
80. Карасев, А. С. Лесные мелиорации / А.С. Карасев. М.: Сельхозгиз, 1934.208 с.
81. Караушев, А. В. Общие и некоторые частные вопросы теории русловых процессов и склоновой эрозии: Тр. / А.В. Караушев / ГГИ. Вып. 191. Л.: Гидрометеиздат, 1972. С. 5-22.
82. Качинский, Н. А. Структура почвы / Н. А. Качинский М., изд-во МГУ, 1963. – 99 с.
83. Качинский, Н. А. Физика почв / Н. А. Качинский, М.: Высш. школа, 1970. – ч -2. – 358 с.
84. Киреев, А. К. Щелевание сероземных почв / А. К. Киреев // Земледелие. – 1994. №5. – С. 31-33.
85. Киркби, М. Дж. Моделирование процессов водной эрозии / М.Дж. Киркби //Эрозия почв: Пер. с англ. М.: Колос, 1984. С. 252 - 295.
86. Кирюшин, В. И. Основные принципы разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 1996. С. 8-38.
87. Кожемяченко, И. В., Гидрометрия: Учеб. пособие / И.В. Кожемяченко, Ю.В. Бондаренко, О.В. Гуцол, О.Н. Жихарева: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2007.-160 с.

88. Козаченко, М. А. Показатели снегозапаса и эрозии почв в производных дубовых древостоях Вязовского лесхоза. / М. А. Козаченко // Теория и практика агролесомелиорации: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Суса. – Волгоград: изд. ВНИАЛМИ, 2005. С 249.

89. Козменко, А. С. Основы противоэрозионной мелиорации / А. С. Козменко. М.: Сельхозгиз, 1954. 423 с.

90. Козменко, А. С. Борьба с эрозией почв на сельскохозяйственных угодьях / А. С. Козменко. М.: Сельхозгиз, 1963. 207 с.

91. Колесникова, Л. В., Лесные полосы и их влияние на плодородие чернозема обыкновенного и продуктивность угодий в степи Приволжской возвышенности. Автореф. дис.канд.с.-х. наук: 06.03.04 / Л. В. Колесникова // Саратов, 2006. - 19 с.

92. Коротина, Н. М. Роль растительного покрова в развитии форм овражной эрозии на территории Ульяновского Предволжья / Н. М. Коротина // Учен. записки Казанского госуниверситета. Вопросы геоморфологии Среднего Предволжья, Т. 127, вып. V...VI. 1968. С. 249-261.

93. Костяков, А. Н. Основы мелиораций / А. Н. Костяков. М., 1980. – 622с.

94. Кочуров, Б. И. Устойчивость и сохранение ландшафтов при их сельскохозяйственном освоении / Б. И. Кочуров // Природные комплексы и сельское хозяйство. Вопросы географии. Вып. 124. М.: Мысль, 1984. С.42-50.

95. Кретинин, В. М. Биогеоценология и экология в приложении к лесомелиоративному почвоведению / В.М. Кретинин // Экологическая роль защитных насаждений в лесоаграрном ландшафте: Сб. науч. тр. Вып. 2 (76)/ ВНИАЛМИ. Волгоград, 1982. С. 61-68.

96. Кретинин, В. М. Научные достижения агролесомелиоративного почвоведения за последние 50 лет / В. М. Кретинин // Защитное лесоразведение и

мелиорация земель в степных и лесостепных районах России / Материалы Всероссийской научно – практической конференции, Волгоград, ВНИАЛМИ, 1998. - С. 59-60.

97. Кудряшов, П. В. Комплексная лесомелиорация сильно эродированных овражно-балочных систем / П. В. Кудряшов // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно – практической конференции, посвященной 80-летию Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 205 – 208.

98. Кузник, И. А. Агролесомелиоративные мероприятия, весенний сток и эрозия почв / И. А. Кузник. Л., 1962. – 220 с.

99. Кузник, И. А. Просачивание талых вод в мерзлую почву / И. А. Кузник, А. И. Безменов // Почвоведение, 1963, №7. С. 59-66.

100. Кузник, И. А. Водная эрозия почв и воздействие на нее элементов противоэрозионного комплекса на Приволжской возвышенности / И. А. Кузник // Труды Саратовского СХИ. – Саратов, 1970. т.25 – С. 24-40.

101. Кузник, И. А. Опыт изучения стока и эрозии на Приволжской возвышенности / И. А. Кузник, А. В. Лысов // М.: Изд. АН СССР, сер. геогр., 1974, №6. – С. 84-91.

102. Кузник, И. А. Противоэрозионная защита почв Приволжской возвышенности / И.А. Кузник, А.В. Лысов, П.Н. Проездов // Сборник научных трудов СХИ. – Саратов, 1977. – С. 95-106.

103. Кузнецов, М. С. Противоэрозионная стойкость почв / М. С. Кузнецов // М.: Изд-во МГУ, 1981. 135 с.

104. Кузнецов, А. П. Противоэрозионные работы на овражно-балочных территориях / А. П. Кузнецов // Эрозия почв, защитное лесоразведение и урожай. – Куйбышев, 1978. – С. 59-76.

105. Кулик, К. Н. Стратегические направления защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2020 года / К. Н. Кулик, Е. С. Павловский //

Защитное лесоразведение, мелиорация земель и проблемы земледелия в Российской Федерации: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2008. С. 9-19.

106. Кулик, К. Н. Агролесомелиорация в России: история и стратегия развития / К.Н. Кулик, Е.С. Павловский, И.П. Свинцов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2008, №4. – С. 28-30.

107. Кулик, К. Н. Опустынивание в России и агролесомелиорация в борьбе с ним / К.Н. Кулик // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно – практической конференции, посвященной 80-летию ВНИИ агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 4-9.

108. Курдюмов, Л. Д. Закономерности эрозионно-аккумулятивного процесса / Л. Д. Курдюмов. Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 128 с.

109. Ларионов, А. Г. Щелевание – эффективный агроприем / А. Г. Ларионов // Степные просторы . – 1985. - №7. С.35.

110. Лепехин, А. А. Механизм роста и распада защитных лесонасаждений / А. А. Лепехин // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно – практической конференции, посвященной 80-летию ВНИИ агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 61-63.

111. Ломакин, М. М. Мульчирующая обработка почвы на склонах. / М. М. Ломакин // М.:Агропромиздат, 1988.-184 с.

112. Лопырев М. И. Почвозащитная организация территории склонов. – Воронеж, 1977. 168 с.

113. Лопырев, М. И. О новом направлении в землеустройстве / М. И. Лопырев // Интенсификация землепользования и землеустройства: Сб.науч.тр. / ВСХИ. Воронеж, 1985. С. 4-16.

114. Лыков, А. М. Земледелие с почвоведением / А.М. Лыков // Агропромиздат, 1990. 447 с.

115. Лысов, А. В. Исследование динамики оврагообразования на Приволжской возвышенности / А. В. Лысов, П.Н. Проездов // Сборник научных трудов СХИ. – Саратов. 1977. – С. 82-95.

116. Лысов, А. В. Влияние комплекса противозрозионных мероприятий на сток и эрозию на южном черноземе Саратовской области / А. В. Лысов, П. Н. Проездов // Научно-технич. бюл. ВНИИЗ и ЗПЭ. ВАСХНИЛ, Курск, 1983, С. 68-74.

117. Лысов, А. В. Формирование стока и смыва на южных черноземах Приволжской возвышенности / А. В. Лысов, П. Н. Проездов // Научно-технич. бюл. ВНИИЗ и ЗПЭ. ВАСХНИЛ, Курск, 1983, С. 74-80.

118. Львович, М.И. Методы оценки преобразования водного баланса / М.И. Львович // Водный баланс СССР и его преобразование, М.: Наука, 1969. С. 125 - 138.

119. Маевский, П. Ф. Флора средней полосы Европейской части России / П.Ф. Маевский // 10-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 600 с.

120. Малиновский, А. А. Общие вопросы строения систем и их значение для биологии / А. А. Малиновский // Проблемы методологии системного исследования. М.: Мысль, 1970. С. 146-183.

121. Маштаков, Д. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование комплексной мелиорации эродированных земель в степных ландшафтах Приволжской возвышенности/ Д. А. Маштаков, А. Н. Ковалев // Актуальные проблемы развития АПК в научных исследованиях молодых ученых // Тр. Всероссийского совета молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – С. 178-184.

122. Методическое руководство по изучению почвенной структуры / Под ред. И. Б. Ревута, А. А. Роде. – Л.: Колос, 1969. – 528 с.

123. Методические рекомендации по учету поверхностного стока и смыва почв при изучении водной эрозии. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 88 с.
124. Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов. ВАСХНИЛ. ВНИАЛМИ. М., 1985. – 112с.
125. Мирцхулава, Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии / Ц.Е. Мирцхулава. М.: Колос, 1970. – 240 с.
126. Молодкин, П.Ф. Антропогенный морфогенез степных равнин / П.Ф. Молодкин. Ростов: Изд-во РГУ, 1976. – 85 с.
127. Наумов, С.В. Водная эрозия почв в Саратовской области / С.В. Наумов. Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1970. – 126 с.
128. Одум, Ю. Экология: в 2-х т, Т.1. Пер. с англ. / Ю. Одум. М.: Мир, 1986. – 328 с.
129. Орлов, А.Д. Эрозия и эрозионноопасные земли Западной Сибири / А.Д. Орлов. Новосибирск: Наука, 1983. 208 с.
130. Павловский, Е. С. Экологические и социальные проблемы агролесомелиорации // М.: Агропромиздат, 1988. – 182 с.
131. Павловский, Е. С. Итоги и перспективы развития агролесомелиоративной науки / Павловский Е. С., Кулик К. Н. // Проблемы и перспективы развития мелиорации, водного и лесного хозяйства (к 75-летию РАСХН). – М: ВНИИА, 2004. – С.2004-206.
132. Панов, В.И. Синергическое эрозиоландшафтоведение (теория и практика самоорганизации гидрологических и эрозионных процессов, рельефа и ландшафтов) / В.И. Панов // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно – практической конференции, посвященной 80-летию ВНИИ агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 231 - 240.
133. Петров, Н.Г. К вопросу о классификации систем лесных полос / Н.Г. Петров // Лесное хозяйство, 1982. № 8.С. 45-47.

134. Петелько, А. И. Влияние контурных стокорегулирующих лесных полос на природные факторы и показатели стока талых вод / А.И. Петелько // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно – практической конференции, посвященной 80-летию ВНИИ агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 243-250.

135. Писаренко, А. И. Защитное лесоводство – составная часть устойчивого управления лесами / А. И. Писаренко // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно – практической конференции, посвященной 80-летию Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 92-103.

136. Плой, Дж.-де Определение потерь почвы и экспериментальные исследования / Дж.-де Плой, Д. Габриэлс, // Эрозия почвы: Пер. с англ. М.: Колос, 1984. С. 96-154.

137. Полуэктов, Е. В. Защита почв от смыва при ливнях / Е. В. Полуэктов // Земледелие. – 1989. №2. С. 12-13.

138. Полуэктов, Е. В., Сухов Д. Е. Агротехнические мелиорации переуплотненных почв на склоновых землях // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 59.

139. Понятовская, В. М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах / А.А. Корчагин, Е. М. Лавренко, В.М. Понятовская // Полевая геоботаника, т.3 – Изд-во «Наука» Москва-Ленинград, 1964, С.209-288.

140. Почвозащитное земледелие на склоновых землях Поволжья (рекомендации) / Под ред. А. Н. Каштанова // М.: Россельхозиздат, 1983. – 36 с.

141. Противозерозионные мелиорации земель: монография / Е.В. Полуэктов Новочеркасск: «Лик», – 2011. – 251 с.

142. Проездов, П.Н. Теория и практика создания противозерозионных систем на Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов / Сб. научных работ СХИ, Саратов, 1993. С. 129-130.

143. Проездов, П.Н. Теория и закономерности эрозионных процессов в степных ландшафтах Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, А.Н. Ковалев, А.В. Карпушкин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2011. – № 9 – С. 15-21.

144. Проездов, П.Н. Закономерности формирования водного баланса зоны аэрации в степных ландшафтах Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, А.Н. Ковалев // Нива Поволжья. – 2011. - № 2 (19). – С. 45-52.

145. Проездов, П.Н. Закономерности водопотребления естественного травостоя пастбищ под влиянием гидротехнических и лесных мелиораций в степных ландшафтах Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, А.Н. Ковалев, Е.Г. Давыдова, В.Г. Попов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2012. – № 2 – С.

146. Проездов, П.Н. Влияние агролесомелиоративных приемов на эрозию черноземов степи Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, В.Г. Попов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2006. – № 1 – С. 42-45.

147. Проездов, П.Н. Влияние севооборотов и агролесомелиоративных приемов на элементы водного баланса в степи Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков // Теория и практика агролесомелиорации: Материалы международной научно - практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Николая Ивановича Суса. – Волгоград: изд. ВНИАЛМИ, 2005. С. 64-68.

148. Проездов, П.Н. Водопотребление трав пастбищ в зависимости от снежности зим и водности весен в степи Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, А.Н. Ковалев // Материалы международной научно-

практической конференции «Научные исследования – основа модернизации сельскохозяйственного производства. Тюмень, ТГСХА, 2011. - С. 174-177.

149. Проездов, П.Н. Агроэкологическое состояние почв в степных агролесоландшафтах Приволжской возвышенности / П.Н.Проездов, Д.А. Маштаков, А.Н.Ковалев // Инновационные процессы в АПК. Сборник научных статей 3-й международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию образования аграрного факультета РУДН. Москва, 12-15 апреля 2011 г. стр. 197-198.

150. Проездов, П.Н. Водопотребление трав пастбищ под влиянием щелевания и лесных полос в степи Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов, О.Г. Удалова / Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 126-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова и 100-летию Саратовского ГАУ// Вавиловские чтения-2013. Саратов: изд. СГАУ, 2013, с. 208-213.

151. Проездов, П.Н. Влияние лесных и гидротехнических мелиораций на влагозапасы в зоне аэраций степных ландшафтов Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, Е.Г. Давыдова / Агролесомелиорация в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: поиск новой модели (к 90-летию академика РАСХН Е.С. Павловского): материалы Международной научно – практической конференции аспирантов и молодых ученых. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. С. 190-194.

152. Проездов, П.Н. Продуктивность и водопотребление трав пастбищ под влиянием агротехнических и лесных мелиораций в степи Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов, О.Г. Удалова / Материалы XVI международной научно-практической конференции// Современные проблемы гуманитарных и естественных наук. М: изд. ЦРНС, 2013, с.42-47.

153. Проездов, П.Н. Эрозия почв под влиянием щелевания и лесных полос в степи Приволжской возвышенности/ П.Н. Проездов, О.Г. Удалова / Материалы

III международной научно-практической конференции// Сельскохозяйственные науки и АПК на рубеже веков. Новосибирск: изд. ЦРНС, 2013, с.96-103.

154. Проездов, П. Н. Закономерности воздействия щелевания и лесных полос на инфильтрацию и эрозию чернозема южного в степи Приволжской возвышенности/ П. Н. Проездов, Д. А. Маштаков, О. Г. Удалова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2014. – № 5 – С. 17–20.

155. Роде, А. А. Основы учения о почвенной влаге / А. А. Роде. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – Т.1 – 664 с., 1969, Т.2 – 288 с.

156. Роде, А. А., Смирнов, В.Н. Почвоведение / А.А. Роде, В.Н. Смирнов// Москва: «Высшая школа», 1972. – 469 с.

157. Рожков, А.Г. Борьба с оврагами / А.Г. Рожков. М.: Колос, 1981. 199 с.

158. Русанова, И.В., Ресурсосберегающие технологии использования растительных остатков / И.В. Русакова // Агрехимический вестник. 2012. - №3, с.40-42.

159. Сажин, А.Н. Блокирующие процессы и погодно-климатические аномалии на юго-востоке / А.Н. Сажин, Ю.И. Васильев // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно – практической конференции, посвященной 80-летию ВНИИ агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 402-408.

160. Садовский, В.Н. Основания общей теории систем. Логико-экономический анализ / В.Н. Садовский. М.: Наука, 1974 . 280 с.

161. Сенкевич, А.А. Необходимая лесистость сельскохозяйственных территорий по регионам Советского Союза / А.А. Сенкевич // Материалы к конференции по повышению эффективности использования земельных ресурсов СССР и защите земель от разрушения. Т. 3. М., 1978, С.312 - 223.

162. Сергеев, Е.М., Грунтоведение/ Е.М. Сергеев, Г.А. Голодковская, Р.С. Зиангиров, В.И. Осипов, В.Т. Трофимов. М.: Изд-во МГУ, 1983 . 392 с.

163. Сильвестров, С.И. Географические основы борьбы с эрозией / С.И. Сильвестров, Е.А. Миронова, Н.М. Ступина // Региональные системы противозерозионных мероприятий. М.: Мысль, 1972, С. 7 - 263.

164. Синельников, С. Лесокультурные работы на неудобных землях во Франции, Бельгии, Швейцарии, Тунисе и Алжире. Отчет о заграничной командировке / С. Синельников. Спб.: Лесной департамент, 1911. 158 с.

165. Скородумов, А. С. Эродированные почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур / А. С. Скородумов // Киев: Изд-во «Урожай», 1973. – 270 с.

166. Соболев, С. С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними / С. С. Соболев / АН СССР. М.; Л., Т. I 1948. 308 с. Т 2, 1960. – 248с.

167. Соловьев, П. Е. Влияние лесных насаждений на почвообразовательный процесс / П. Е. Соловьев, М.: МГУ, 1967. – 291 с.

168. Степанов, А. М. Лесополосы а агроландшафтах / А. М. Степанов // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ВНИИ агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 121-124.

169. Столяров, В. И. Щелевание – эффективный прием предотвращения стока талых вод и повышения влагозарядки почвы на склонах / Столяров В. И. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1976. – №1. - С.22-28.

170. Сукачев, В. Н. Основные понятия лесной биогеоценологии / В. Н. Сукачев // Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964. С. 5 - 49.

171. Сурмач, Г. П. Водорегулирующая и противозерозионная роль насаждений / Г. П. Сурмач, М.: Лесная промышленность, 1971. - 109 с.

172. Сурмач, Г. П. Водная эрозия и борьба с ней/ Г. П. Сурмач. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 254 с.

173. Сурмач, Г. П. Теоретические основы контурного размещения лесных полос на территории / Г. П. Сурмач // Проблемы и резервы контурного земледелия. М.: Колос, 1982. С. 36 - 47.
174. Сурмач, Г. П. Прогнозирование стока талых вод / Г.П. Сурмач, М. М. Ломакин, Л. П. Шестакова // Земледелие. – 1989. - №4. С. 29-31.
175. Сус, Н.И. Эрозия почв и борьба с нею / Н.И. Сус. М., 1949. – 350с.
176. Сухарев, И. П. Гидрологическая и противоэрозионная роль лесных полос / И. П. Сухарев, Воронеж, 1966. -120 с.
177. Сухарев, И.П. Регулирование и использование местного стока / И. П. Сухарев, М.: Колос, 1976. – 272 с.
178. Тарасенко, В. П. История опытного дела. Часть I. / В. П. Тарасенко // Учебное пособие. – Брянск: изд. БГИТА, 1996. – 124 с.
179. Торнз, Дж. Б. Процессы эрозии, вызываемые водным потоком, и их регулирование во времени и пространстве: Теоретическая точка зрения / Дж. Б. Торнз // Эрозия почв: Пер. с англ. М.: Колос, 1984. С. 178 – 251.
180. Трибунская, В.М. Экономическая эффективность мероприятий по защите почв от эрозии в лесостепной зоне Алтайского края / В.М. Трибунская // Вопросы экономики защитного лесоразведения. Вып. 3 (77) / ВНИАЛМИ. Волгоград, 1982. С. 78 – 97.
181. Усов, Н. И. Почвы Саратовской области. – Саратов: Облиздат, 1948. Ч. 1, 286 с.; ч. 2, 360 с.
182. Устройство противоэрозионных насаждений. М.: Лесная промышленность, 1972. 150 с.
183. Фрей, Т.Э.-А. Фитоценоз как кибернетическая система / Т.Э.-А. Фрей // Количественные методы анализа растительности. Рига: Изд-во ЛГУ, 1971. С. 293-297.

184. Харитонов, Г. А. Приемы противоэрозионной лесомелиорации / Г. А. Харитонов // Приемы противоэрозионной мелиорации (по данным работ Новосильской опытно-овражной станции). Курское обл. изд-во, 1937. с. 90 - 160.
185. Хортон, К.Л. О необходимости повышения научно-технического уровня мероприятий по защите почв от водной эрозии / К.Л. Хортон // Материалы к конференции земельных ресурсов СССР и защите земель от разрушений. Т. 3. /АН СССР. М., 1978. С. 351-364.
186. Холупяк, К.Л. О необходимости повышения научно-технического уровня мероприятий по защите почв от водной эрозии / К.Л. Холупяк // Материалы к конференции земельных ресурсов СССР и защите земель от разрушений. / АН СССР. М., 1978. С. 351 - 364.
187. Цветков, Ф. В. Травы повышают плодородие почвы. / Ф. В. Цветков // Земледелие. -2000. №5. - С. 10.
188. Черемисинов, Г. А. Эродированные почвы и их продуктивное использование. – М.: Колос, 1968. – 215 с.
189. Черкасов, А. А. Влияние контурной организации территории и лесных полос на эрозионно-гидрологические процессы и продуктивность лесостепных агроландшафтов ЦЧО / А. А. Черкасов, И. П. Здоровцов, Т. Я. Зарудная // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно – практической конференции, посвященной 80-летию Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 265-268.
190. Чуян, Г. А. Агрохимические свойства типичного чернозема в зависимости от экспозиции склона / Г. А. Чуян, В. В. Ермаков, С. И. Чуян // Почвоведение. – 1987. №12.
191. Шабаев, А.И. Почвозащитное земледелие / А.И. Шабаев. Саратов, 1985. – 95 с.

192. Шабаев, А. И. Концептуальные основы адаптивно-ландшафтного агролесомелиоративного обустройства земель в Поволжье / А. И. Шабаев, П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, Т.Н. Ковалева, А.Н. Ковалев // Нива Поволжья. – 2011. - № 3 (20). – С. 49-56.

193. Шабаев, А. И. Сток талых вод, эрозия почв и особенности построения почвозащитных систем в агроландшафтах Поволжья. / А.И. Шабаев// Теория и практика агролесомелиорации: Материалы международной научно - практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Николая Ивановича Суса. – Волгоград: изд. ВНИАЛМИ, 2005. С. 223 - 235.

194. Шабаев, А.И. Адаптивно-ландшафтное агролесомелиоративное обустройство земель в Поволжье / А.И. Шабаев, П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ВНИИ агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 153-157.

195. Шамсутдинов, Н. З. Восстановление биологического разнообразия и продуктивности аридных пастбищных экосистем Поволжья / Н. З. Шамсутдинов, В. А. Парамонов // Защитное лесоразведение, мелиорация земель и проблемы земледелия в Российской Федерации: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2008. С. 285-287.

196. Швевс, Г.И. Формирование водной эрозии стока наносов и их оценка / Г.И. Швевс. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 183 с.

197. Шеин, Е.В. Курс физики почв / Е.В. Шеин. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.

198. Эколого-гидрологическая оценка регулирования местного стока в Саратовской области: Монография. / Ю. В. Бондаренко, В. В.Афонин, Ю. Н. Афолина; ФГОУ ВПО СГАУ. - Саратов: Наука, 2007. - 160 с.

199. Эрозия почв, защитное лесоразведение и урожай /под. ред. А.П. Кузнецова, В.И. Панова.- Куйбышев: Кн. изд-во, 1982.- 176 с.

200. Энциклопедия агролесомелиорации / Под ред. Е.С. Павловского. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. – 678 с.
201. Юферов, М.В. Моделирование геоморфологических особенностей рельефа в ландшафтах Приволжской возвышенности / М.В. Юферов // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы Международной научно – практической конференции, посвященной 80-летию ВНИИ агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 277-280.
202. Belanger, L. Agriculture intensification and forests fragmentation in the St. Lawrence valley, Quebec, Canada / L. Belanger, M. Grenier // Landscape Ecology. 2002. – Vol. 17. – P. 495-507.
203. Billington, R. A. The stabilization of a gully by natural forest succession / R. A. Billington. -Prane. Illinois State Acad. Sc., 1971, v.64, H4, p.388-397.
204. Bradford, J. M. Gully wall stability in loess -derived alluvium / J. M. Bradford, B. P. Piest. -Soil. Sci. Soc. Amer. J., 1987, T.4I, H1, p.115-122.
205. Evans, R. Water erosions in British farmers` fields: Some causes, impacts, predictions / R. Evans // Program, in physical Geographic. – 1990. Vol. 14 - № 2. – P. 199-219.
206. Hannam, I. D. Cully morphology in a Bathurst catchment / I. D. Hannam. - J. Soil Conserv. serv. H.S.W., 1983, v.39, № 2, p.156-167.
207. Keller, R. Wasserbilanz der Bundesrepublik Deutschland / R.. Keller – In: Umschau in Wiss. und Technik, 1971, Heft 3, 73-78.
208. Lee, L.K. The dynamics of declining soil erosion rates / L.K. Lee // J. Soil Water Conserve. – 1990. – Vol. 45. №6. P. 622-624.
209. Masannat, G. M. Development of piping erosion conditions in the Benson area / G. M. Masannat, Arizone, U.S.A. -Quart. J. Eng. Gaol., 1980, T.I3, H1, p.53-61.
210. Piest, R. F. Bradford, J. M., Wyatt, G. M. Soil erosion and sediment transport from gullies / R. F. Piest, J. M. Bradford, G. M. Wyatt. -J. Hydraul. DiT. Proc. Amer. Soc. Civ. Eng., 1975, v.101, №1, p.65-80.

211. Robinson, A. Sediment yield as a function of erosion / A. Robinson. Universal soil loss Equation: Past Present, 1978, № 8, p.7-16.
212. Proezdov, P.N., Adaptive landscape modernization of forest and hydraulic ameliorative land management in the Volga Region. / P.N. Proezdov, A.I. Shabayev, D.A. Mashtakov. Russian Agricultural Sciences. M., 2012. Vol. 38, No. 4, pp. 301-306.
213. Trott, K. Singer, M. Relative erodibility of 20 California range and forest soils / K. Trott, M. Singer. -Soil Sc. Soc. America J., 1983, T.47, № 4, p.753-759.
214. Veness, J. A. The role of fluting in gully extension. - J. A. Veness. J. Soil Conserv. Serv. N.S.W, 1980, v.36, H2, p.100-108.
215. Verry, E. S. Water flow in soil and streams: sustaining hydrologic function / E. S. Verry // In: Riparian Management in Forests of the Continental Eastern United States, eds. Verry, E.S., Hornbeck, J. W. and Dollof, C. A. Lewis Publ. – Boca Raton, 2000. – P. 99-124.
216. Wischmeier W.H. Evaluation of factors in the soil-loss equation / W.H. Wischmeier, D.D. Smit, R.E. Uhland. Amer. Ass. agric. engrs., 1958, 39. No 8, p. 458-462.
217. Yahner, Richard H. Eastern Deciduous Forest: Ecology and Wildlife Conservation / Richard H. Yahner. - Minneapolis: University of Minnesota Press, - 2000. – 279 p.
218. Young, P. C. Earthworks for soil conservation. Bathurst Gully - fill, waterways and flumes / P. C. Young. -J. Soil Conserv. serv. N.S.W., 1976, v.32, № 2, p.78-83.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Основные климатические показатели по многолетним данным метеостанции
«Октябрьский городок» Татищевского района

Климатические показатели	месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Температура воздуха, °С: средняя	-11,9	-11,6	-5,7	5,3	14,7	8,9	21,3	19,7	13,4	5,6	-2,3	9,2	4,9
максимальная	6,8	4,9	16	26,2	32,9	38,4	38,8	38,7	31,5	25,6	20,4	5,2	38,8
минимальная	-41,4	-37,0	-25,3	-16,3	-7,3	0,9	5,9	2,5	-2,7	-16,5	-30,8	-36,6	-41,4
Осадки в мм, среднее кол-во		25	22	27	31	50	48	37	42	32	39	38	424
максимальное	53	49	57	80	87	110	210	117	113	83	98	86	668
минимальное	2	2	1	0	3	3	3	1	1	0	1	2	250
Относительная влажность воздуха средняя, % 13	82	79	78	58	42	44	44	45	50	65	78	85	62,5
Высота снегового покрова в см:	16	20	29	3								8	-
2 декада	18	23	19									14	-
3 декада	18	24	9								5	16	-
Направление ветров (%): С	4,7	5,1	5,1	6,3	10,2	9,2	9,2	6,8	5,6	5,2	5,3	3,4	6,4
СВ	4,7	5,1	4,8	7,0	10,6	8,1	8,3	7,9	4,4	5,7	4,6	4,7	6,3
В	9,0	12,0	9,3	11,0	9,8	7,5	7,4	8,2	5,0	5,9	8,6	11,8	8,8
ЮВ	18,6	18,6	16,7	19,0	14,0	9,3	7,0	9,7	15,5	15,9	19,0	19,0	15,2
Ю	13,4	12,2	11,5	13,1	13,2	13,4	8,3	9,9	12,7	17,1	16,9	16,0	13,2
ЮЗ	7,3	7,0	8,1	9,2	9,2	10,1	12,2	11,2	11,3	10,4	8,0	7,8	9,3
З	22,5	21,0	24,5	17,3	16,4	20,0	24,6	26,8	25,5	20,5	19,9	19,4	21,5
СЗ	19,8	19,0	20,0	17,1	16,6	22,4	23,0	19,5	20,0	19,3	17,7	17,9	19,3

Список русских и латинских названий растений, деревьев и кустарников,
встречающихся в тексте

1. Астрагал датский – *Astragalus danicus*
2. Бодяк полевой – *Cirsium arvense*
3. Вика тонколистная – *Vicia tenuifolia* Roth
4. Горошек мышиный (вика) – *Vicia cracca*
5. Дуб черешчатый – *Quercus robur*
6. Клевер ползучий – *Trifolium repens*
7. Клевер луговой – *T. pratense*
8. Клен остролистный – *Acer platanoídes*
9. Ковыль узколистный - *Stipa tirsá*
10. Лох узколистный – *Elaeagnus angustifolia*
11. Мятлик луговой – *Poa pratensis*
12. Полынь австрийская (полынок)– *Artemísia austriaca*
13. Полынь горькая – *A. absinthium*
14. Смородина золотистая – *Ribes aureum*
15. Татарник колючий – *Onopordum acanthium*
16. Овсяница валли́сская (типчак) – *Festuca valesiaca*
17. Келерия (тонконог) - *Koeléria*
18. Тысячелистник тонколистный – *Achillea leptophylla*
19. Чина клубненосная – *Lathyrus tuberosus*
20. Яблоня лесная – *Malus sylvestris*
21. Ясень ланцетный – *Fraxinus lanceolata*

Показатели инфильтрации при снеготаянии на вариантах опыта

Объем инфильтрации, мм		Продолжительность инфильтрации, мин	Интенсивность инфильтрации, мм/мин, К			Объем инфильтрации, мм		Продолжительность инфильтрации, мин	Интенсивность инфильтрации, мм/мин, К		
повторность 1	повторность 2		повторность 1	повторность 2	среднее	повторность 1	повторность 2		повторность 1	повторность 2	среднее
Контроль (К)						Щелевание (Щ)					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,84	0,76	10	0,084	0,076	0,08	2,7	3,3	30	0,09	0,11	0,1
3,9	4,5	30	0,13	0,15	0,14	8,5	6,5	50	0,17	0,13	0,15
10,5	12,3	60	0,175	0,205	0,19	10,2	9	60	0,17	0,15	0,16
16,8	16,8	80	0,21	0,21	0,21	10,5	10,5	70	0,15	0,15	0,15
23	21	100	0,23	0,21	0,22	10,8	11,6	80	0,135	0,145	0,14
26,4	24	120	0,22	0,2	0,21	10,8	12,6	90	0,12	0,14	0,13
26,6	25,2	140	0,19	0,18	0,185	10,2	11,4	120	0,085	0,095	0,09
25	27	200	0,125	0,135	0,13	10,5	9	150	0,07	0,06	0,065
22,1	24,7	260	0,085	0,095	0,09	10,8	7,2	180	0,06	0,04	0,05
17,5	19,6	350	0,05	0,056	0,053	9,6	7,2	240	0,04	0,03	0,035
21	12,6	420	0,05	0,03	0,04	10,5	7,5	300	0,035	0,025	0,03
18,72	17,76	480	0,039	0,037	0,038	10,8	7,92	360	0,03	0,022	0,026
20,52	19,44	540	0,038	0,036	0,037	8,4	11,76	420	0,02	0,028	0,024
Щелевание + мульчирование (Щ_{мчв-5})						8	10,4	400	0,02	0,026	0,023
0	0	0	0	0	0	9,45	10,35	450	0,021	0,023	0,022
0,4	0,45	5	0,08	0,09	0,085	9,6	10,56	480	0,02	0,022	0,021
0,9	0,8	5	0,18	0,16	0,17	10,26	12,42	540	0,019	0,023	0,021
1,4	1,1	5	0,28	0,22	0,25	Лесные полосы (ЛП)					
2,9	2,5	10	0,29	0,25	0,27	0,8	0,96	2	0,4	0,48	0,44
9,9	7,5	30	0,33	0,25	0,29	5,4	5,88	15	0,36	0,392	0,376
17,4	16,2	60	0,29	0,27	0,28	16,5	15,6	50	0,33	0,312	0,321
26	24	100	0,26	0,24	0,25	24	21,6	80	0,3	0,27	0,285
30,8	29,4	140	0,22	0,21	0,215	26,84	28,82	110	0,244	0,262	0,253
35,7	28,9	170	0,21	0,17	0,19	30	34,8	150	0,2	0,232	0,216

Продолжение приложения 3

Объем инфильтрации, мм		Продолжительность инфильтрации, мин	Интенсивность инфильтрации, мм/мин, К			Объем инфильтрации, мм		Продолжительность инфильтрации, мин	Интенсивность инфильтрации, мм/мин, К		
повторность 1	повторность 2		повторность 1	повторность 2	среднее	повторность 1	повторность 2		повторность 1	повторность 2	среднее
Щелевание + мульчирование (Щ_{мчв-5})						Лесные полосы (ЛП)					
31,9	28,71	290	0,11	0,099	0,1045	37,4	33	220	0,17	0,15	0,16
21,6	25,2	360	0,06	0,07	0,065	35,38	34,22	290	0,122	0,118	0,12
22,54	24,38	460	0,049	0,053	0,051	30,71	29,23	370	0,083	0,079	0,081
27	21,6	540	0,05	0,04	0,045	27,73	28,67	470	0,059	0,061	0,06
						31,32	28,08	540	0,058	0,052	0,055
Лесные полосы + щелевание (ЛП + Щ)						Лесные полосы + щелевание с мульчированием (ЛП + Щ_{мчв-5})					
3,57	3,15	7	0,51	0,45	0,48	3,25	1,75	5	0,65	0,35	0,5
3,22	3,5	7	0,46	0,5	0,48	2,75	2,25	5	0,55	0,45	0,5
12,9	11,1	30	0,43	0,37	0,4	9,6	7,6	20	0,48	0,38	0,43
18	22,56	60	0,3	0,376	0,338	16,5	19,5	50	0,33	0,39	0,36
29,7	24,3	90	0,33	0,27	0,3	27	31	100	0,27	0,31	0,29
34,32	37,44	156	0,22	0,24	0,23	36,72	38,08	170	0,216	0,224	0,22
42	39,6	240	0,175	0,165	0,17	39,25	40,75	250	0,157	0,163	0,16
40,8	37,2	300	0,136	0,124	0,13	35,64	36,36	360	0,099	0,101	0,1
37,8	29,4	420	0,09	0,07	0,08	34,02	33,18	420	0,081	0,079	0,08
36,72	38,88	540	0,068	0,072	0,07	34	36	500	0,068	0,072	0,07

Показатели инфильтрации при ливнях на вариантах опыта

Объем инфильтрации, мм		Продолжительность инфильтрации, мин	Интенсивность инфильтрации, мм/мин, К			Объем инфильтрации, мм		Продолжительность инфильтрации, мин	Интенсивность инфильтрации, мм/мин, К		
повторность 1	повторность 2		повторность 1	повторность 2	среднее	повторность 1	повторность 2		повторность 1	повторность 2	среднее
Контроль (К)						Лесные полосы (ЛП)					
17,7	17,3	5	3,54	3,46	3,5	17,0	16,6	4	4,16	4,2	4,24
33,2	34,0	12	2,77	2,83	2,8	45,1	45,6	12	3,8	3,78	3,76
57,8	57,4	24	2,41	2,39	2,4	59,9	58,9	18	3,27	3,3	3,33
66,2	67,6	35	1,89	1,93	1,91	84,3	83,7	30	2,79	2,8	2,81
88,2	91,8	60	1,47	1,53	1,5	91,8	93,2	36	2,59	2,57	2,55
113,3	113,3	96	1,18	1,18	1,18	106,6	105,6	48	2,2	2,21	2,22
143,8	122,6	120	1,198	1,022	1,02	121,2	118,8	60	1,98	2	2,02
144,0	145,8	180	0,8	0,81	0,81	134,4	136,1	84	1,62	1,61	1,6
184,8	180,0	240	0,77	0,75	0,76	170,4	165,6	120	1,38	1,4	1,42
206,4	207,6	300	0,688	0,692	0,69	188,6	185,8	156	1,191	1,2	1,209
230,0	230,4	360	0,639	0,64	0,64	213,8	218,2	216	1,01	1	0,99
239,0	239,8	420	0,569	0,571	0,57	259,2	259,2	288	0,9	0,9	0,9
249,6	244,8	480	0,52	0,51	0,52	284,7	271,4	348	0,78	0,8	0,818
17,7	17,3	540	3,54	3,46	3,5	330,1	325,1	420	0,774	0,78	0,786
						367,7	361,0	480	0,766	0,752	0,76
Щелевание (1-й ливень) (Щ)						Щелевание (2-й ливень) (Щ)					
29,6	29,2	4	7,4	7,3	7,4	9,21	9,33	3	3,07	3,11	3,09
79,7	78,7	12	6,64	6,56	6,6	24,5	23,6	10	2,45	2,36	2,405
118,0	122,0	20	5,9	6,1	6	40,3	39,4	22	1,83	1,79	1,81
172,7	167,3	34	5,08	4,92	5	48,3	47,3	34	1,42	1,39	1,41
251,0	249,0	50	5,02	4,98	4,2	58,1	56,6	48	1,21	1,18	1,2
284,8	279,7	84	3,39	3,33	3,36	62,4	60,0	60	1,04	1	1,02
321,8	326,2	108	2,98	3,02	3	84,8	86,9	106	0,8	0,82	0,81
398,6	404,6	144	2,77	2,81	2,79	91,2	93,6	120	0,76	0,78	0,77
464,5	466,1	179	2,6	2,61	2,6	117,3	124,1	170	0,69	0,73	0,71

Продолжение приложения 4

Объем инфильтрации, мм		Продолжительность инфильтрации, мин	Интенсивность инфильтрации, мм/мин, К			Объем инфильтрации, мм		Продолжительность инфильтрации, мин	Интенсивность инфильтрации, мм/мин, К		
повторность 1	повторность 2		повторность 1	повторность 2	среднее	повторность 1	повторность 2		повторность 1	повторность 2	среднее
Щелевание (1-й ливень) (Щ)						Щелевание (2-й ливень) (Щ)					
546,5	547,9	240	2,28	2,28	2,28	134,2	143,0	220	0,61	0,65	0,63
644,8	647,9	310	2,08	2,09	2,09	161,3	164,2	288	0,56	0,57	0,57
779,8	775,4	432	1,81	1,795	1,81	162,0	165,2	324	0,5	0,51	0,51
864,5	863,5	480	1,80	1,79	1,8	178,9	174,7	426	0,42	0,41	0,41
						187,2	187,2	480	0,39	0,39	0,39
Щелевание + мульчирование (1-й ливень) (Щ_{мчв-5})						Щелевание + мульчирование (2-й ливень) (Щ_{мчв-5})					
21,9	22,5	3	7,3	7,5	7,4	37,3	36,8	5	7,45	7,35	7,4
66,5	68	10	6,65	6,8	6,7	41,4	41,4	6	6,9	6,9	6,9
121,8	118,2	20	6,09	5,91	6	43,0	42,4	7	6,14	6,06	6,1
192	192	40	4,8	4,8	4,8	55,0	53,0	10	5,5	5,3	5,4
250,6	249,2	70	3,58	3,56	3,57	108,9	107,1	30	3,63	3,57	3,6
332,2	327,8	110	3,02	2,98	3	149,5	150,5	50	2,99	3,01	3
466,2	469,8	180	2,59	2,61	2,61	218,7	216,9	90	2,43	2,41	2,42
578,6	577,0	270	2,14	2,137	2,14	358,2	361,8	180	1,99	2,01	2
685,1	690,4	330	2,076	2,092	2,08	576,0	576,0	360	1,6	1,6	1,6
751,8	756,0	420	1,79	1,8	1,8	629,2	630,8	420	1,498	1,502	1,5
869,3	868,3	480	1,81	1,809	1,81	754,4	757,6	540	1,397	1,403	1,4
Лесные полосы + щелевание (1-й ливень) (ЛП + Щ)						Лесные полосы + щелевание (2-й ливень) (ЛП + Щ)					
53,4	53,0	7	7,63	7,57	7,6	11,6	11,4	3	3,85	3,79	3,82
86,4	86,6	12	7,2	7,22	7,21	40,3	40,8	12	3,36	3,4	3,38
131,8	132,6	20	6,59	6,63	6,61	49,1	52,9	17	2,89	3,11	3
161,5	161,5	26	6,21	6,21	6,21	61,4	63,8	24	2,56	2,66	2,61
222,2	221,4	41	5,42	5,4	5,41	78,5	78,5	36	2,18	2,18	2,18
283,8	281,4	59	4,81	4,77	4,79	98,4	97,2	60	1,64	1,62	1,63
341,0	331,0	84	4,06	3,94	4,0	115,1	118,4	84	1,37	1,41	1,39
385,6	389,9	108	3,57	3,61	3,59	141,6	145,2	120	1,18	1,21	1,2

Продолжение приложения 4

Объем инфильтрации, мм		Продолжительность инфильтрации, мин	Интенсивность инфильтрации, мм/мин, К			Объем инфильтрации, мм		Продолжительность инфильтрации, мин	Интенсивность инфильтрации, мм/мин, К		
повторность 1	повторность 2		повторность 1	повторность 2	среднее	повторность 1	повторность 2		повторность 1	повторность 2	среднее
Лесные полосы + щелевание (1-й ливень) (ЛП + Щ)						Лесные полосы + щелевание (2-й ливень) (ЛП + Щ)					
483,6	480,5	156	3,1	3,08	3,09	176,4	180	180	0,98	1	0,99
603,3	602,0	216	2,793	2,787	2,79	205,2	209,8	228	0,9	0,92	0,91
665,2	665,2	276	2,41	2,41	2,41	226,2	222,6	264	0,857	0,843	0,85
754,1	756,2	348	2,167	2,173	2,17	233,3	236,5	324	0,72	0,73	0,73
857,2	860,7	436	1,966	1,974	1,97	265,2	263,0	372	0,713	0,707	0,71
921,6	921,6	480	1,92	1,92	1,92	266,4	264,0	408	0,653	0,647	0,65
						313,0	311,0	480	0,652	0,648	0,65
Лесные полосы + Щ_{мчв-5}(1-й ливень)						Лесные полосы + Щ_{мчв-5}(2-й ливень)					
45,5	45,8	6	7,59	7,63	7,61	33,2	33,1	5	6,64	6,62	6,63
68,3	67,7	10	6,83	6,77	6,8	66,2	65,8	11	6,02	5,98	6
180,3	179,7	30	6,01	5,99	6	102,8	102,4	19	5,41	5,39	5,4
267,1	262,9	53	5,04	4,96	5	159,1	153,7	34	4,68	4,52	4,6
309,5	303,7	73	4,24	4,16	4,2	188,2	187,2	48	3,92	3,9	3,91
410,4	408,0	120	3,42	3,4	3,41	243,5	239,3	71	3,43	3,37	3,4
466,4	472,5	144	3,239	3,281	3,26	279,4	283,2	96	2,91	2,95	2,93
551,0	566,4	192	2,87	2,95	2,91	351,0	349,7	135	2,6	2,59	2,6
626,2	631,0	239	2,62	2,64	2,6	427,8	431,4	179	2,39	2,41	2,4
680,9	679,7	301	2,262	2,258	2,26	497,7	493,0	237	2,1	2,08	2,09
740,5	736,8	336	2,204	2,193	2,2	571,1	569,4	288	1,983	1,977	1,98
778,2	776,7	372	2,092	2,088	2,09	642,6	646,2	358	1,795	1,805	1,8
809,8	809,8	409	1,98	1,98	1,98	720,6	717,3	418	1,724	1,716	1,72
920,2	921,6	480	1,917	1,92	1,92	781,4	783,4	480	1,628	1,632	1,63

Осадки (мм) за годы исследований по данным метеостанции «Октябрьский городок» Татищевского района Саратовской области

Год	Декады	Месяцы												Сумма за год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2009	1	8	15	16	4	8	11	12	5	0	12	0	5	425
	2	13	14	13	9	2	6	0	3	3	0	2	14	
	3	8	3	24	2	47	7	20	31	3	48	10	53	
	Сумма	29	32	53	15	57	18	32	39	6	60	12	72	
2010	1	77	0	25	1	25	0	19	0	1	5	19	7	543
	2	2	22	18	10	22	19	0	3	0	4	1	12	
	3	33	46	2	0	10	0	1	0	15	53	72	19	
	Сумма	112	68	45	11	57	19	20	3	16	62	92	38	
2011	1	6	14	3	7	7	14	3	9	26	21	11	24	394
	2	18	21	2	10	0	23	0	2	18	14	3	18	
	3	40	0	4	0	5	26	2	10	9	0	18	5	
	Сумма	64	35	9	17	12	63	5	21	53	35	33	47	
2012	1	4,7	3	3,2	3	2,0	11	0	5	1,9	13	12	23	303
	2	9,9	2,8	0,5	2,6	0	7,5	32	25	9,6	23	8,7	0,6	
	3	0,9	14	7,7	0	2,1	12	1,1	14	7,7	31	6,3	2,2	
	Сумма	15	20	11	6	4	31	33	44	20	67	27	26	
2013	1	10	7	14	16	8,3	2	1,4	1,7	60	0	3,9	6,8	470
	2	24	5,8	19	-	26	31	15	1,3	23	6,8	7	5,8	
	3	5,2	0	1,2	26	20	3,5	1,8	9,6	41	13	2,5	2,4	
	Сумма	49	13	34	42	55	36	65	13	124	20	13	15	
Норма		33	25	22	27	31	50	48	37	42	32	39	38	424

Температура, (°С), за годы исследований по данным метеостанции «Октябрьский городок» Татищевского района Саратовской области

Год	Декады	Месяцы												Среднегодовая
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2009	1	-15,3	-9,3	-6,6	2,3	13,9	19,9	17,2	17,3	18,7	7,8	-4,1	-5,1	5,9
	2	-7,7	-4,8	-4,2	5,2	12,6	22,0	25,7	19,1	14,9	11,5	-0,7	-16,3	
	3	-10,3	-11,9	0,8	8,5	14,6	20,6	24,1	15,5	12,1	3,8	3,2	-5,6	
	Среднемесячная	-11,1	-8,4	-3,2	5,3	13,8	20,8	22,4	17,2	15,3	7,5	-0,5	-8,9	
2010	1	-11,0	-15,7	-9,8	2,2	18,4	21,5	24,1	29,5	15,5	15,0	4,2	-6,3	7,0
	2	-20,4	13,7	-7,4	7,5	17,1	21,7	26,1	25,7	16,5	9,7	6,4	-4,2	
	3	-18,7	-7,2	-0,6	9,7	15,1	26,3	29,4	19,9	14,6	3,7	-0,5	-0,6	
	Среднемесячная	-16,7	-12,6	-5,8	6,5	16,9	23,2	26,7	24,9	15,5	3,6	3,3	-3,6	
2011	1	-8,8	-6,9	-13,0	0,9	14,1	16,3	23,7	20,9	15,5	9,3	-1,5	-2,8	5,3
	2	-10,7	-20,6	-4,7	4,6	15,5	18,8	23,5	23,6	13,2	7,2	-3,5	-6,9	
	3	-11,8	-21,6	-3,8	10,4	17,9	20,2	27,1	16,8	10,2	2,8	-7,6	-4,1	
	Среднемесячная	-10,5	-16,3	-7,1	5,3	15,9	18,5	24,8	20,3	13,0	6,3	-4,0	-4,6	
2012	1	-5,3	-20,5	-8,3	4,2	16,4	19,1	22,4	26,0	13,4	11,5	3,6	1,6	6,7
	2	-7,0	-18,7	-7,6	14,9	20,1	24,6	24,0	21,0	14,2	9,1	0,4	-15,1	
	3	-17,2	-5,8	-2,7	16,7	17,7	21,6	21,6	16,2	12,2	5,3	-1,2	-10,0	
	Среднемесячная	-10,0	-15,2	-6,1	12,0	18,1	21,8	22,8	20,9	13,2	8,5	0,9	-7,7	
2013	1	-5,2	-4,6	-6,7	6,6	15,8	18,0	22,3	20,1	15,0	4,7	7,5	-3,5	5,6
	2	-8,9	-9,7	-3,6	8,0	20,2	20,5	20,4	22,8	12,9	7,2	2,2	-5,9	
	3	-13,9	-11,0	-3,1	10,4	18,9	21,4	17,6	18,9	8,0	5,5	-1,5	-2,7	
	Среднемесячная	-10,2	-7,9	-4,7	8,3	18,3	20,0	20,0	20,5	12,0	5,8	2,8	-4,0	
Норма		-11,9	-11,6	-5,7	5,3	14,7	18,9	21,3	19,7	13,4	5,6	-2,3	-9,2	4,9

Наблюдения за весенним стоком и эрозией на вариантах опыта в 2011 г.

Напор, см	Расход, л/с	Продолжите льность стока, ч	Объем стока, л	Величина стока, мм	Мутность, г/л	Эрозия,	
						г	т/га
Контроль. $h_c=9,7$ мм; $\mathcal{E} = 0,31$ т/га							
1,3	0,007	6	75	1,4	2,59	194	0,04
1,5	0,010	7	123	2,4	3,08	388	0,08
1,6	0,011	15	297	5,9	3,27	971	0,19
Щелевание (Щ). $h_c=8,0$ мм; $\mathcal{E} = 0,22$ т/га							
1,2	0,006	6	65	1,3	1,84	120	0,02
1,4	0,008	7	100	2,0	2,18	218	0,04
1,5	0,009	15	243	4,8	3,14	762	0,16
Щ _{мчв-5} . $h_c=6,1$ мм; $\mathcal{E} = 0,09$ т/га							
1,1	0,005	5	45	0,9	0,75	34	0,007
1,3	0,007	6	76	1,5	0,90	68	0,01
1,3	0,007	14	184	3,7	1,89	348	0,07

h_c – сток; \mathcal{E} – эрозия

Наблюдения за весенним стоком и эрозией на вариантах опыта в 2013 г.

Напор, см	Расход, л/с	Продолжите льность стока, ч	Объем стока, л	Величин а стока, мм	Мутность, г/л	Эрозия,	
						г	т/га
Контроль. $h_c=27,1$ мм; $\mathcal{E} = 1,46$ т/га							
1,6	0,012	20	437	8,7	4,10	1792	0,36
1,9	0,021	24	918	18,4	6,05	5558	1,10
Щелевание (Щ). $h_c=43,1$ мм; $\mathcal{E} = 2,63$ т/га							
1,8	0,019	20	684	13,7	4,69	3208	0,64
2,2	0,034	24	1469	29,4	6,77	9942	1,99
Щ _{мчв-5} . $h_c=10,0$ мм; $\mathcal{E} = 0,49$ т/га							
1,0	0,004	18	132	2,6	3,80	502	0,10
1,5	0,009	23	372	7,4	5,20	1948	0,39
ЛП. $h_c=7,7$ мм; $\mathcal{E} = 0,37$ т/га							
1,0	0,003	18	97	1,9	3,21	311	0,06
1,3	0,007	23	290	5,8	5,31	1539	0,31
ЛП + Щ. $h_c = 3,1$ мм; $\mathcal{E} = 0,12$ т/га							
0,7	0,001	18	32	0,6	2,46	79	0,02
1,0	0,003	23	124	2,5	4,20	521	0,10
ЛП + Щ _{мчв-5} . $h_c=0$ мм; $\mathcal{E} = 0$ т/га							
	0	0	0	0	0	0	0

h_c – сток; \mathcal{E} – эрозия

Ливневый сток и эрозия на вариантах опыта 22.06.11 г.

Время наблюдения стока, ч; мин	Напор на водосливе, см	Расход, л/с	Средний расход, л/с	Продолжительность стока, с	Объем стока, л	Мутность, г/л	Средняя мутность, г/л	Эрозия, г
Контроль. $h_c = 3,6$ мм; $\mathcal{E} = 0,41$ т/га								
11.32	0	0	0,028	1800	50,4	0	8,5	428
12.02	2,6	0,56		1200	36,0	17,0		
12.22	1,0	0,004		1200	64,8	0,4	15,7	1017
12.42	3,2	0,104		600	31,2	31,0	15,5	484
12.52	0	0				0		
4800					182,4		2242	
Щелевание. $h_c = 1,5$ мм; $\mathcal{E} = 0,14$ т/га								
11.32	0	0	0,010	1800	18,0	0	6,3	113
12.02	1,8	0,02		1200	12,0	12,6		
12.22	0	0		1200	30,0	0	11,7	351
12.42	2,5	0,05		600	15,0	23,4	11,7	176
12.52	0	0				0		
4800					75,0		716	
$\mathcal{E}_{\text{мчв-5}}$ $h_c = 0,5$ мм; $\mathcal{E} = 0,03$ т/га								
11.32	0	0	0,005	1800	9,0	0	3,1	28
12.02	1,5	0,010		1200	6,0	6,2		
12.22	0	0		1200	12,0	0	5,8	70
12.42	1,8	0,02		600	6,0	11,6	5,8	35
12.52	0	0				0		
4800					33,0		152	
(80 мин)								

h_c – сток; \mathcal{E} – эрозия

Наблюдения за ливнем на вариантах опыта 18.07.2012 г.

Напор, см	Расход, л/с	Продолжите льность стока, с	Объем стока, л	Величин а стока, мм	Мутность , г/л	Эрозия,	
						г	т/га
Контроль. $h_c=7,4$ мм; $\Theta = 1,33$ т/га							
2,9	0,073	4500	164	3,3	12,72	2086	0,41
4,4	0,247	1680	207	4,1	22,16	4587	0,92
Щелевание (Щ). $h_c=9,1$ мм; $\Theta = 2,02$ т/га							
1,5	0,09	4500	203	5,0	15,77	3201	0,64
2,1	0,30	1680	252	4,1	27,48	6923	1,38
Щ _{мчв-5} . $h_c=2,7$ мм; $\Theta = 0,48$ т/га							
2,2	0,036	3300	59	1,2	12,31	726	0,15
3,3	0,112	1380	77	1,5	21,47	1653	0,33
ЛП. $h_c=4,7$ мм; $\Theta = 0,37$ т/га							
2,6	0,053	3900	103	2,1	5,73	590	0,11
3,9	0,173	1500	129	2,6	10,00	1290	0,26
ЛП + Щ. $h_c = 3,5$ мм; $\Theta = 0,29$ т/га							
2,3	0,040	3900	78	1,6	6,16	480	0,09
3,4	0,127	1500	95	1,9	10,76	1022	0,20
ЛП + Щ _{мчв-5} . $h_c=0,2$ мм; $\Theta = 0,0016$ т/га							
1,1	0,005	2100	5,25	0,1	0,57	3,0	0,0006
1,6	0,012	1200	7,2	0,1	1,00	7,2	0,001

h_c – сток; Θ - эрозия

Наблюдения за ливнем на вариантах опыта 18.08.2012 г.

Напор, см	Расход, л/с	Продолжите льность стока, с	Объем стока, л	Величин а стока, мм	Мутность , г/л	Эрозия,	
						г	т/га
Контроль. $h_c=18,7$ мм; $\Theta = 1,96$ т/га							
5,3	0,390	4800	936	18,7	10,47	9800	1,96
Щелевание (Щ). $h_c=20,9$ мм; $\Theta = 2,49$ т/га							
5,5	0,436	4800	1046	20,9	11,47	11998	2,39
Щ _{мчв-5} . $h_c=10,3$ мм; $\Theta = 0,97$ т/га							
4,4	0,245	4200	514	10,3	9,44	4852	0,97
ЛП. $h_c=12,7$ мм; $\Theta = 1,21$ т/га							
4,7	0,282	4500	635	12,7	9,53	6052	1,21
ЛП + Щ. $h_c=9,1$ мм; $\Theta = 1,09$ т/га							
4,2	0,216	4200	454	9,1	12,0	5448	1,09
ЛП + Щ _{мчв-5} . $h_c=3,7$ мм; $\Theta = 0,27$ т/га							
3,2	0,102	3600	184	3,7	7,34	1350	0,27

h_c – сток; Θ – эрозия

Наблюдения за ливнем на вариантах опыта 14.06.13 г.

Время наблюдения стока, ч; мин	Напор на водосливе, см	Расход, л/с	Средний расход, л/с	Продолжительность стока, с	Объем стока, л	Мутность, г/л	Средняя мутность, г/л	Эрозия, г	
Контроль. $h_c=16,2$ мм; $\Theta=2,32$ т/га									
17.43	0	0	0,29	420	121	0	10,0	1210	
17.50	6,2	0,58				20,0			
17.58	3,0	0,08	0,33	480	158	0,1	10,0	1580	
18.01	10,7	2,24	1,16	180	209	41,3	20,6	4305	
18.03	0	0	1,12	120	134	0	20,6	2760	
18.08	6,8	0,72	0,36	300	108	0,18	9,0	972	
18.12	0	0	0,36	240	86	0	9,0	774	
				1740	816			11601	
				(29 мин)					
Щелевание. $h_c=24,3$ мм; $\Theta=3,64$ т/га									
17.43	0	0	0,43	420	181	0	10,5	1900	
17.50	7,3	0,86	0,48	480	230	21,0	10,5	2415	
17.58	3,2	0,10				0	21,7	6727	
18.01	12,6	3,34	1,72	180	310	43,4	21,7	4340	
18.03	0	0	1,67	120	200	0	9,5	1539	
18.08	8,0	1,07	0,54	300	162	19,0	9,5	1235	
18.12	0	0	0,54	240	130	0			
		3,05			1740	1213			18156
				(29 мин)					

Продолжение приложения 12

Время наблюдения стока, ч; мин	Напор на водосливе, см	Расход, л/с	Средний расход, л/с	Продолжительность стока, с	Объем стока, л	Мутность, г/л	Средняя мутность, г/л	Эрозия, г
Щ_{мчв-5}. h_с=6,4 мм; Э = 0,39 т/га								
17.47	0	0	0,11	180	20	0	1,0	20
17.50	4,3	0,22	0,12	480	58	2,0	1,1	64
17.58	1,8	0,02				0,1		
18.01	8,3	1,20	0,61	180	111	19,4	9,7	1077
			0,60	120	72		9,7	698
18.03	0	0	0,14	360	42	0	1,5	63
18.08	4,7	0,28				3,0		
18.10	0	0	0,14	120	17	0	1,5	25
1440 (24 мин)					320		1947	
ЛП. h_с = 9,1 мм; Э = 0,66 т/га								
17.47	0	0	0,15	180	27	0	2,0	54
17.50	4,8	0,30	0,16	480	77	4,0	2,1	162
17.58	2,1	0,03				0,2		
18.01	9,7	1,75	0,89	180	160	21,1	10,6	1697
			0,88	120	106		10,6	1124
18.03	0	0	0,20	300	60	0	3,0	180
18.08	5,3	0,40				6,0		
18.10	0	0	0,20	120	24	0	3,0	72
1440 (24 мин)					454		3289	

Продолжение приложения 12

Время наблюдения стока, ч; мин	Напор на водосливе, см	Расход, л/с	Средний расход, л/с	Продолжительность стока, с	Объем стока, л	Мутность, г/л	Средняя мутность, г/л	Эрозия, г
ЛП + Щ. $h_c = 6,7$ мм; Э = 0,47 т/га								
17.47	0	0	0,12	180	22	0	1,2	26
17.50	4,4	0,24	0,13	480	62	2,4	1,3	81
17.58	1,8	0,02				0,2		
18.01	8,6	1,28	0,65	180	117	20,8	10,5	1228
			0,64	120	77		10,4	801
18.03	0	0	0,15	300	45	0	2,7	122
18.08	4,3	0,30				5,4	2,7	49
18.10	0	0	0,15	120	18	0	2,7	49
				1440	341			2307
				(24 мин)				
ЛП + Щ_{мчв-5}. $h_c = 2,1$ мм; Э = 0,09 т/га								
17.49	0	0	0,05	60	3	0	2,3	7
17.50	3,1	0,09	0,05	480	24	4,6	2,3	55
						0,1		
17.58	1,5	0,01	0,18	180	32	10,0	5,0	160
18.01	5,1	0,36	0,24	120	29		7,0	203
18.03	3,4	0,12	0,06	300	18	4,1	2,0	36
18.08	0	0				0		
				1140	106			461
				(19 мин)				

h_c – сток; Э - эрозия

Приложение 13

Влияние лесных и агротехнических мелиораций на элементы весеннего водного баланса и эрозию почв 2013 г.

Варианты опыта	Запасы воды в снеге, мм	Сток весенний, мм	Водопоглощение весеннее, мм	Эрозия весенняя*, т/га
К	62	27,1	35	1,47
Щ	62	43,3	19	2,63
Щ _{мчв-5}	69	10,2	59	0,49
ЛП	97	8,1	89	0,37
ЛП+Щ	97	3,2	94	0,12
ЛП+Щ _{мчв-5}	97	0	97	0

*Допустимая эрозия – 0,3 т/га

Влияние лесных и агротехнических мелиораций на элементы ливневого водного баланса и эрозию почв 2013 г.

Варианты опыта	Осадки ливневые, мм	Сток ливневый, мм	Водопоглощение ливневое, мм	Эрозия ливневая*, т/га
К	47/57	16,2/28,1	31/29	2,32/4,13
Щ	47/57	24,3/33,3	23/24	3,64/5,29
Щ _{мчв-5}	47/57	6,4/10,7	41/46	0,39/0,62
ЛП	47/57	9,1/17,1	38/40	0,66/1,21
ЛП+Щ	47/57	6,7/8,3	40/49	0,47/0,87
ЛП+Щ _{мчв-5}	47/57	2,1/4,9	45/52	0,09/0,19

Числитель: Ливень 14.06.13 г. продолжительностью 29 мин, интенсивностью осадков 1,6 мм/мин (max – 4,8 мм/мин);

Знаменатель: Ливень 20.06.13 г. продолжительностью 153 мин, интенсивностью осадков 0,4 мм/мин (max – 3,6 мм/мин);

*Допустимая эрозия – 0,3 т/га.

Продолжение приложения 13

Влияние лесных и агротехнических мелиораций на элементы водного баланса и эрозию весенних половодий и дождевых паводков в степи Приволжской возвышенности (в среднем 2009-2013гг.)

Варианты опыта	Интенсивность инфильтрации, мм/мин	Запасы воды в снеге + ливневые осадки, мм	Весенний + ливневый сток, мм	Водо-поглощение весеннее + ливневое, мм	Весенняя + ливневая эрозия, т/га
К	0,60	152	22,7	130	2,00
Щ	0,50	152	26,3	126	2,59
Щ _{мчв-5}	1,30	161	9,2	152	0,52
ЛП	1,40	192	8,5	184	0,56
ЛП+Щ	1,50	193	5,0	188	0,41
ЛП+Щ _{мчв}	1,60	193	1,6	192	0,08

Морфологический анализ пастбища в степи приволжской возвышенности

№ п/п	Вид	без влияния лесной полосы																			
		систематическая принадлежность																			
		Злаковые	Бобовые	Астровые	Бурачниковые	Крестоцветные	Маревые	Розовые	Резедовые	Колокольчиковые	Зонтичные	Молочайные	Гвоздичные	Губоцветные	Гречишные	Вьюнковые	Зверобойные	Лютиковые	Подорожниковые	Лилейные	Норичниковые
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	18	19	20		
1.	Костер береговой	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.	Костер безостый	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3.	Ковыль узколистный	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4.	Келерия (тонконог)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5.	Овсяница валлисская	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6.	Василек раскидистый	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7.	Пупавка русская	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8.	Козлобородник волжский	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9.	Наголоватка многоцветная	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10.	Вика тонколистная	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11.	Горошек мышиный (вика)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12.	Липучка обыкновенная	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13.	Воробейник полевой	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14.	Пастушья сумка	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15.	Сирения седая	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16.	Лютик многоцветковый	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	

№ п/п	Вид	под влиянием лесной полосы																			
		систематическая принадлежность																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
17.	Чистяк весенний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
18.	Синеголовник плосколистный	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19.	Молочай Сегиеров	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Число видов: абсолютное значение в %		5 26,3	2 10,5	4 21,1	2 5,6	2 10,5	0 0	0 0	0 0	0 0	1 5,2	1 5,2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	2 5,6	0 0	0 0	0 0
№ п/п	Вид	под влиянием лесной полосы																			
		систематическая принадлежность																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	Костер береговой	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	Костер безостый	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.	Пырей русский	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	Ковыль узколистный	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.	Келерия (тонконог)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	Овсяница валлисская (типчак)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.	Мятлик луговой	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.	Одуванчик лекарственный	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.	Василек раскидистый	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.	Пупавка русская	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение приложения 14

№ п/п	Вид	под влиянием лесной полосы																			
		систематическая принадлежность																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11.	Козлобородник волжский	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12.	Наголоватка многоцветная	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13.	Вика тонколистная	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14.	Горошек мышиный (вика)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15.	Астрагал датский	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16.	Астрагал эспарцетный	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17.	Астрагал песчаный	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18.	Остролодочник колосистый	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19.	Клевер луговой	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20.	Клевер ползучий	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21.	Чина клубненосная	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22.	Эспарцет песчаный	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23.	Липучка обыкновенная	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24.	Воробейник полевой	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25.	Пастушья сумка	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26.	Земляника лесная	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27.	Горец вьюнковый	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
28.	Колокольчик скученный	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
29.	Колокольчик болонский	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Продолжение приложения 14

№ п/п	Вид	под влиянием лесной полосы																			
		систематическая принадлежность																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
30.	Зверобой продырявленный	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
31.	Репешок обыкновенный	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32.	Марьянник дубравный	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
33.	Вероника австрийская	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
34.	Коровяк черный	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
35.	Коровяк восточный	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
36.	Резак обыкновенный	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Число видов: абсолютное значение, в %		7 19,4	10 27,8	5 13,9	2 5,6	1 2,8	0 0	2 5,5	0 0	2 5,5	1 2,8	0 0	0 0	0 0	1 2,8	0 0	1 2,8	0 0	0 0	0 0	4 11,1

Рентабельность пастбищных угодий в среднем за 2009-2013 гг. под влиянием лесных полос и щелевания с мульчированием (знаменатель – с учетом предотвращенного ущерба от эрозии)

Варианты опыта	Затраты, тыс. руб/га			Урожайность трав, т/га	Оценка продукции, тыс. руб/га	Прибыль, тыс. руб/га			Рентабельность, %		
	на продукцию	с учетом предотвращенного ущерба от эрозии	всего			от продукции	с учетом предотвращенного ущерба от эрозии	всего	от продукции	с учетом предотвращенного ущерба от эрозии	общая
К	0,60	0,31	0,91	1,75	1,41	0,81	1,10	0,50	135,0	355	54,9
Щ	1,03	0,34	1,37	1,87	1,51	0,48	1,17	0,14	46,6	34,4	10,2
Щ _{мчв-5}	1,37	0,09	1,46	<u>2,45</u>	<u>1,97</u>	<u>0,60</u>	<u>1,88</u>	<u>0,51</u>	<u>43,8</u>	<u>2089</u>	<u>34,9</u>
				2,95	2,37	1,00	2,28	0,91	73,0	2533	62,3
ЛП	0,61	0,11	0,72	<u>2,64</u>	<u>2,12</u>	<u>1,51</u>	<u>2,01</u>	<u>1,40</u>	<u>247,5</u>	<u>1827</u>	<u>194,4</u>
				3,17	2,55	1,94	2,44	1,83	318,0	2218	254,2
ЛП + Щ	1,03	0,14	1,17	<u>2,82</u>	<u>2,27</u>	<u>1,24</u>	<u>2,13</u>	<u>1,10</u>	<u>120,4</u>	<u>1521</u>	<u>94,0</u>
				3,38	2,72	1,69	2,58	1,55	164,1	1843	132,5
ЛП + Щ _{мчв-5}	1,37	0,08	1,23	<u>3,12</u>	<u>2,51</u>	<u>1,14</u>	<u>2,43</u>	<u>1,06</u>	<u>83,2</u>	<u>3038</u>	<u>73,1</u>
				3,74	3,01	1,64	2,93	1,78	119,7	3662	144,7

Дисперсионный анализ

Урожайность естественного травостоя пастбищ 1-го укоса под влияние щелевания и лесных полос в степи Приволжской возвышенности в 2009 году

Варианты	Урожайность, т/га				Число наблюдений	Сумма	Среднее
Контроль	2,08	1,89	2,01	1,94	4	7,92	1,98
Щ	2,17	2,19	2,02	2,06	4	8,44	2,11
Щмчв-5	2,66	2,51	2,59	2,52	4	10,28	2,57
ЛП	2,97	2,7	2,9	2,75	4	11,32	2,83
ЛП + Щ	3,19	3,12	3,01	3,04	4	12,36	3,09
ЛП + Щмчв-	3,59	3,34	3,5	3,29	4	13,72	3,43
	2,7767	2,625	2,6717	2,6			2,67
	16,66	15,75	16,03	15,6	24	64,04	

Определение общего варьирования $S_y = \sum(X-x_0)$ 6,4987

Определение варьирования повторений $S_p = \sum(x-x_0) \cdot l$ 0,1098

Определение варьирования вариантов $S_v = \sum(x-x_0) \cdot n$ 6,3171

Случайное остаточное варьирование $S_z = S_y - (S_v + S_p)$ 0,0718

Влияние вариантов $\eta^2_v = S_v / S_y$ 0,9721 97,21%

повторений $\eta^2_p = S_p / S_y$ 0,0174 1,74%

случайных факторов $\eta^2_z = S_z / S_y$ 0,0110 1,10%

Результаты дисперсионного анализа

Вид рассеяния	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия) σ^2	Отношение дисперсий (F)	
				фактическое	табличное (P=0,95)
Общее (S_y)	6,4987	23			
Повторений (S_p)	0,1098	3			
Вариантов (S_v)	6,3171	5	1,2634	263,95	2,9
Остаточное(ошибки)	0,0718	15	0,0048		

Средний квадрат (дисперсия) по вариантам $\sigma^2 = S_v / Y_v$ 1,2634

Средний квадрат (дисперсия) остаточное рассеивание $S_y - (S_v + S_p) / (L-1)(n-1)$

Фактическое отношение дисперсий $F = \sigma^2_v / \sigma^2_z$

Ошибка среднего $m = \sqrt{\sigma^2 / n}$ 0,03

Точность опыта $m\% = m / x_0 \cdot 100$ 1,12%

Ошибка разности $md = 1,41 \cdot m$ 0,042 т

Наименьшая существенная разность $НСР_{05} = t_{0,95} \cdot md$ $2,1 \cdot 0,042 = 0,09$ т/га

Приложение 16.2

Дисперсионный анализ

Урожайность естественного травостоя пастбищ 1-го укоса под влияние щелчевания и лесных полос в степи Приволжской возвышенности в 2010 году

Варианты	Урожайность, т/га				Число наблюдений	Сумма	Среднее
Контроль	1,63	1,77	1,83	1,69	4	6,92	1,73
Щ	1,88	1,71	1,82	1,75	4	7,16	1,79
Щмчв-5	2,29	2,11	2,09	2,27	4	8,76	2,19
ЛП	2,57	2,79	2,69	2,55	4	10,6	2,65
ЛП + Щ	2,83	2,66	2,81	2,58	4	10,88	2,72
ЛП + Щмчв-	3,13	3	2,91	3,08	4	12,12	3,03
	2,3883	2,34	2,3583	2,32			2,35
	14,33	14,04	14,15	13,92	24	56,44	

Определение общего варьирования $C_y = \sum(X - x_0)$ 5,8333

Определение варьирования повторений $C_p = \sum(x - x_0) \cdot l$ 0,0152

Определение варьирования вариантов $C_v = \sum(x - x_0) \cdot n$ 5,6515

Случайное остаточное варьирование $C_z = C_y - (C_v + C_p)$ 0,1666

Влияние вариантов $\eta^2_v = C_v / C_y$ 0,9721 96,88%

повторений $\eta^2_p = C_p / C_y$ 0,0174 0,27%

случайных факторов $\eta^2_z = C_z / C_y$ 0,0110 2,86%

Результаты дисперсионного анализа

Вид рассеяния	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия) σ^2	Отношение дисперсий (F)	
				фактическое	табличное (P=0,95)
Общее (C_y)	5,8333	23			
Повторений (C_p)	0,0152	3			
Вариантов (C_v)	5,6515	5	1,1303	101,77	2,9
Остаточное(ошибки)	0,1666	15	0,0111		

Средний квадрат (дисперсия) по вариантам $\sigma^2 = C_v / \nu_v$ 1,1303

Средний квадрат (дисперсия) остаточное рассеивание $C_y - (C_v + C_p) / (L - 1)(n - 1)$

Фактическое отношение дисперсий $F = \sigma^2_v / \sigma^2_z$

Ошибка среднего $m = \sqrt{\sigma^2 / n}$ 0,05

Точность опыта $m\%$ $m / x_0 \cdot 100$ 2,24%

Ошибка разности $md = 1,41 \cdot m$ 0,07 т

Наименьшая существенная разность $HC_{P05} = t_{0,95} \cdot md$ $2,1 \cdot 0,07 = 0,147$ т/га

Приложение 16.3

Дисперсионный анализ
Урожайность естественного травостоя пастбищ 1-го укоса под влияние щелевания и
лесных полос в степи Приволжской возвышенности в 2011 году

Варианты	Урожайность, т/га				Число наблюдений	Сумма	Среднее
	1,07	0,81	1,02	0,82			
Контроль (К)	1,07	0,81	1,02	0,82	4	3,72	0,93
Щ	1,09	0,96	0,9	1,13	4	4,08	1,02
Щмчв-5	2,11	1,83	2,02	2	4	7,96	1,99
ЛП	1,73	1,8	1,89	1,94	4	7,36	1,84
ЛП + Щ	2,19	2,11	2,09	2,17	4	8,56	2,14
ЛП + Щмчв-5	2,4	2,34	2,27	2,31	4	9,32	2,33
	1,76	1,641667	1,6983	1,728333			1,71
	10,5	9,85	10,19	10,37	24	41	

Определение общего варьирования $S_y = \sum(X-x_0)$ 7,1685

Определение варьирования повторений $S_p = \sum(x-x_0) \cdot l$ 0,0489

Определение варьирования вариантов $S_v = \sum(x-x_0) \cdot n$ 6,9963

Случайное остаточное варьирование $S_z = S_y - (S_v + S_p)$ 0,1233

Влияние вариантов $\eta^2_v = S_v / S_y$ 0,9721 97,6%

повторений $\eta^2_p = S_p / S_y$ 0,0174 0,7%

случайных факторов $\eta^2_z = S_z / S_y$ 0,0110 1,72%

Результаты дисперсионного анализа

Вид рассеяния	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия) σ^2	Отношение дисперсий (F)	
				фактическое	табличное (P=0,95)
Общее (S_y)	7,1685	23			
Повторений (S_p)	0,0489	3			
Вариантов (S_v)	6,9963	5	1,3993	170,23	2,9
Остаточное(ошибки)	0,1233	15	0,0082		

Средний квадрат (дисперсия) по вариантам $\sigma^2 = S_v / \gamma_v$ 1,3993

Средний квадрат (дисперсия) остаточное рассеивание $S_y - (S_v + S_p) / (L-1)(n-1)$

Фактическое отношение дисперсий $F = \sigma^2_v / \sigma^2_z$

Ошибка среднего $m = \sqrt{\sigma^2} / n$ 0,045

Точность опыта $m\%$ $m/x_0 \cdot 100$ 2,65%

Ошибка разности $md = 1,41 \cdot m$ 0,06 т

Наименьшая существенная разность $НСР_{05} = t_{0,95} \cdot md$ $2,1 \cdot 0,06 = 0,133$ т/га

Приложение 16.4

Дисперсионный анализ

Урожайность естественного травостоя пастбищ 1-го укоса под влияние щелевания и лесных полос в степи Приволжской возвышенности в 2012 году

Варианты	Урожайность, т/га				Число наблюдений	Сумма	Среднее
Контроль (К)	2,13	2,07	1,93	1,99	4	8,12	2,03
Щ	2,2	2,11	2,01	2,24	4	8,56	2,14
Щмчв-5	2,83	2,79	2,7	2,76	4	11,08	2,77
ЛП	2,94	2,81	2,8	2,85	4	11,4	2,85
ЛП + Щ	3,09	2,9	2,89	3,04	4	11,92	2,98
ЛП + Щмчв-5	3,32	3,1	3,17	3,25	4	12,84	3,21
	2,75	2,63	2,5833	2,688333			2,66
	16,5	15,7	15,5	16,13	24	63,92	

Определение общего варьирования $S_y = \sum(X - x_0)$ 4,6147

Определение варьирования повторений $S_p = \sum(x - x_0) \cdot l$ 0,0956

Определение варьирования вариантов $S_v = \sum(x - x_0) \cdot n$ 4,4813

Случайное остаточное варьирование $S_z = S_y - (S_v + S_p)$ 0,1233

Влияние вариантов $\eta^2_v = S_v / S_y$ 0,9721 97,11%

повторений $\eta^2_p = S_p / S_y$ 0,0174 2,13%

случайных факторов $\eta^2_z = S_z / S_y$ 0,0110 2,67%

Результаты дисперсионного анализа

Вид рассеяния	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия) σ^2	Отношение дисперсий (F)	
				фактическое	табличное (P=0,95)
Общее (S_y)	4,6147	23			
Повторений (S_p)	0,0956	3			
Вариантов (S_v)	4,4813	5	0,89626	109,0341	2,9
Остаточное(ошибки)	0,1233	15	0,00822		

Средний квадрат (дисперсия) по вариантам $\sigma^2 = S_v / \gamma_v$ 0,8963

Средний квадрат (дисперсия) остаточное рассеивание $S_y - (S_v + S_p) / (L-1)(n-1)$

Фактическое отношение дисперсий $F = \sigma^2_v / \sigma^2_z$

Ошибка среднего $m = \sqrt{\sigma^2} / n$ 0,045

Точность опыта $m\%$ $m / x_0 \cdot 100$ 1,70%

Ошибка разности $md = 1,41 \cdot m$ 0,06 т

Наименьшая существенная разность $HC_{P05} = t_{0,95} \cdot md$ $2,1 \cdot 0,06 = 0,133$ т/га

Приложение 16.5

Дисперсионный анализ

Урожайность естественного травостоя пастбищ 1-го укоса под влияние щелевания и лесных полос в степи Приволжской возвышенности в 2013 году

Варианты	Урожайность, т/га				Число наблюдений	Сумма	Среднее
Контроль	2,19	1,92	2,03	2,22	4	8,36	2,09
Щ	2,39	2,09	2,19	2,41	4	9,08	2,27
Щмчв-5	2,51	2,98	3,01	2,42	4	10,92	2,73
ЛП	3,27	2,83	3,13	2,81	4	12,04	3,01
ЛП + Щ	3,08	3,28	3,21	3,11	4	12,68	3,17
ЛП + Щмчв-	3,7	3,49	3,84	3,33	4	14,36	3,59
	2,856	2,765	2,9016	2,7166			2,81
	17,14	16,59	17,41	16,3	24	67,44	

Определение общего варьирования $S_y = \sum(X-x_0)$ 7,1272

Определение варьирования повторений $S_p = \sum(x-x_0) \cdot l$ 0,1279

Определение варьирования вариантов $S_v = \sum(x-x_0) \cdot n$ 6,3776

Случайное остаточное варьирование $S_z = S_y - (S_v + S_p)$ 0,6215

Влияние вариантов $\eta^2_v = S_v / S_y$ 0,9721 89,50%

повторений $\eta^2_p = S_p / S_y$ 0,0174 2,0%

случайных факторов $\eta^2_z = S_z / S_y$ 0,0110 8,7%

Результаты дисперсионного анализа

Вид рассеяния	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия) σ^2	Отношение дисперсий (F)	
				фактическое	табличное (P=0,95)
Общее (S_y)	7,127	23			
Повторений (S_p)	0,1279	3			
Вариантов (S_v)	6,3776	5	1,27552	31,888	2,9
Остаточное(ошибки)	0,6215	15	0,04		

Средний квадрат (дисперсия) по вариантам $\sigma^2 = S_v / \nu_v$ 1,27552

Средний квадрат (дисперсия) остаточное рассеивание $S_y - (S_v + S_p) / (L-1)(n-1)$

Фактическое отношение дисперсий $F = \sigma^2_v / \sigma^2_z$

Ошибка среднего $m = \sqrt{\sigma^2} / n$ 0,01

Точность опыта $m\%$ $m/x_0 \cdot 100$ 3,5%

Ошибка разности $md = 1,41 \cdot m$ 0,141 т

Наименьшая существенная разность $НСР_{05} = t_{0,95} \cdot m_d \cdot 2,1 \cdot 0,141 = \mathbf{0,30 \text{ т/га}}$