

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

На правах рукописи

НОЗАДЗЕ ЛЕВАН РЕЗОЕВИЧ

**МЕЛИОРАТИВНЫЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ
ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОРОШАЕМЫХ ЮЖНЫХ
ЧЕРНОЗЕМОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ НИЖНЕГО ДОНА**

06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
кандидат технических наук
В. В. Слабунов

Новочеркасск 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Состояние вопроса, цель и задачи исследований	8
1.1 Актуальность исследований.....	8
1.2 Влияние поверхностного стока и факторов его образования на почвенный покров орошаемых земель	13
1.3 Анализ мероприятий по борьбе с водной эрозией.....	19
1.4 Выводы по главе	26
1.5 Цель и задачи исследований	27
2 Программа и методика исследований	28
2.1 Характеристика района исследований	28
2.2 Программа исследований.....	31
3 Теоретическое обоснование направлений экспериментальных исследований нового мелиоранта-структурообразователя.....	39
3.1 Теоретическое обоснование применения мелиоранта-структурообразователя	39
3.2 Практическое обоснование применения мелиоранта-структурообразователя.....	48
3.3 Подбор оптимального фракционного состава компонентов мелиоранта-структурообразователя	51
3.3.1 Подбор размера гранул бентонитовой глины.....	51
3.3.2 Подбор размера гранул керамзитового отсева	57
3.3.3 Подбор размера гранул известняка-ракушечника	59
3.3.4 Подбор размера гранул терриконовой породы	61
3.4 Подбор оптимального варианта компонентного состава мелиоранта-структурообразователя	63
3.5 Результаты исследований по определению нормы внесения мелиоранта-структурообразователя.....	64
3.6 Результаты исследования эффективности внесения мелиоранта-структурообразователя в почву	66

4	Оценка степени воздействия дождевания на качественные характеристики почв	73
4.1	Результаты исследований влияния мелиоранта-структурообразователя на коэффициент стока в зависимости от интенсивности искусственного дождя, уклона и водопроницаемости почвы.....	73
4.2	Результаты исследований влияния на составляющие поверхностного стока (общий, жидкий, твердый) и смыв почвы при орошении дождеванием.....	82
4.3	Результаты исследования влияния поливной нормы на поверхностный сток с орошаемого поля.....	87
5	Экономическая эффективность применения мелиоранта-структурообразователя	93
5.1	Ресурсно-экологическая оценка эффективности применения мелиоранта-структурообразователя	93
5.2	Расчет годового экономического эффекта от внедрения мелиоранта-структурообразователя	101
5.3	Рекомендации производству	102
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	104
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	104
	ПРИЛОЖЕНИЕ А Патент на изобретение № 2537178 «Композиция из структурообразующих материалов».....	119
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б Сертификат эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ».....	121
	ПРИЛОЖЕНИЕ В Показатели водопроницаемости почвы в зависимости от нормы внесения мелиоранта-структурообразователя.....	122
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г Оценочные шкалы показателей структурного состояния почв	123
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д Акт внедрения ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области.....	124
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е Акт внедрения ОАО «Имени Калинина» Матвеево-Курганского района Ростовской области.....	127

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В мировой практике явлению ирригационной эрозии уделяется достаточно большое внимание, поскольку более 70 % мелиорированных земель в Российской Федерации подвергнуты ирригационной эрозии, в частности в Ростовской области около 40 %, расположено на эродированных и эрозионно-опасных землях, деградированных в условиях длительной эксплуатации под воздействием завышенных поливных норм. Необходимо отметить, что ирригационная эрозия, кроме общего смыва почвы, снижает ее плодородие за счет вымывания питательных элементов потоками оросительной воды, вызывая процессы глееобразования и засоления на орошаемых участках.

В свою очередь, одним из возможных решений вопроса снижения эрозионных процессов и смыва почв поверхностным стоком при орошении дождеванием южных черноземов степной зоны Нижнего Дона, является разработка и внедрение новых научно-обоснованных, низкзатратных противоэрозионных мероприятий, в частности искусственное оструктурирование почвы с применением мелиорантов-структурообразователей, т. к. противоэрозионная устойчивость почв напрямую зависит от ее структурности. Так применение мелиорантов-структурообразователей обеспечивает не только улучшение структуры почвы, но и изменения водного и теплового режимов которые, в свою очередь, вызывают активное развитие растений и, соответственно, повышение урожаев сельскохозяйственных культур при общей стабилизации их продуктивности. Подчеркивая важность определения «низкзатратные» противоэрозионные способы, целесообразно использовать в составе мелиорантов-структурообразователей местные минеральные и органические материалы, что будет способствовать снижению затрат на производство противоэрозионных мероприятий. В аспекте выше изложенного, рассматриваемая задача является актуальной.

Степень разработанности темы. Существенный вклад в изучение и решение проблемы снижения ирригационной эрозии и в частности с помощью искусственного оструктурирования почв внесли такие ученые как П. В. Вершинин, Н. А. Качинский, И. Б. Ревут, В. П. Батюк, М. С. Григоров, В. Н. Щедрин, Ю. В. Бондаренко, Е. В. Полуэктов, А. С. Фалькович, М. П. Мещеряков и др. В этих работах рассмотрены вопросы формирования и развития ирригационной эрозии на орошаемых землях, а также применения и эффективности различных противоэрозионных мероприятий. Вопросы оценки эффективности использования мелиорантов-структурообразователей на орошаемых сельскохозяйственных землях при

борьбе с ирригационной эрозией раскрыты в трудах С. Я. Бездниной, Л. В. Кирейчевой, А. Н. Каштанова, М. Г. Хулбаряна. Однако необходимо отметить, что в настоящее время недостаточно проработаны вопросы разработки и применения мелиорантов-структурообразователей обеспечивающих снижение смыва и повышение плодородия южных черноземов степной зоны Нижнего Дона основанных на использовании органического и местного сырья.

Цель исследования – повышение противоэрозионной устойчивости южных черноземов на орошаемых землях за счет применения нового мелиоранта-структурообразователя.

Задачи исследования:

1. Провести анализ и выявить факторы, влияющие на развитие ирригационной эрозии при орошении дождеванием черноземов;
2. Построить экспериментально-статистические модели рецептурно-технологических решений состава нового мелиоранта-структурообразователя;
3. Определить влияние применения мелиоранта-структурообразователя на показатели структурного состояния почвы;
4. Провести оценку воздействия орошения дождеванием на коэффициент стока в зависимости от интенсивности искусственного дождя, уклона и водопроницаемости почвы при применении мелиоранта-структурообразователя;
5. Смоделировать процесс влияния, мелиоранта-структурообразователя на массу твердого стока в зависимости от поливной нормы и величины поверхностного стока;
6. Провести оценку эколого-экономической эффективности применения мелиоранта-структурообразователя.

Научная новизна исследования заключается в том что:

- получены экспериментально-статистические модели рецептурно-технологических решений состава нового мелиоранта-структурообразователя;
- получены экспериментально-статистическая модель, описывающая влияние искусственного дождя при орошении сельскохозяйственных земель, уклона орошаемого поля и водопроницаемости почвы на коэффициент стока при применении нового мелиоранта-структурообразователя;
- получена зависимость массы твердого стока от поливной нормы и величины поверхностного стока при применении мелиоранта-структурообразователя.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость работы заключается в обосновании и получении математических зависимостей, описывающих: экспериментально-статистические модели рецептурно-

технологических решений состава мелиоранта-структурообразователя; модель влияния искусственного дождя при орошении сельскохозяйственных культур, уклона орошаемого поля и водопроницаемости почвы на коэффициент стока; модель влияния массы твердого стока от поливной нормы и величины поверхностного стока при применении мелиоранта-структурообразователя.

Практическая значимость подтверждается тем, что мелиорант-структурообразователь (Патент РФ № 2537178) внедрен в ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района и ОАО «Имени Калинина» Матвеево-Курганского района Ростовской области, обеспечивающий: улучшение структурного состояния почвы (увеличение содержания водопроходных агрегатов на 10,56 %); увеличение коэффициента степени агрегатности почвы на 5,1 %; снижение фактора дисперсности на 43,8 %; сокращение объема поверхностного стока и смыва в 2,0-2,3 раза.

Методология и методы исследования.

Методологической основой послужили: системный подход в изучении мероприятий повышения сопротивляемости орошаемых почв ирригационной эрозии; методы системного анализа и эмпирического обобщения. Теоретической базой исследований являются работы отечественных (ГНУ «ВНИИГиМ», ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», ФГБНУ «РосНИИПМ», ФГБОУ ВО НИМИ ДГАУ, ФГБОУ ВО «ВолГАУ») и зарубежных авторов, комплексные теоретические и натурные исследования процессов ирригационной эрозии, анализ и обобщение полученных результатов. Эмпирическую базу исследований составили результаты полевых лабораторных исследований, которые выполнялись в соответствии с действующими нормативными документами и стандартными методиками, сертифицированными приборами и оборудованием. Обработка результатов исследований проводилась с использованием теории планирования эксперимента и математической статистики.

Положения, выносимые на защиту:

1. Рецептурно-технологические решения состава нового мелиоранта-структурообразователя;
2. Экспериментально-статистическая модель влияние искусственного дождя при орошении сельскохозяйственных культур, уклона орошаемого поля и водопроницаемости почвы на коэффициент стока при применении нового мелиоранта-структурообразователя;
3. Зависимость массы твердого стока от поливной нормы и величины поверхностного стока при применении мелиоранта-структурообразователя;

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность научных результатов подтверждается большим объемом экспериментального материала, применением современных методик при проведении и организации лабораторно-полевых исследований, подтвержденных актами внедрения. Степень достоверности обеспечена статистическими методами оценки данных с использованием ЭВМ, высокой степенью сходимости теоретических исследований и полученных результатов.

Основные положения диссертации были доложены и обсуждены на научно-практических конференциях ФГБНУ «РосНИИПМ»: Пути повышения эффективности орошаемого земледелия (г. Новочеркасск, 2012-2014 гг.); на II международной научно-практической конференции молодых ученых: Теоретическое и практическое развитие науки в современных социально-экономических условиях (г. Москва, 2013 г.); на международной научно-практической конференции: Современные тенденции в науке и образовании (г. Москва, 2014 г.).

Результаты исследований внедрены на орошаемых массивах ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района и ОАО «Имени Калинина» Матвеево-Курганского района Ростовской области.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 12 научных работ, в том числе 3 работы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 патент на изобретение. Общий объем публикаций составляет 3,98 п. л., из них – 3,16 п. л. принадлежат лично автору.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 129 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, имеет 25 таблиц, 25 рисунков, 6 приложений. Список литературы включает в себя 130 наименований, в том числе 10 на иностранных языках.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Актуальность исследований

Эрозионные процессы в почвах Российской Федерации являются одной из основных причин: потерь урожая, деградации почвы, загрязнения окружающей среды химическими веществами и заиления рек.

Экологическая составляющая опасности развития эрозионных процессов заключается в том, что на сельскохозяйственных землях происходит нарушение экологического баланса и как следствие, происходит их деградация и падает плодородие почв. В результате развития эрозионных процессов происходит снижение содержания гумуса и порозности, а также повышается плотность почвы и т. д. С ухудшением агрофизических свойств еще более возрастает подверженность эрозии, которая может привести к полной потере гумусового горизонта.

Так согласно Государственному докладу «О состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения» в Российской Федерации эрозии (водной) подвержены порядка 17,8 % площадей земель сельскохозяйственного назначения, из них 12,1 % составляет пашня [24, 25].

Также эрозия почв, в частности водная, является одним из основных сдерживающих факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Так на сельскохозяйственных землях, подвергшихся эрозии, потеря зернобобовых культур составляет 15 %, пшеницы – 32 %, картофеля – 45 %, кормовых трав – 25 % [36].

Экологический ущерб, наносимый водной эрозией сельскохозяйственным угодьям, не только отражается в смыве плодородного слоя почвы, но и в выносе питательных веществ (кальций, фосфор), определяющих плодородие почв [107]. В результате эрозионных процессов каждый год из пахотного слоя сельскохозяйственных земель вымывается около 1,5 млрд тонн плодородного слоя, что сопоставимо с потерей 18-20 млн тонн питательных веществ.

Ростовская область является зоной с высоким процентом наличия сельскохозяйственных земель. Так на долю земель сельскохозяйственного назначения в Ростовской области приходится около 87 % территорий, что составляет – 8 млн 830 тыс. гектар.

В результате эрозии подвергаются деградации наиболее плодородные почвы Ростовской области – черноземы. Анализ таблицы 1.1, показывает, что колебания гумуса составляют в среднем – 3,0-3,5 %, что соответствует в свою очередь, слабогумусированным почвам [37].

Таблица 1.1 – Содержание гумуса в почвах Ростовской области [38]

№ п/п	Природно-сельскохозяйственные зоны области	Среднее содержание гумуса, %							
		1976-1980 годы	1981-1985 годы	1986-1990 годы	1991-1995 годы	1996-2000 годы	2001-2005 годы	2006-2010 годы	2011-2014 годы
1	Северо-Западная	3,80	3,79	3,71	3,46	3,20	3,14	3,13	3,10
2	Восточная	2,80	2,73	2,40	2,22	2,40	2,33	2,29	2,25
3	Северо-Восточная	3,10	3,10	3,00	2,90	2,80	2,73	2,67	2,66
4	Центральная	3,30	3,25	3,25	2,97	2,95	2,96	2,95	2,92
5	Приазовская	3,80	3,80	3,60	3,60	3,60	3,55	3,50	3,40
6	Южная	3,80	3,64	3,64	3,60	3,65	3,57	3,56	3,50

Основной причиной уменьшения содержания гумуса, в данном случае, является водная эрозия. В отдельных районах потери гумуса доходят до 1,1 %, особенно сильно дегумификация проявляется на орошаемых землях. В черноземах снижение гумуса произошло с 3,8 % до 3,0 %, а в каштановых – с 2,8 % до 2,25 %.

Данное снижение обусловлено тем, что на почвах Ростовской области наблюдается снижение трансформируемого органического вещества в соотношении к содержанию его в целинных землях вследствие биологической минерализации.

На рисунке 1.1 по административным районам Ростовской области показано уменьшение содержания гумуса в верхнем слое и его запасов. По потерям запасов гумуса районы объединены в 4 класса (до 10, 11-20, 21-30 и более 30 т/га). Для каждого района указаны конкретные размеры дегумификации почв: в числителе – снижение содержания гумуса верхнего слоя (в %), в знаменателе – запасов гумуса (т/га).

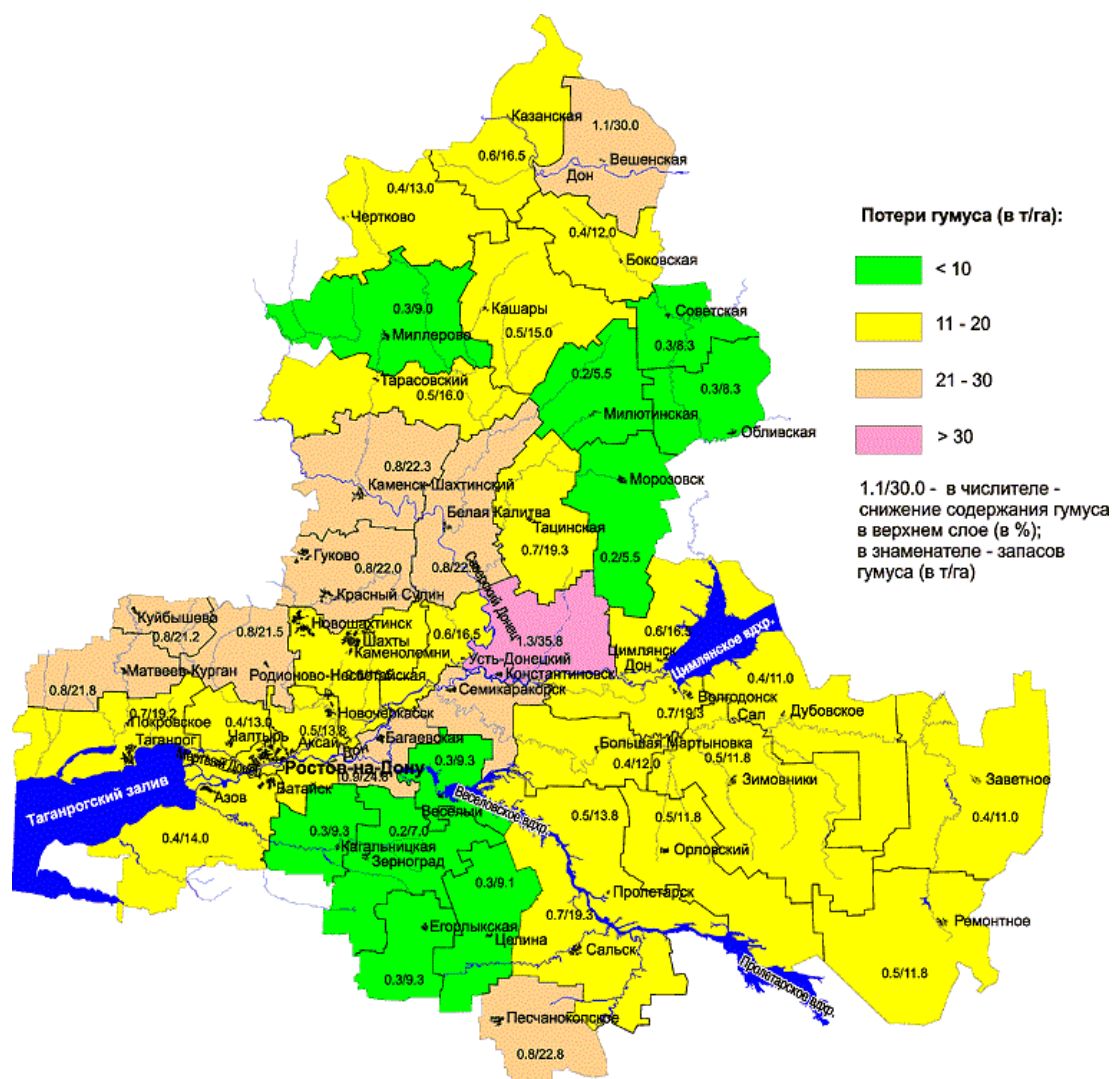


Рисунок 1.1 – Потери гумуса в Ростовской области [76]

Дегумификация почв в Ростовской области зависит в основном от двух причин: выноса гумуса с урожаем и эрозии почв. В современных условиях дефицита удобрений, малых площадей посева многолетних трав (обогатителей почв гумусом), больших площадей эродированных почв процессы дегумификации усиливаются.

Наибольшие потери гумуса наблюдаются в районах с проявлениями водной эрозии почв, и в частности на орошаемых массивах. Это районы Донской поймы – (Семикаракорский, Константиновский, Багаевский), а также Донецкого края и его окраин (Белокалитвинский, Каменский, Красносулинский, Матвеево-Курганский, Куйбышевский и Родионово-Несветайский). С высокими потерями гумуса на севере Ростовской области выделяется Шолоховский район с террито-

риями расположенными в пределах Калачской гряды и ее южных склонов, а на юге – Песчанокопский.

В естественных условиях процесс почвообразования и смыв почвы в результате эрозии сбалансирован, в свою очередь, плодородие почв – стабилизировано. Степень эродированности распаханых сельскохозяйственных угодий зависит от характера и количества осадков, расчлененности рельефа, и как не мало-важный фактор – нарушения норм ведения сельскохозяйственной деятельности.

Доминирующим негативным процессом на землях сельскохозяйственных угодий Ростовской области является водная эрозия почв (рисунок 1.2), а также – подтопление, переувлажнение, осолонцевание, засоление и опустынивание. Водная эрозия, в свою очередь, подразделяется на плоскостную и линейную (глубинную или овражную). В результате эрозионных процессов снижается плодородие почв, увеличивается расчлененность сельскохозяйственных угодий, ухудшается водный режим почв и влагообеспеченность полей, что наносит ущерб сельскохозяйственному производству.

На рисунке 1.2 по долевого участию эродированных почв выделены контуры земель пяти классов (до 5 % – слабоэродированные, 6-25 % – умеренноэродированные, 26-50 % – среднеэродированные, 51-75 % – сильно эродированные, более 75 % – очень сильно эродированные).

Как следует из представленных данных на рисунке 1.2, территория Ростовской области очень неоднородна по проявлению и интенсивности процессов водной эрозии. Северные и северо-восточные районы, характеризующиеся сильно расчлененным рельефом местности в наибольшей степени подвержены процессам водной «талой» и «дождевой» эрозии. В южных районах степень эродированности почвы, в следствии водной эрозии, в большей степени слабая и умеренная однако, проявляются очаги с очень сильной эродированностью, что представляет значительную угрозу для почв. Созданный в 70-80-х гг. комплекс противоэрозионных мероприятий не может полностью прекратить процессы эрозии почв, и площади эродированных земель постоянно увеличиваются.

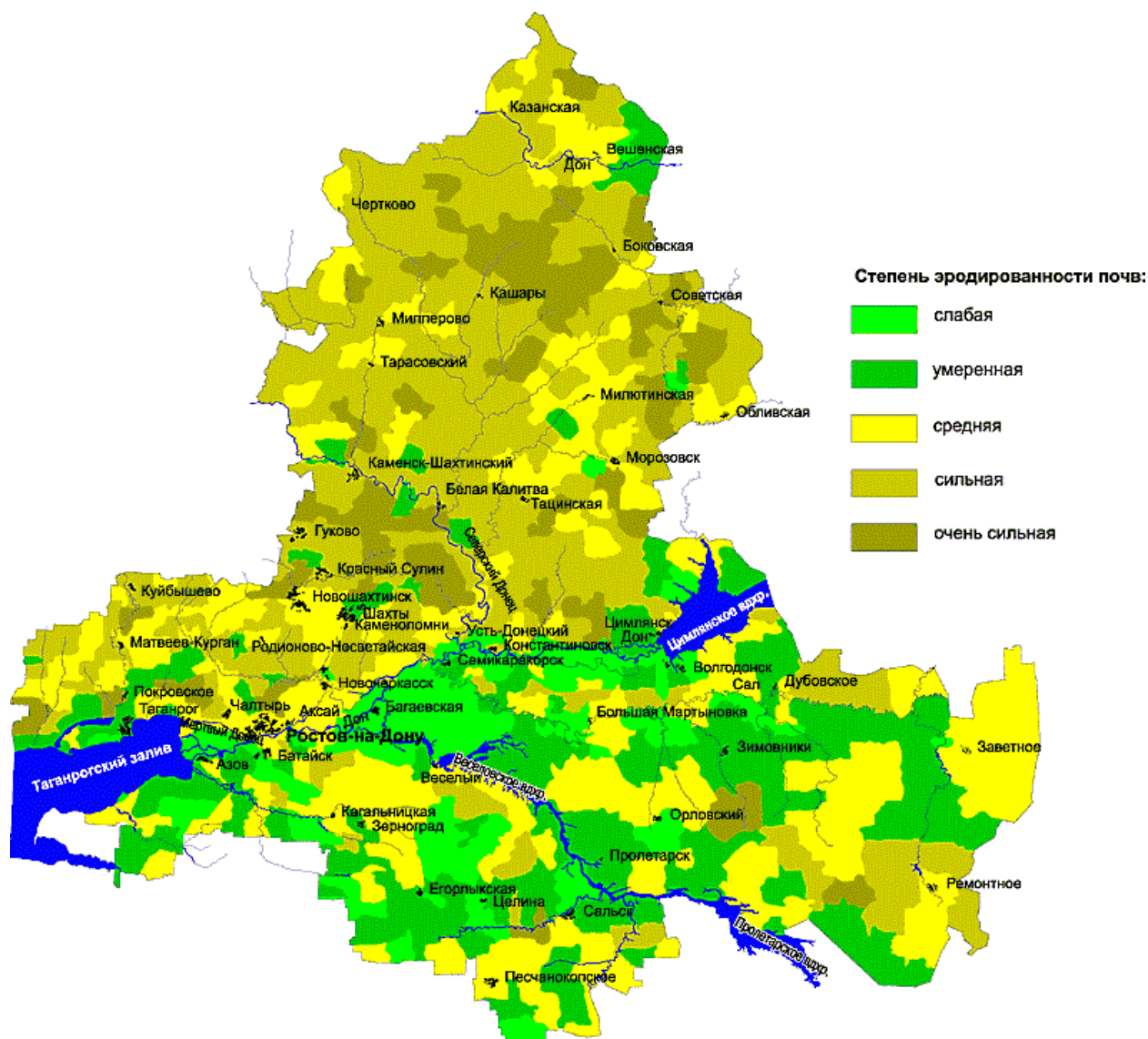


Рисунок 1.2 – Степень эродированности почв Ростовской области [76]

Опасность проявления водной эрозии во многом определяется распределением сельскохозяйственных земель региона по уклонам. Так сток и смыв почвы проявляется уже на уклонах $0,5-1^\circ$, в свою очередь, слабоэродированные почвы располагаются на склонах до $2,5^\circ$, среднеэродированные – от $2,5-4,5^\circ$, а сильноэродированные почвы – свыше $4,5-5^\circ$ [87]. В Ростовской области преобладают территории с углами наклона поверхности – 2° (около 80 % площади). На 16,9 % территории приходится на склоны крутизной от 2° до 5° и незначительная площадь (2,1 %) занята крутосклонами с уклонами превышающими 10° .

Выше приведенные данные о состоянии сельскохозяйственных земель Ростовской области говорят о том что, несмотря на проведение противоэрозионных мероприятий на сельскохозяйственных землях почворазрушающие процессы про-

должают прогрессировать и расширяться. В свою очередь, предотвращение эрозионных процессов и смыва почв поверхностным стоком, в частности при орошении дождеванием, применительно к южным черноземам Ростовской области, может быть достигнуто разработкой и внедрением новых научно-обоснованных противоэрозионных способов борьбы с ней при помощи структурообразующих материалов, повышающих сопротивляемость почв процессам ирригационной эрозии и способствующих сохранению плодородия почвы и повышению урожайности. В аспекте выше изложенного, рассматриваемая задача является актуальной.

1.2 Влияние поверхностного стока и факторов его образования на почвенный покров орошаемых земель

В работах известных ученых-мелиораторов, таких как: Ц. Е. Мирцхулавы, Е. В. Полуэктова, В. Е. Райнина, М. С. Кузнецова, Г. П. Сурмача, А. В. Кравчука и др. в области влияния поверхностного стока на почву и методов его определения отмечается, что формирование стока с орошаемых массивов специфично в зависимости от природно-климатической зоны [52, 56, 67, 74, 88, 105].

Следовательно, проблему деградации орошаемых массивов вследствие развития ирригационной эрозии необходимо рассматривать непосредственно по природно-климатическим зонам, а также по имеющимся общим направлениям в ведении и организации сельскохозяйственной деятельности.

Так, на формирование поверхностного стока с орошаемых массивов оказывает влияние ряд антропогенных факторов, таких как:

- 1) Вовлечение в сельскохозяйственный оборот больших пространств целинной территории и их распашки, вырубка лесных массивов. Применение мелиоративных мероприятий, в частности при орошении, оказывает воздействие на структуру почвы и изменяет режим формирования дренажного стока, что приводит к усилению эрозионных процессов.

2) Применение для сельскохозяйственных работ тяжелой техники приводит к переуплотнению почвы и как следствие к уменьшению ее водопроницаемости и увеличению негативного воздействия поверхностного стока.

3) В результате «неконтролируемого» орошения происходит деградация почвенного покрова сельскохозяйственных земель, активизируются процессы вторичного засоления, происходит сокращение содержания гумуса в почве в связи с выносом питательных веществ.

4) Неправильная организационно-хозяйственная деятельность (не соблюдение технологий выращивания сельскохозяйственных культур, расположения сельскохозяйственных угодий и технологии ее обработки) приводит к активизации эрозионных процессов и деградации почв.

5) Техногенное загрязнение водосборов вследствие смыва с поверхности почвы микроэлементов вносимых удобрений и пестицидов.

Для условий Северного Кавказа Е. В. Полуэктовым проводились исследования в области поверхностного стока и эрозии почв. В своих работах он обобщил результаты исследований проводимых в Ростовской области, Ставропольском и Краснодарском краях по оценке влияния процессов водной эрозии на потери почвы, по влиянию интенсивности протекания эрозии в зависимости от метеорологических условий, вида обработки, агрофона и рельефа почвы и др. [86, 87].

По мнению многих ученых, следует различать следующие виды поверхностного стока: сток вследствие выпадения ливней, сток при снеготаянии и ирригационный сток [4, 17 и др.]. Данные виды стока различаются не только по процессу образования, но и по величине причиняемого ущерба.

К одним из первых работ по изучению процессов развития ирригационной эрозии для различных природно-климатических зон относятся работы таких ученых как: В. Б. Гуссака, Е. С. Аكوпова, К. А. Жаровой, Б. М. Баучидзе, О. Израэльсена [2, 9, 30, 39, 43].

Такому явлению как ирригационная эрозия в мире уделяется большое внимание. В свою очередь, это говорит о том что, в практике недостаточно распространены приемы и способы орошения большеуклонных участков без образова-

ния поверхностного смыва почвы. Так большие площади сельскохозяйственных земель Северного Кавказа, Поволжья, Центрально-Черноземной полосы и др. подвергаются плоскостной эрозии. Можно наблюдать смыв почвенного покрова даже на уклонах более 0,01 при применении серийно выпускаемой поливной техники, а на орошаемых массивах с уклонами более 0,005 опасность смыва почвы увеличивается. Данное явление представляет собой ирригационную эрозию, являющуюся одним из видов водной эрозии и относящуюся к антропогенному виду [26, 27].

Следует различать следующие виды ирригационной эрозии: плоскостной смыв, образующийся в верхних горизонтах почв, и струйчатый – приводящий к образованию оврагов [22].

Рассматривая ирригационную эрозию при орошении дождеванием, имеем образование плоскостного смыва почвогрунта с образованием струйчатых размывов. Данные процессы образования плоскостной ирригационной эрозии особенно опасны на почвах, подстилаемых на небольшой глубине песками и галечниками.

Рядом ученых-мелиораторов рассмотрение вопросов образования ирригационной эрозии совмещается с вопросами образования эрозии на орошаемых массивах, вызванной снеготаянием и ливневыми осадками [4, 7, 26, 28].

Проводя анализ мероприятий по предотвращению ирригационной эрозии, необходимо разделять процессы образования ирригационной эрозии на орошаемом массиве от эрозии на богарных землях.

Процессы ирригационной эрозии особенно сильно проявляется при переходе при выращивании от зерновых к пропашным культурам, и данное явление к настоящему времени имеет практически повсеместное распространение во всех районах орошаемого земледелия [6, 29, 30, 32, 33]. Так согласно исследованиям академика Ц. Е. Мирцхулавы, при поливе сельскохозяйственных культур без соблюдения противоэрозионных правил, негативные последствия ирригационной эрозии значительно превышают последствия от эрозии, вызванной сильными ливнями [21].

В настоящее время имеются различные результаты исследований по объе-

му смываемой почвы в результате ирригационной эрозии. Так согласно исследованиям М. С. Кузнецова, при стоке воды и смыве почвы с орошаемого массива выносятся от 10 % до 30 % удобрений и пестицидов [14].

Из общего количества, согласно исследованиям, проведенным в ЦНИ-КИВРа, вносимых в сельскохозяйственные угодья минеральных удобрений до 30-50 % их утрачивается, 20-30 % из них поступают в атмосферу в процессе денитрификации или смывается в подземные и поверхностные воды (до 10-15 %). Так с одного гектара орошаемого массива в год смывается до 10 кг фосфора [35].

Основным вопросом образования процессов ирригационной эрозии при орошении дождеванием является превышение интенсивности искусственного дождя над водопроницаемостью почвы. Результаты исследований, проведенных М. И. Заславским, показывают, что при увеличении уклона орошаемого массива увеличивается интенсивность процессов ирригационной эрозии. Так при орошении (дождеванием) сельскохозяйственных земель интенсивностью 2 мм/мин и при уклоне орошаемого массива 0,01 наблюдается увеличение плотности почвы с 0,99 г/см до 1,4 г/см, в свою очередь происходит увеличение поверхностного стока в 2,4 раза и смыва почвы в 6,3 раза [41].

Весьма важным является вопрос о предельно-допустимом смыве орошаемых почв. Так сопоставление количества определенного на конкретном орошаемом массиве с предельно-допустимым смывом почвы позволяет сделать вывод о необходимости принятия мер по предотвращению эрозии. Так, по мнению академика Ц. Е. Мирцхулавы, предельно-допустимый смыв – это количество смытого почвогрунта, при котором потерянный почвенный слой не влияет на продуктивность сельскохозяйственного массива [6].

Проведенный анализ литературных источников показывает, что в рекомендуемых значениях предельно-допустимого размера смыва почвогрунтов с сельскохозяйственных земель имеется большое расхождение, а величину предельно-допустимого смыва почвы необходимо уточнять для конкретно исследуемого орошаемого массива.

Одним из факторов, влияющих на образование поверхностного стока, мно-

гими учеными выделяется ударное воздействие капель искусственного дождя [6, 10].

В результате исследований Г. Т. Балакаем (ФГБНУ «РосНИИПМ») установлено, что для значений скоростей капель искусственного дождя – 8 м/с и поверхностного стока – 1 м/с имеется соотношение значений энергии искусственного дождя и поверхностного стока. Так учитывая, что скорость падения капель искусственного дождя в десять раз, а кинетическая энергия капель искусственного дождя в двести раз больше энергии ирригационного стока, то ударное воздействие капель на почву в несколько раз превосходит «разрушающее» воздействие ирригационного стока [6]. Данный факт в очередной раз доказывает высокую достоверность прогнозных оценок по лавинообразному нарастанию эрозийных процессов в зависимости от кинетической энергии капель дождя и степени деградации орошаемых почв, установленную в конце 80-х гг. прошлого века д-р. техн. наук профессором Ю. П. Поляковым.

Согласно исследованиям различных ученых ливни нормой – 50 мм и выпадающие в течение 20 минут, могут соответствовать поливной норме – 500 м³/га, вследствие чего, при поливе одного гектара почвы ударной силой капель, в воздух поднимется порядка 240 тонн чернозема, который впоследствии будет смыт поверхностным стоком [5, 14, 19, 21].

Необходимо отметить что, многие ученые к основным факторам, влияющим на образование поверхностного стока, относят такие как: интенсивность и размер капель искусственного дождя, уклон орошаемого массива, физико-химические свойства почв [14, 30, 60, 76 и др.].

Одна из главных характеристик искусственного дождя – интенсивность. Так при оценке опасности развития ирригационной эрозии ее следует увязывать с впитывающей способностью почвы, а также с уклонами орошаемого поля.

Известно, что фактическая интенсивность искусственного дождя превышает установленную интенсивность нормами при впитывающей способности орошаемых почв ниже нормативных значений. Согласно этому можно сделать вывод о том, что почва не способна впитать подаваемое количество ороситель-

ной воды, что в свою очередь приводит к образованию поверхностного стока (его составляющих – жидкого и твердого стока). Данное обстоятельство заставляет уделять большое значение устранению этого несоответствия.

В частности, по данным исследованиям И. Д. Паненко, при поливе дальнеструйными установками (КИ-50, ДДН-70) с интенсивностью искусственного дождя 0,33 и 0,29 мм/мин соответственно, образуется максимальный ирригационный сток в сравнении с другими дождевальными машинами с интенсивностью до 1,04 мм/мин, данное явление объясняется более высокой крупностью и кинетической энергией падающей капли на почву [92].

Некоторые ученые вводят понятие – допустимая величина интенсивности дождя, обусловленная величиной впитывания почвы для различных исследуемых районов. [3, 5, 41]. Анализ данных работ говорит о многообразии значений допустимой интенсивности дождя, что обосновывается различными почвенными условиями, их физико-химическими свойствами, а также гранулометрическим составом, которые в свою очередь, специфичны для различных почвогрунтов. Данное многообразие приводит к обширному диапазону рекомендуемых допустимых значений интенсивности дождя.

Выше приведенное говорит о необходимости обоснования и уточнения оптимальных пределов параметров искусственного дождя для конкретных зон с индивидуальными физико-химическими и почвенными условиями, рельефом и уклоном орошаемого массива.

Так при орошении дождеванием на поверхности поля в результате неровностей микрорельефа вода собирается в водяной поток (струю), обладающий высокой транспортирующей способностью, в результате чего образуются глубинные промоины [51, 58, 97, 98, 123, 124 и др.].

На основе выше изложенного, можно сделать вывод о том, что рассматриваемая задача является актуальной вследствие того, что при поливах дождеванием участков орошаемых массивов практически повсеместно распространен смыв почв.

1.3 Анализ мероприятий по борьбе с водной эрозией

Основные направления, научные основы и мероприятия по борьбе с водной эрозией впервые были отражены в трудах А. А. Измаильского (1893 г.), В. В. Докучаева (1892 г.), П. А. Костычева (1893 г.), Г. Н. Высоцкого (1894 г.). В данных трудах отражается идея о накапливании почвенной влаги на сельскохозяйственных землях, расположенных на большеуклонных участках, при помощи обработки почвы специальными методами. В результате исследований выше приведенных ученых было выявлено, что одной из основных причин возникновения деграционных процессов на большеуклонных участках орошаемых массивов является смыв верхнего слоя почвы в результате образования поверхностного стока.

Одна из первых научных работ по оценке влияния эрозии на почву Ростовской области была проведена Б. Б. Плыновым в 1926 г. [98]. В данной работе сделан вывод о процессе усиления негативного воздействия водной эрозии на сельскохозяйственные земли и необходимости принятия срочных мер по борьбе с ней.

Так в зависимости от формы, характера развития и степени разрушительности выделяют два типа водной эрозии – «нормальную» и «ускоренную» [89]. Рассматривая «нормальную» эрозию, имеем медленное ее протекание и минимальный наносимый ущерб, происходит главным образом при наличии уклона и стока воды и определяется метеорологическими условиями. Негативным последствием данного типа эрозии является минимальная потеря поверхностного слоя почвы под влиянием естественных дождей. Почва в данном случае восстанавливается за счет протекания естественных почвообразовательных процессов. Проявления антропогенной деятельности, а в частности проведение орошения, выпас скота, вспашка и другие факторы изменяют скорость развития естественной эрозии, что переводит ее в «ускоренную».

В зависимости от различных способов полива мероприятия по борьбе с эрозией имеют свои особенности. Ирригационная эрозия начинается в большинстве

случаев из-за несогласованности между способом и техникой полива и наличием уклонов орошаемого массива. Мероприятия по снижению эрозионных процессов при дождевании сельскохозяйственных культур предполагают подбор оптимальных параметров дождеобразующих устройств (интенсивность, диаметр и масса капель дождя, время полива). При поверхностном способе полива на развитие эрозионных процессов существенное воздействие оказывают норма полива и скорость движения воды по полосам и бороздам.

В работах Ю. П. Полякова указывается, что сток воды и смыв почвы начинают проявляться уже с уклоном 0,004, наиболее опасными в эрозионном отношении являются сельскохозяйственные земли с уклонами более 0,01 [89].

Показателями применения противоэрозионных мероприятий являются вид и интенсивность развития эрозионных процессов. Так, на слабоэродированных землях противоэрозионные мероприятия рекомендуется проводить в комплексе с агротехническими, а на средне- и сильноэродированных следует применять специальные противоэрозионные мелиорации как самостоятельно, так и в совокупности с другими видами мелиораций: культуртехническими, оросительными, осушительными и т. д. [113].

В свою очередь, все противоэрозионные мероприятия можно классифицировать на три группы:

1 Организационно-хозяйственные противоэрозионные мероприятия.

Исследованиями в данной области занимались: Б. Б. Шумаков, М. С. Григоров, В. Н. Щедрин, Г. А. Сенчуков, Л. В. Кирейчева, Ю. П. Поляков, В. М. Ивошин, Н. М. Решеткина, Е. В. Полуэктов, Ю. В. Бондаренко, Ю. Мандера, I. Kittrege и др. В работах приведенных авторов подчеркивается большая роль организационно-хозяйственных противоэрозионных мероприятий на сельскохозяйственных землях. Применение данных мероприятий позволяет эффективно перераспределять поверхностный сток. Сущность организационно-хозяйственных мероприятий заключается в оптимизации расположения и соотношения сельскохозяйственных полей, с учетом применения противоэрозионных мероприятий [15, 16, 42, 49, 50, 60, 86, 88, 90, 92, 96, 101, 112, 116, 118, 121].

Особую важность применения организационно-хозяйственных мероприятий отмечают в своих работах ученые В. М. Ивонин и Н. С. Скуратов [42, 102]. Исследования данных ученых посвящены ландшафтно-экологическим, а также организационно-хозяйственным направлениям при обосновании применения водных мелиораций сельскохозяйственных земель, в работах делается привязка противоэрозионных мероприятий (организационно-хозяйственных) к экологическим особенностям орошаемых массивов. В работах Л. В. Кирейчевой обозначено, что развитие и/или деградация агроландшафта напрямую зависит от организационно-хозяйственной деятельности, которая, в свою очередь, должна обеспечивать его экологическую устойчивость [49, 50].

Ведущими учеными рекомендуется учитывать и выделять: агротехнически однородные участки; распределение полей севооборотов таким образом, чтобы использовать в них наиболее приемлемые сельскохозяйственные культуры; правильно размещать лесополосы и дороги; определять подлежащие залужению мелкие промоины и ложбины, а также выявлять имеющиеся на полях рытвины.

2 Эксплуатационные мероприятия.

Изучением вопросов применения и эффективности противоэрозионных эксплуатационных мероприятий занимались следующие заслуженные ученые-мелиораторы: Б. А. Шумаков, Ц. Е. Мирцхулава, Д. А. Штокалов, В. М. Ивонин, Н. С. Ерхов, М. С. Григоров, Н. П. Кружилин, Ю. П. Поляков, Е. В. Полуэктов, В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, А. П. Лихацевич, В. Н. Щедрин, G. W. Musgrave и др., которые выделяли одним из основных факторов при образовании поверхностного стока – водопроницаемость почв [30, 38, 42, 53, 54, 58, 59, 67, 73, 88, 90, 91, 92, 115, 116, 118, 123].

Так согласно исследованиям В. Н. Дегтяренко почвы в Ростовской области по таким характеристикам как противоэрозионная устойчивость и впитывающая способность следует располагать в порядке (по убывающей): черноземы обыкновенные, черноземы южные, темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые почвы [31]. В соответствие со средней интенсивностью искусственного дождя и впитывающей способностью почвы необходимо производить подбор дождеваль-

ной техники при проектировании орошаемых массивов.

Для предотвращения развития процессов ирригационной эрозии рекомендуется придерживаться допустимых значений интенсивности искусственного дождя на различных уклонах орошаемого массива, при этом следует учитывать, что в зонах перекрытия по длине крыла или при совместной работе дождевальной техники эрозионное воздействие искусственного дождя увеличивается [30, 31, 90]. Так при орошении дальнеструйными агрегатами или аппаратами поливная норма без стока в зоне перекрытия меньше в 1,5-2,0 раза, чем в зонах без перекрытия [97].

В своих исследованиях Ю. П. Поляков приходит к выводу о том, что диаметр капель является одной из основных характеристик искусственного дождя, влияющей на величину ирригационного стока и скорость впитывания почвы.

Так согласно результатам его исследований при поливной норме равной $1500 \text{ м}^3/\text{га}$ ирригационного стока не наблюдается, при среднем диаметре капель не более 0,6 мм, уклоне орошаемого массива – 0,03 [90].

По исследованиям Д. А. Штокалова и Б. А. Шумакова негативное воздействие ирригационной эрозии можно снизить за счет подбора оптимальной длины борозды при поверхностном поливе, которая в свою очередь зависит от рельефа местности на орошаемом массиве и водно-физических свойств почвы.

Основными элементами противоэрозионной технологии орошения поверхностным способом являются длина борозды, время добегания и др., которые следует назначать из условия неразмываемости почвы, водопроницаемости почвы и необходимого для орошения расхода оросительной воды [114, 118]. В работах А. Д. Савченко была выявлена взаимосвязь между расходом оросительной воды, подаваемой в борозду и водопроницаемостью почвы [100].

Одним из эффективных способов в борьбе с ирригационной эрозией при поливе по бороздам можно считать полив дискретной струей, когда путем предварительного увлажнения малыми расходами оросительной воды повышается противоэрозионная стойкость почв перед основным поливом. Так в случае применения орошения по зигзагообразным бороздам наблюдается снижение смыва

почвы на 25-30 % [20].

Необходимо отметить, что эксплуатационные мероприятия можно считать управляемыми, а, следовательно, применение их является достаточно эффективным способом при борьбе с ирригационной эрозией.

3 Агротехнические мероприятия.

Разработке и применению агротехнических приемов посвящены работы Б. Б. Шумакова, И. П. Кружилина, Н. С. Ерхова, А. Н. Каштанова, Б. А. Зимовца, Ю. П. Полякова, Е. В. Полуэктова, Н. С. Петина, Л. И. Храмцова, В. М. Ивонина и др. В результатах проведенных исследований отмечается необходимость учета при организации сельскохозяйственных массивов, на которых вероятно развитие эрозионных процессов, оптимального размещения полей и выбора сельскохозяйственных культур [38, 42, 45, 50, 53, 55, 84, 85, 110, 117, 119, 120].

Так при применении почвозащитных севооборотов следует исключать пропашные культуры при увеличении посевов многолетних трав, а также промежуточных подсевных культур, которые обеспечат защиту почвы в эрозионно-опасные периоды. На полях со склонами крутизной до 3-5° и со слабо- и средне-смытыми почвами предпочтение следует отдавать однолетним сельскохозяйственным культурам сплошного сева и травам. При наличии склонов с уклонами 5-10° и со средне- и сильносмытыми почвами, следует увеличивать посевы промежуточных сельскохозяйственных культур и многолетних трав. Следует также предусматривать высев многолетних трав (люцерна, костер и др.) на сильноэродированных участках сельскохозяйственных массивов в качестве буферных полос [79].

Одними из простых в применении мероприятиями по регулированию ирригационного стока с сельскохозяйственных угодий являются культивация, вспашка и рядовой посев сельскохозяйственных культур поперек склона. На большеуклонных землях одним из эффективных почвозащитных мероприятий является применение обработки почвы без оборота пласта. При применении данных приемов следует учитывать что, механическая обработка оказывает значительный вред почвам [117].

В качестве одного из перспективных агротехнических мероприятий является применение почвозащитных приемов с малым объемом механического воздействия на почву, в результате чего почва становится рыхлой и не уплотняется [30, 42, 50, 86, 92].

Одним из эффективных агротехнических приемов многие ученые считают покрытие мульчей из пожнивных и растительных остатков поверхности почвы [31, 42, 45, 78, 84, 114]. Так по результатам исследований при мульчировании почвы соломой нормой 2,5-3,0 т/га выпадающие осадки с интенсивностью до 3 мм/мин и нормой до 100 мм полностью поглощаются [45].

Еще одним из эффективных агротехнических приемов борьбы с ирригационной эрозией при поливе дождеванием является щелевание. Данный прием способен увеличивать впитывание воды почвой в 2,5 раза, не вызывая усиления эрозионных процессов [50, 90].

Одним из перспективных агротехнических приемов можно считать применение мелиорантов-структурообразователей, которые не только повышают устойчивость почвы к ирригационной эрозии, но и обеспечивают восстановление и повышение плодородия почв, а за счет изменения водного и теплового режимов в обработанных мелиорантами-структурообразователями почвах, вызывают активное развитие растений и, как следствие, повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Вопросы оценки эффективности использования мелиорантов-структурообразователей на орошаемых сельскохозяйственных землях при борьбе с ирригационной эрозией раскрыты в трудах С. Я. Бездниной, Л. В. Кирейчевой, А. Н. Каштанова, М. Г. Хубларяна [10, 11, 46, 49, 111].

Однако необходимо отметить, что в настоящее время недостатком является недостаточная проработка вопросов разработки и применения мелиорантов-структурообразователей из органических материалов и местного сырья.

4 Лесомелиоративные противоэрозионные мероприятия.

По мнению таких ученых как В. В. Лебедев, В. М. Ивонин, В. П. Доброхвалов, С. С. Соболев, В. Н. Агеев, В. Г. Харитонов и др., применение

таких мероприятий, как правильная организация территории и противоэрозионная агротехника, само по себе не может решить проблему борьбы с водной эрозией. Данные противоэрозионные мероприятия должны быть взаимосвязаны с комплексом агролесомелиоративных работ, а в особенности с созданием полезащитных лесных полос [1, 34, 42, 57, 103, 109].

Основными лесомелиоративными противоэрозионными мероприятиями являются: сплошные противоэрозионные лесопосадки на сильноэродированных крутосклонных и бросовых землях, водорегулирующие лесополосы в малолесных районах и водоохраные лесные насаждения вокруг водоемов и прудов.

Основном недостатком противоэрозионных лесомелиоративных мероприятий, несмотря на высокую эффективность применения, является длительный период их создания.

5 Противоэрозионные гидротехнические сооружения.

В трудах отечественных и зарубежных ученых отмечается, что эксплуатационные и агротехнические мероприятия могут быть недостаточно эффективны при борьбе с эрозионными процессами [17, 42, 44, 74, 78, 90, 94, 104, 122, 123, 128, 129 и др.]. В данном случае необходимо применение комплекса противоэрозионных гидротехнических сооружений.

Противоэрозионные гидротехнические сооружения предназначены в том случае, когда водная эрозия угрожает мелиоративным системам, гидротехническим сооружениям, а также населенным пунктам и дорогам различного назначения [104]. Так с помощью противоэрозионных гидротехнических сооружений проводится задержание, безопасный сброс и отвод той части осадков, которую не получается задержать агротехническими и лесомелиоративными приемами на сельскохозяйственных полях, примыкающих к оврагам.

Так, по мнению Ю. В. Бондаренко, Ю. П. Полякова и Н. К. Отверченко, противоэрозионные гидротехнические сооружения значительно предотвращают оврагообразование, сток ливневых и талых вод, смыв почвы при водной эрозии, а также вынос биогенных веществ [16, 75, 93].

Противоэрозионные гидротехнические сооружения можно подразделить на

следующие группы: осуществляющие безопасный сброс в овраги; задерживающие сток на приовражной полосе; укрепляющие откосы и дно оврага от размыва и разрушения.

В случае осуществления сброса воды в овраги на дне рекомендуется осуществлять устройство системы поперечных стенок, разбивающих продольный профиль дна оврага на террасы [104].

Основной недостаток применения противоэрозионных гидротехнических сооружений заключается в высокой стоимости их строительства и необходимости проведения регулярной их эксплуатации.

1.4 Выводы по главе

1 Проведенный анализ о состоянии сельскохозяйственных земель в Российской Федерации и, в частности в Ростовской области, говорит о том, что, несмотря на проведение противоэрозионных мероприятий на сельскохозяйственных землях, почворазрушающие процессы продолжают прогрессировать и расширяться. В свою очередь, предотвращение эрозионных процессов и смыва почв поверхностным стоком, в частности при орошении дождеванием, может быть достигнуто разработкой и внедрением новых научно-обоснованных противоэрозионных способов борьбы с ней.

2 Основными факторами, влияющими на формирование поверхностного стока при орошении дождеванием сельскохозяйственных земель, являются интенсивность искусственного дождя, уклон орошаемого массива и водопроницаемость почвы.

3 Проведенный анализ способов борьбы с ирригационной эрозией показал, что наибольшую почвозащитную эффективность (до 40-50 %) обеспечивает применение агротехнических мероприятий.

4 Снижения негативного влияния ирригационной эрозии можно достичь

применением мелиорантов-структурообразователей, которые не только повышают устойчивость почвы к эрозионным процессам и обеспечивают восстановление и повышение плодородия почв, но и за счет изменения водного и теплового режимов в обработанных мелиорантами-структурообразователями почвах вызывают активное развитие растений и, как следствие, повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

1.5 Цель и задачи исследований

Цель исследования – повышение противозерозионной устойчивости южных черноземов на орошаемых землях за счет применения нового мелиоранта-структурообразователя.

Задачи исследования:

1. Провести анализ и выявить факторы, влияющие на развитие ирригационной эрозии при орошении дождеванием черноземов;
2. Построить экспериментально-статистические модели рецептурно-технологических решений состава нового мелиоранта-структурообразователя;
3. Определить влияние применения мелиоранта-структурообразователя на показатели структурного состояния почвы;
4. Провести оценку воздействия орошения дождеванием на коэффициент стока в зависимости от интенсивности искусственного дождя, уклона и водопроницаемости почвы при применении мелиоранта-структурообразователя;
5. Смоделировать процес влияния, мелиоранта-структурообразователя на массу твердого стока в зависимости от поливной нормы и величины поверхностного стока;
6. Провести оценку эколого-экономической эффективности применения мелиоранта-структурообразователя.

2 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика района исследований

Исследуемый орошаемый участок расположен в центральной части Ростовской области на территории ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Бессергеновского сельского поселения Октябрьского района (рисунок 2.1).

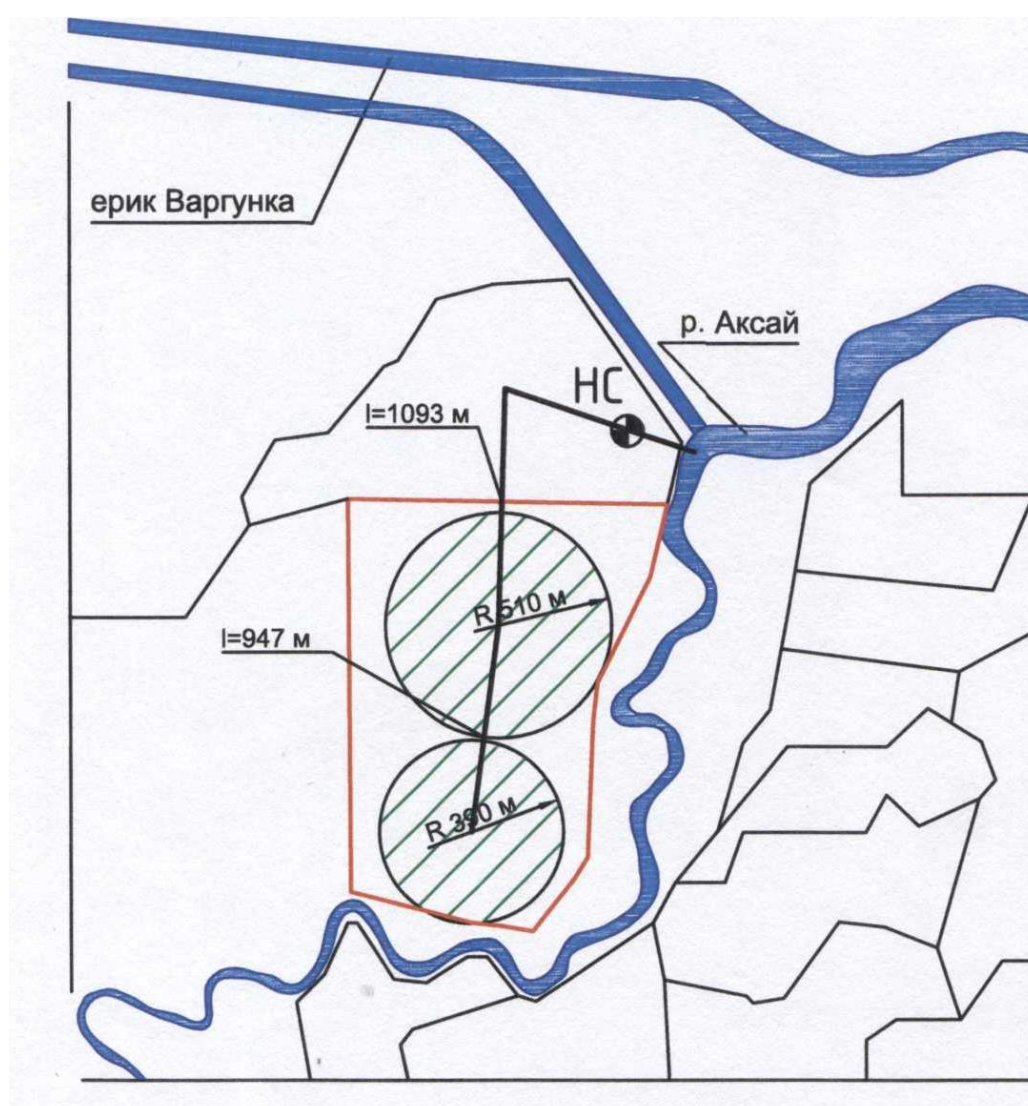


Рисунок 2.1 – Схема орошаемого участка ООО «Агропредприятие «Бессергеновское»

В геоморфологическом отношении исследуемый орошаемый участок рас-

положен в пределах правобережной пойменной террасы р. Аксай.

Территория орошаемого участка расположена в пределах Северо-Приазовской денудационно-аккумулятивной наклонной равнины. Ее поверхность характеризуется волнистым рельефом, образовавшимся в результате денудации наиболее возвышенных участков и накопления делювия в речных долинах.

Средняя температура наружного воздуха в наиболее холодный месяц года (января) – минус 5,7 °С, в наиболее жаркий месяц года (август) – плюс 23,0 °С. Среднегодовая температура воздуха – плюс 8,9 °С (по метеостанции Ростов-на-Дону). Абсолютные максимум и минимум температуры воздуха составляют соответственно плюс 40 °С и минус 40 °С. Расчетная среднемесячная температура самого холодного месяца в году – минус 9,4 °С, расчетная среднемесячная температура самого теплого месяца в году – плюс 22,2 °С. Расчетная средняя максимальная температура июля – плюс 29,5 °С.

Среди направлений ветра преобладают ветры восточных направлений. Годовой режим скорости ветра отличается относительной устойчивостью. Однако фиксируется 45 дней с сильным ветром (более 15 м/с). Самыми ветренными месяцами являются апрель, июнь и декабрь (по 9 дней). Среднегодовая скорость ветра – 5 м/с.

Почвенный покров однороден и представлен южными черноземами различного гранулометрического состава. Верхние 80 см слои представлены глинами. В северо-западной части – глины тяжелые, на остальной части – глины легкие и средние. Глубже 80 см лугово-черноземные почвы имеют в северной части легкоглинистый и среднесуглинистый состав, на остальном участке располагаются средне- и тяжелоглинистые разновидности этих почв. На севере в юго-западной части имеются значительные понижения, что сказывается на уровне залегания грунтовых вод. В этих местах особенно в весенний период они располагаются на глубине 2,2-2,5 м, то есть соответствуют критическому уровню для зоны.

По морфологическому строению почвенный покров однороден и представлен южными черноземами среднемошными по мощности гумусового слоя и слабогумусированными по содержанию общего гумуса. Слой 0-40 см южных черно-

земов не засолен, не осолонцован и не подвержен процессам ощелачивания.

Слабое засоление в виде скопления гипса обнаруживается с глубины 60 и 80 см. Общее содержание солей достигает в некоторых случаях 1 %. Это объясняется поднятием уровня грунтовых вод до этих слоев в весенний и вегетационный периоды. Опасности вторичного засоления нет, а возможность развития солонцеватости в поверхностных горизонтах – есть.

Около 33 % проб почвы участка в слое 0-30 см имеют очень низкое содержание азота нитратного, 11 % – низкое, 30 % проб почвы имеют содержание NO_3 ближе к среднему. Остальная площадь поля имеет повышенную и очень высокую обеспеченность азотом нитратным.

Обеспеченность азотом средняя (по усредненным данным). Требуется внесение азотных удобрений в количестве, необходимом для получения планируемой урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур.

Обеспеченность подвижным фосфором по полю относится к средней. Требуется внесение фосфорных удобрений в количестве, необходимом для получения планируемого урожая сельскохозяйственной культуры.

Обеспеченность обменным калием в слое 0-30 см в среднем по полю соответствует высокой обеспеченности, поэтому внесение калия зависит от планируемой для возделывания сельскохозяйственной культуры и ее потребности в данном элементе (производится расчет доз минеральных удобрений).

Исследуемые поля характеризуются низким содержанием гумуса, в связи с чем почвы имеют среднее содержание нитратного азота и очень низкое гидролизуемого азота в среднем по полю. Согласно градации по степени гумусированности почвы исследуемого участка содержат «меньше минимального содержания» гумуса. Требуется проведение мероприятий по повышению содержания гумуса в почве.

2.2 Программа исследований

Для разработки эффективных мероприятий по защите орошаемых земель от деградации, в частности ирригационной эрозии, в настоящей работе составлена программа, которая предусматривает следующие исследования:

- совершенствование противозерозионных приемов по борьбе с ирригационной эрозией на орошаемых землях за счет разработки нового состава мелиоранта-структурообразователя:

а) теоретическое обоснование необходимости разработки и применение состава мелиоранта-структурообразователя;

б) разработка нового состава мелиоранта-структурообразователя;

в) подбор оптимального варианта состава мелиоранта-структурообразователя;

г) подбор оптимального фракционного состава компонентов мелиоранта-структурообразователя;

д) проведение исследований по определению нормы внесения мелиоранта-структурообразователя;

е) проведение исследований по определению эффективности внесения мелиоранта-структурообразователя в почву;

- проведение оценки степени воздействия орошения дождеванием на качественные характеристики почв при применении мелиоранта-структурообразователя на основе полевых и лабораторных исследований:

а) проведение исследований по влиянию мелиоранта-структурообразователя на коэффициент стока от интенсивности искусственного дождя, уклона и водопроницаемости почвы;

б) проведение исследований по влиянию применения мелиоранта-структурообразователя на составляющие поверхностного стока (общий, жидкий, твердый) и смыв почвы при орошении дождеванием;

в) проведение исследований по влиянию поливной нормы на сток с оро-

шаемого поля при применении мелиоранта-структурообразователя;

- проведение ресурсно-экологической и экономической оценки применения разработанного состава мелиоранта-структурообразователя.

Обобщенная блок-схема проведения лабораторно-полевых исследований представлена на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Блок-схема проведения исследований

2.3 Методика экспериментальных исследований

При исследовании воздействия интенсивности дождя на поверхностный сток с почвы применялся метод искусственного дождевания.

Для имитации процесса орошения дождеванием от задаваемой интенсивности дождя использовались дождевальные установки, разработанные в ФГБНУ «РосНИИПМ» (рисунок 2.3), являющиеся аналогом дождевальных установок конструкции Одесского гидрометеорологического института (ОГМИ).



Рисунок 2.3 – Установка типа ПДУ конструкции ФГБНУ «РосНИИПМ»

Измерение характеристик искусственного дождя проводилось согласно положениям ГОСТ ISO 11545 [23]. Улавливание искусственных осадков, как при работе экспериментальной установки, так и при работе дождевальной машины

«Фрегат», проводилось с помощью дождемерных бачков, разработанных в РосНИИПМ, со следующими характеристиками: высота – 190 мм, диаметр – 50,4 мм, приемная площадь – 20 см² (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Дождемерный бачок

Данная конструкция дождемерных бачков позволяет обеспечить вертикальное положение при установке на любых уклонах орошаемого поля за счет удлинителя с вращающимся относительно своей оси кольцом. Величина приемной площади бачка, равная целому значению (20 см²), обеспечивает точность при обработке полученных результатов опыта.

Для изучения влияния интенсивности искусственного дождя на поверхностный сток и вынос питательных веществ, определяемый путем отбора проб воды на мутность, использовались стоковые площадки размером 1×1 м, сконструированные в ФГБНУ «РосНИИПМ» (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Калиброванная стоковая площадка

Наблюдения при проведении опытов за температурой, влажностью воздуха и скоростью ветра проводились на высоте 2 м от поверхности почвы. Приборы учета вышеприведенных метеопараметров располагались на расстоянии 5 м – от дождевальной установки и 10-15 м – от дождевальной машины с наветренной стороны с целью снижения влияния на них микроклимата.

Определение водопроницаемости почвы проводилось методом рам (метод малых заливных площадей) с площадью учетной рамы – 25×25 см и внешней – 50×50 см. Подача воды в раму для поддержания определенного уровня осуществлялась вручную. Расход воды регистрировался по мерной линейке, установленной на раме. Измерение температуры воды проводилось термометром. Определение водопроницаемости проводилось в трехкратной повторности, в течении 5 часов. Скорость водопроницаемости почвы для различных промежутков времени, определялась по формуле [108]:

$$V_t = \frac{Q \cdot 10}{S \cdot t}, \quad (2.1)$$

где V_t – водопроницаемость при данной температуре, мм/час;

Q – количество просочившейся воды, см³;

10 – пересчет см³ в мм водного столба;

S – площадь квадрата, см²;

t – время, час.

Далее полученную скорость водопроницаемости почвы при данной температуре приводим к 10 °С с помощью поправочного коэффициента Хазена. С учетом поправки на температурный коэффициент водопроницаемость рассчитываем по формуле [108]:

$$V_{10} = \frac{V_t}{0,7 + (0,03 \cdot t)}, \quad (2.2)$$

где V_{10} – скорость водопроницаемости, приведенная к температуре 10 °С;

t – температура использованной воды, °С.

Величину составляющих поверхностного стока определяем по методике Ю. П. Полякова [92]. Так, величину твердого стока находим по формуле:

$$G = W \cdot A, \quad (2.3)$$

где G – вес твердых частиц почвы, вынесенных жидким стоком, т/га;

W – объем жидкого стока, м³/га;

A – коэффициент, учитывающий наличие твердых частиц в жидком стоке.

Величину жидкого стока определяем по формуле:

$$W = S \cdot t \cdot (I - V_e), \quad (2.4)$$

где S – площадь дождевания, га;

t – время дождевания, мин;

I – интенсивность дождя, мм/мин;

V_e – скорость впитывания, мм/мин.

Смыв почвы за поливной сезон (P_c) определялся согласно «Методическим

указаниям...» [63, 86] по зависимости:

$$P_c = \sum P_s, \quad (2.5)$$

где P_s – суточный смыв в кг, определяется по зависимости:

$$P_s = 10^{-3} \left(\frac{P_{s0} + P_{s1}}{2} \Delta T_1 + \frac{P_{s1} + P_{s2}}{2} \Delta T_2 + \dots + \frac{P_{s_{n-1}} + P_{s_n}}{2} \Delta T_n \right) + G, \quad (2.6)$$

где $P_{s0} + P_{s1}$ – расходы взвешенных наносов г/с в 0 и 24 ч данных суток;

$P_{s1} + P_{s2}$ – промежуточные значения расходов взвешенных наносов г/с, вычисляемые для всех сроков измерения мутности;

G – вес наносов, за сутки, в килограммах;

$\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_n$ – интервалы времени в секундах.

Отбор проб и подготовку почвы к анализу проводили согласно ГОСТ 17.4.4.02-84. Гранулометрический и микроагрегатный анализы почвы проводились по методу Н. А. Качинского, агрегатный анализ почвы – по методу Н. И. Саввинова.

При анализе и обработке полученных результатов проведенных лабораторно-полевых исследований использовались методы математической статистики, теории планирования эксперимента, а также стандартные математические программы Statistica, MathCAD и Excel. Доверительный интервал при обработке результатов исследований принимался в пределах 5 % значимости.

Значение выборочной совокупности полученных данных определялось по зависимости:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^z x_i n_i}{n_x}. \quad (2.7)$$

Определение среднеквадратического отклонения проводилось по зависимости:

$$v_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^z (x_i n_i - n_i \bar{x})^2}{n_x - 1}}, \quad (2.8)$$

где $\sum_{i=1}^z (x_i n_i - n_i \bar{x})^2$ – сумма квадратов отклонений отдельных значений выборки от среднего арифметического.

Коэффициент вариации определяется по зависимости:

$$\bar{m} = \frac{v_x}{\sqrt{n}}, \quad \bar{m} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}. \quad (2.9)$$

Определение показателя точности проводилось по зависимости:

$$\bar{P}_x = \pm \frac{\bar{m}}{\bar{x}} 100\%. \quad (2.10)$$

3 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НОВОГО МЕЛИОРАНТА- СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЯ

3.1 Теоретическое обоснование применения мелиоранта-структурообразователя

Так, рассматривая развитие противоэрозионных приемов, можно отметить, что к семидесятым годам прошлого столетия был накоплен большой опыт по применению отдельных приемов и мероприятий по борьбе с ирригационной эрозией, однако целостная картина системы противоэрозионных приемов четко не была обозначена. Более всего продвинулись в данном направлении агролесомелиораторы, которые доказали высокую эффективность применения сочетания прибалочных и стокорегулирующих лесных полос в совокупности с гидротехническими сооружениями, например, такими как: валы, каналы, запруды и др. Необходимо отметить, что данные мероприятия в основном были нацелены на борьбу с дождевым и талым стоком [91].

При проектировании сельскохозяйственных полей практически не учитывался рельеф местности [87]. В рамках землеустройства осложнялось внедрение способов и приемов, обеспечивающих накопление влаги в почве и задержание стока. Кулисы, лесные полосы, а также отдельные агротехнические приемы (обвалование, бороздование и др.) не вписывались в имеющийся рельеф местности, что, в свою очередь, снижало их коэффициент полезного действия и приводило к неоправданным затратам.

Уже к началу восьмидесятых годов Алтайским НИИ земледелия и селекции сельскохозяйственных культур было разработано новое направление – «контурно-мелиоративное земледелие». Однако данная система земледелия плохо увязывается с технологическими и техническими характеристиками используемых дождевальными машинами и существующих оросительных систем. Данный подход в большей сте-

пени применим для орошения участков небольших фермерских хозяйств, которые имеют в наличии мобильную или полустационарную оросительную систему [45, 92, 101, 111].

На данный момент времени, как в нашей стране, так и за рубежом, ведутся научные исследования по разработке и внедрению систем точного земледелия [106]. Данная система способна не только выполнять определенные мелиоративные мероприятия, но получать оперативную информацию о состоянии дел. В процессе применения данной системы, к примеру, может быть разработана карта продуктивности сельскохозяйственного массива с привязкой количества урожая к конкретному месту его получения. Это, в свою очередь, всецело отвечает принципам дифференцированного подхода при обосновании способов и приемов борьбы с процессами ирригационной эрозии при орошении дождеванием.

При рассмотрении противоэрозионных приемов необходимо учитывать отличительные особенности поверхностного стока при орошении дождеванием и поверхностном поливах (перенос почвенных частиц; образование ручейковой эрозии и др.). Нами были изучены и рассмотрены мероприятия, повышающие сопротивляемость почвогрунтов смыву ирригационным стоком, которые, в свою очередь, отвечают требованиям системы точного земледелия, а также рекомендуются к применению в Ростовской области, например, такие как устройство борозд-щелей, создание микроборозд, оструктуривание верхнего слоя почвы.

Назначением первых двух мероприятий является перехват ирригационного стока, образующегося на поверхности почвы вследствие меньшей скорости впитывания почвой оросительной воды, в сравнении со скоростью подачи дождевальной машиной. Необходимо отметить, что выполнение данных видов работ требует наличия специализированной техники (СЗС-2,1, ППБ-0,6 и др.), что в свою очередь является одним из сдерживающих факторов их применения, вследствие ее отсутствия у сельхозпроизводителя и невозможности ее покупки из-за отсутствия средств.

Еще одним недостатком является достаточно быстрое заиливание твердой составляющей ирригационного стока, так как, данные мероприятия не предотвращают разрушение почвы вследствие воздействия ударной силы капель дождя. Данное явление, как правило, происходит уже после двух-трех поливов орошаемого поля, что приводит к дополнительным затратам как материальных, так и технических ресурсов в течение оросительного сезона.

Для предотвращения процессов заиливания почвы и последующего образования ирригационного стока требуются мероприятия, способствующие созданию прочной комковатой структуры пахотного слоя. Полезными будут все мероприятия, направленные на сохранение имеющейся структуры и ее улучшение. Появление в почвенных горизонтах воды в количестве, превышающем их водоудерживающую способность, сопровождается образованием свободной гравитационной воды, которая передвигается под влиянием силы тяжести в нисходящем или боковом направлении. При интенсивном притоке свободной воды на поверхность почвы наблюдаются два явления: впитывание влаги и поверхностный сток воды. Поверхностный сток выражен тем сильнее, чем меньше водопроницаемость почв. В основном водопроницаемость зависит от оструктуренности, плотности и влажности верхнего горизонта почвы, а так же водопроницаемость теснейшим образом связана с механическим составом, который определяет размер почвенных пор, что в свою очередь влияет на скорость просачивания воды через почву.

Структурная почва характеризуется высокими показателями общей и некапиллярной порозности, влагоемкости и водопроницаемости. Глубоко проникая вглубь почвы по крупным порам, вода рассасывается по капиллярам комков и зерен. Поверхностный сток на таких почвах, как правило, мал или отсутствует, а вследствие этого на них не развиваются эрозионные процессы.

В почвах механические элементы находятся в раздельно-частичном состоянии или соединяются под действием разнообразных сил в комки разной формы и размера, которые называют почвенными агрегатами, наиболее ценными почвенными агрегатами являются агрегаты, способные противостоять разрушающему действию воды, то есть не расплывающиеся в воде в бесформенную массу.

Так, в случае если величина допустимой нормы полива оказывается значительно меньше поливной нормы для соответствующей сельскохозяйственной культуры и почвенно-климатических условий, необходимо наметить мероприятия, направленные на повышение допустимых норм полива. Эти мероприятия могут быть направлены на увеличение емкости пахотного слоя в корнеобитаемой толще почвы, либо на повышение поверхностной емкости поля. Емкость пахотного слоя на орошаемых землях повышается в результате улучшения водопрочности структуры, снижения плотности и увеличения мощности пахотного слоя.

Так, количественно эффективность применения мелиоранта-структурообразователя, можно оценить, используя следующую зависимость:

$$m_{дон} = E - W_г + h_г, \quad (3.1)$$

где $m_{дон}$ – допустимая норма полива при силе удара капель искусственного дождя, близкой к нулю, мм;

E – емкость пахотного слоя почвы, мм;

$W_г$ – запас воды в пахотном слое перед поливом, мм;

$h_г$ – слой воды, впитавшийся в нижележащие слои за время до образования стока, мм.

Согласно экспериментальным данным, емкость пахотного слоя будет:

$$E = \frac{1,7h_n \cdot (\gamma - w_{nc}) \cdot d_{га}^{0,37}}{(\gamma - 1)}, \quad (3.2)$$

где h_n – глубина пахотного слоя почвы, см;

γ – удельная масса твердой фазы почвы, г/см³;

w_{nc} – объемная масса пахотного слоя почвы, г/см³;

$d_{га}$ – средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов почвы, мм.

Из формулы (3.2) следует, что эффективность применения мелиоранта-структурообразователя, направленного на изменение водопрочности структуры и плотности, определяется соотношением:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{h_{n1} \cdot (\gamma - w_{nc1}) \cdot d_{\text{га1}}^{0,37}}{h_{n2} \cdot (\gamma - w_{nc2}) \cdot d_{\text{га2}}^{0,37}}, \quad (3.3)$$

где E_1, E_2 – емкость пахотного слоя до и после внесения в почву мелиоранта-структурообразователя.

Второе слагаемое из зависимости (3.1) – $W_{\text{г}}$ зависит от влажности и мощности пахотного слоя. Значение данного слагаемого, зависящего от интенсивности инфильтрации воды в подпахотном слое почвы, изменяется при применении мелиоранта-структурообразователя.

Снижение плотности почвы приводит к повышению установившейся интенсивности инфильтрации. Изменение данного параметра оценивается по зависимости Зубрицкого П. П.:

$$\frac{K_{u1}}{K_{u2}} = e^{-8,6 \cdot \left(\frac{w_{nc1} - 1}{w_{nc2}} \right)}, \quad (3.4)$$

где K_{u1}, K_{u2} – соответственно, установившаяся скорость фильтрации при объемной массе почвы до и после внесения мелиоранта-структурообразователя w_{nc1}, w_{nc2} .

Величину допустимой интенсивности искусственного дождя можно приближенно определить по зависимости:

$$\rho_{\text{дон}} = 0,41 \cdot d_{\text{га}}^{cp} \left(\frac{\gamma - W}{\gamma} \right)^{2,46} \cdot \left(\frac{1 - N_{\Phi\Gamma}}{N_{\Phi\Gamma}} \right)^{2,46}, \quad (3.5)$$

где $\rho_{\text{дон}}$ – допустимая интенсивность искусственного дождя, мм/мин;

$d_{\text{га}}^{cp}$ – средняя величина водопрочных агрегатов для заданного диапазона силы удара капель дождя, мм;

γ, W – удельная и объемная масса наиболее плотного слоя в корнеобитаемой толще почвы, г/см³;

$N_{\phi r}$ – содержание физической глины (частиц менее 0,01 мм диаметре) в почве, в долях единиц.

Средняя величина диаметра водопрочных агрегатов ($d_{\phi a}^{cp}$) в диапазоне силы удара капель дождя от 0 до $F=0,033 \rho_{\phi} \sigma_{\kappa}^2 / d_{\kappa}$ равна:

$$d_{\phi a}^{cp} = d_{\phi ay} + \frac{d_{\phi a} - d_{\phi ay}}{KFt} [1 - \exp(-KFt)], \quad (3.6)$$

где $d_{\phi a}, d_{\phi ay}$ – соответственно средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов предварительно капиллярно увлажненной почвы и в момент стабилизации разрушения структуры, мм;

F – сила удара капель дождя, кг/м²с;

ρ_{ϕ} – интенсивность искусственного дождя, мм/мин;

σ_{κ}^2 – скорость падения капель;

d_{κ} – средний диаметр дождевых капель;

t – длительность интенсивного разрушения агрегатов, $t = 30$ мин;

K – коэффициент, учитывающий степень исходного увлажнения почвы. Тогда связь описывается уравнением:

$$d_{\phi ay} = 0,28 \sqrt{d_{\phi a}^{uc}} \exp(0,26 d_{\phi a}^{uc}) \quad (3.7)$$

где $d_{\phi a}^{uc}$ – средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов почвы в исходном (до полива) состоянии.

Повышение допустимой интенсивности искусственного дождя за счет уменьшения плотности почвы оценивается, согласно формуле (3.5), соотношением:

$$\frac{\rho_{\phi \text{ доп} D_2}}{\rho_{\phi \text{ доп} D_1}} = \left(\frac{\gamma - W_{nc_2}}{\gamma - W_{nc_1}} \right)^{2,46}, \quad (3.8)$$

где $\rho_{\phi \text{ доп} D_1}, \rho_{\phi \text{ доп} D_2}$ – соответственно, допустимая интенсивность искусственного

дождя при объемной массе наиболее плотного слоя почвы до и после внесения мелиоранта-структурообразователя W_{nc_1} и W_{nc_2} ;

γ – удельная масса твердой фазы почвы.

Тогда эффективность мероприятий, направленных на повышение емкости пахотного слоя и инфильтрации почвы, можно оценить по соотношению:

$$\frac{m_{\partial_2}}{m_{\partial_1}} = \frac{Z_2 \cdot \left(1 + \rho_{\partial on D_1} - 0,32K_{y_1}^{0,74}\right) \cdot \left(\rho_{\partial on} - \rho_{\partial on D_1}\right)}{Z_1 \cdot \left(1 + \rho_{\partial on D_2} - 0,32K_{y_2}^{0,74}\right) \cdot \left(\rho_{\partial on} - \rho_{\partial on D_2}\right)}, \quad (3.9)$$

где m_{∂_1} , m_{∂_2} – соответственно допустимая норма полива при установившейся интенсивности инфильтрации K_{y_1} и K_{y_2} ;

$\rho_{\partial on D_1}$, $\rho_{\partial on D_2}$ – допустимая интенсивность искусственного дождя для почвы при $d_{\partial a}^{cp} = d_{\partial a}$ до и после внесения мелиоранта-структурообразователя;

Z_1, Z_2 – глубина пахотного слоя до и после внесения мелиоранта-структурообразователя.

Мероприятия, направленные на снижение энергии дождевых капель и их механического воздействия на почву, относятся также к мерам повышения допустимых норм полива. Положительное действие внесения мелиоранта-структурообразователя обусловлено повышением допустимой интенсивности искусственного дождя за счет сохранения водопрочной структуры почвы.

Тогда степень изменения этой характеристики в данном случае определяется следующим соотношением:

$$\frac{\rho_{\partial on D_2}}{\rho_{\partial on D_1}} = \frac{\bar{d}_{\partial a D_2}}{\bar{d}_{\partial a D_1}}, \quad (3.10)$$

где $\bar{d}_{\partial a D_1}$, $\bar{d}_{\partial a D_2}$ – допустимая интенсивность искусственного дождя до и внесения мелиоранта-структурообразователя. Величина их определяется по зависимости (3.5);

$\bar{d}_{ваД_1}, \bar{d}_{ваД_2}$ – средний размер водопрочных агрегатов до и после внесения мелиоранта-структурообразователя. Значения их устанавливаются по формулам (3.6).

Тогда повышение допустимой нормы полива в результате применения мелиоранта-структурообразователя может быть определено по соотношению:

$$\frac{m_{d_2}}{m_{d_1}} = \frac{(\rho_{дон_1} - \rho_{донД_1}) \cdot \rho_{дон_2^{F_1}}}{(\rho_{дон_2} - \rho_{донД_2}) \cdot \rho_{дон_2^{F_2}}}, \quad (3.11)$$

где m_{d_1}, m_{d_2} – соответственно допустимая норма при энергетических характеристиках дождя $\rho_{дон_1}, F_1$, и $\rho_{дон_2}, F_2$.

Таким образом, одним из эффективных противоэрозионных мероприятий по борьбе с ирригационной эрозией является искусственное оструктурирование почв. Решение задачи по борьбе с ирригационной эрозией на орошаемых дождеванием массивах при помощи мелиорантов-структурообразователей, а в частности, композиции из структурообразующих материалов, является весьма перспективным. Данный подход к повышению сопротивляемости почв ирригационной эрозии отвечает всем требованиям контурно-ландшафтной системы земледелия.

Применение мелиорантов-структурообразователей благоприятно влияет на структуру почвы и образование рыхлой комковатой структуры, формирующаяся при механической обработке в результате почва сохраняет рыхлость в течение длительного времени. Крупные комья и глыбы, образующие при вспашке, легко распадаются на более мелкие отдельные или поддаются крошению без особого механического усилия.

Образование комковатой структуры сопровождается благоприятным распределением ее пор, что имеет особо важное значение для водного и воздушного режимов в почвах со средним и тяжелым механическим составом.

В районах, подверженных эрозии, стабилизация структуры почвы повышает инфильтрацию воды и тем самым, ограничивая поверхностный сток и вынос поч-

вы, который в зависимости от почвенно-климатических условий уменьшается в значительной степени.

Создание составов мелиорантов-структурообразователей, способствующих повышению сопротивляемости почвогрунтов орошаемого массива смыву, было выявлено, что данными исследованиями занимаются следующие научные учреждения: ФГБОУ ВО СГАУ, ФГБОУ ВО ВГАУ, ГНУ ВНИИГиМ, ФГБНУ «РосНИИПМ», ФГБОУ ВО ДГАУ (НИМИ им. А. К. Кортюнова) и др.

Оптимальное решение по противоэрозионному закреплению почвы на орошаемом массиве может быть принято на основе четкого видения механизма разрушения почвогрунтов и исходя из задачи повышения сопротивляемости их смыву.

На основании результатов исследований различных ученых по применению наиболее распространенных мелиорантов-структурообразователей, проведена оценка их по степени влияния на растения и почву (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Характеристики мелиорантов-структурообразователей

№	Наименование мелиоранта-структурообразователя	Стоимость, руб./т, (в ценах 2014 г.)	Влияние	
			на растения	на почву
1	Сойлак, Япония	41400	высокое	высокое
2	GAFS-17, Великобритания	25700	среднее	низкое
3	ФЛОТ АЛ, Италия	24200	низкое	низкое
4	CRD-186, CRD-189, США	23900	среднее	среднее
5	ГПАА, Россия	5640	низкое	низкое
6	ГИПАН, Россия	4850	высокое	высокое
7	ГУМОФОС, Россия	4460	высокое	среднее
8	ПЗ-63, Россия	3840	высокое	низкое
9	Бентонит, Россия	2880	высокое	не определен
10	ВУ-ОК, Россия	1120	среднее	среднее
11	Глауконит, Россия	1100	высокое	не определен
12	ВУ-ПВ, Россия	490	низкое	среднее

Проанализировав приведенные характеристики в таблице 3.1, отметим, что большая часть мелиорантов-структурообразователей как импортного, так и отечественного производства обладает средними и низкими показателями по воздей-

ствию на почву. В свою очередь, исключением являются такие мелиоранты-структурообразователи, как Сойлак и ГИПАН, однако они не характерны для Юга РФ и имеют высокую стоимость, что оказывается сдерживающим фактором при их применении.

Низкое воздействие на растения и почву, а также высокая стоимость мелиорантов-структурообразователей: CRD-186, CRD-189 и GAFS-17 не дает возможности рассматривать их с точки зрения перспективности. Следовательно, необходимо делать упор на использование местных дешевых природных ресурсов, характерных для Юга РФ.

На наш взгляд наиболее целесообразным и весьма перспективным в качестве составляющих мелиоранта-структурообразователя использовать бентонитовую глину, известняк-ракушечник, терриконовая порода, обладающих высоким воздействием на растения и низкой стоимостью. Необходимо отметить, что на территории Ростовской области запасы данного вещества имеются в достаточном количестве.

3.2 Практическое обоснование применения мелиоранта-структурообразователя

В лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ» нами были проведены исследования и разработан новый состав мелиоранта-структурообразователя (патент РФ № 2537178 [90] (приложение А).

В процессе подбора составляющих материалов мелиоранта-структурообразователя был произведен патентный поиск, полевые и лабораторные исследования.

Так известен способ защиты грунтов от эрозии (RU П. № 2267514 от 10.01.2006 г. [82]), заключающийся в предварительном внесении в почву смеси удобрений, семян многолетних трав, гуматов и порошка бентонитовой глины в качестве влагосорбента, с последующим нанесением на нее водного раствора

поливинилового спирта. Недостаток данного способа заключается в том, что передозировка поливинилового спирта образует водонепроницаемую пленку на почве, нарушающую водно-воздушный режим почвы и препятствует и как следствие, негативно сказывается на росте растений.

Необходимо отметить, способ получения композиции на основе полиакриламида (SU, а.с. № 192405 от 06.11.1967 г. [83]) для приготовления комплексного удобрения со свойствами структурообразователя почвы, включающий химическую обработку полиакриламидом. В свою очередь, одним из недостатков его является вымывание питательных элементов из почвы, в результате растворения в воде введенных в композицию солей. Другим недостатком является необходимость применения специального оборудования для приготовления композиции.

Нельзя обойти вниманием состав мелиоранта для восстановления плодородия пустынно-степных солонцовых почв (SU, а.с. № 1253983 от 30.08.1986 г. [81]), содержащий солому, золошлаковые отходы ГРЭС и вермикулит. Однако, золошлаковые отходы содержат большое количество тяжелых металлов, что оказывает негативное влияние на почву.

Наиболее близким решением к заявленному составу мелиоранта-структурообразователя является композиция, состоящая из влагосорбентов (RU П. № 2430952 от 10.10.2011 г. [79]): гидрогель – 1 %, глауконитовый песок – 27 %, сапрпель – 52 %, ракушечник – 20 %. Недостаток данной композиции – это гидрогель, который является дорогим компонентом, а добыча сапрпели требует наличия озер и большой влажности, что не характерно для засушливой и степной зон.

Сущность нашего изобретения заключается в разработке состава мелиоранта-структурообразователя для защиты сельскохозяйственных земель от водной эрозии, состоящего из 4 компонентов, способствующих улучшению структуры, водно-физических свойств и повышению плодородия почвы.

Положительный результат достигается тем, что в качестве структурообразующих материалов предлагается использовать: терриконовую породу, бентонитовую глину, керамзитовый отсев и известняк-ракушечник, что способствует, в

определенном соотношении, увеличению пористости и влагоемкости почвы.

Компоненты, используемые в мелиоранте-структурообразователе, были доставлены с предприятий Ростовской области: бентонитовая глина – Тарасовского месторождения; керамзитовый отсев закупался в компании ООО «Дон-Керамзит» г. Ростов-на-Дону; терриконовая порода доставлялась с территории г. Шахты; известняк-ракушечник – Мишкинского месторождения Аксайского района.

Композицию составляют: бентонитовая глина (фракции 0,315-10 мм), которая благодаря своим физическим свойствам обладает высокой связующей способностью, водопоглощаемостью, имеет широкое применение в сельском хозяйстве, для улучшения качества легких почв; керамзитовый отсев (фракции 0,315-1 мм), который получают путем обжига легкоплавкой глины, имеет пористую структуру, легко впитывает воду и отдает влагу, если в почве ощущается ее недостаток; терриконовая порода (фракции менее 1,0-2,0 мм) – благодаря его гранулометрическому составу улучшает структуру почвы: известняк-ракушечник (фракции 5-10 мм) – благодаря пористой и развитой капиллярной микроструктуре, содержит воздух, что способствует улучшению водно-физических свойств почвы.

Лабораторные анализы были проведены в аккредитованной эколого-аналитической лаборатории на базе ФГБНУ «РосНИИПМ» (приложение Б).

Исследования по содержанию подвижных форм тяжелых металлов выполнялись согласно «Методике ...» [64] в каждом из компонентов мелиоранта-структурообразователя. Анализ показал, что превышение предельно допустимой концентраций не обнаружено (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Содержание подвижных форм металлов в компонентах мелиоранта-структурообразователя

Компоненты мелиоранта-структурообразователя	Содержание тяжелых металлов, мг/кг в мелиоранте-структурообразователе				
	Cd	Zn	Ni	Co	Mn
Бентонитовая глина	0,04	44	27	5,20	288
Керамзитовый отсев	0,05	6,40	3,74	2,80	144
Терриконовая порода	0,20	0,02	4,10	2,00	400
Известняк-ракушечник	0,05	10,47	0,80	0,07	100,22

3.3 Подбор оптимального фракционного состава компонентов мелиоранта-структурообразователя

3.3.1 Подбор размера гранул бентонитовой глины

Подбор состава бентонитовой глины осуществляем методом математического планирования эксперимента с помощью симплекс-решетчатых планов Шеффе [129], позволяющим построить диаграмму «состав-свойство».

При использовании бентонитовой глины в качестве одного из компонентов мелиоранта-структурообразователя фракционный состав ее рассматривается как трехкомпонентная система, состоящая из трех фракций гранул: первая – с размером гранул от 0,315 до 1,5 мм; вторая – от 1,5 до 2,5 мм и третья – от 2,5 до 5 мм.

Таким образом, задача исследований сводится к установлению зависимости между входными параметрами – факторами (количество фракций гранул и их состав) и выходными параметрами – показателями качества функционирования системы (пропорции фракций гранул и их емкость поглощения), описываемой полиномом.

Рассматривая систему, являющуюся смесью трех фракций, имеем, что переменные (размеры гранул) такой системы являются пропорциями i -ых фракций смеси и удовлетворяют условию:

$$\sum_{1 \leq i \leq 3} x_i = 1, \quad x_i \geq 0, \quad (3.12)$$

где x_i – пропорция i -ой фракции смеси.

Геометрическое место точек, удовлетворяющее условию нормированности суммы переменных, представляется в данном случае в виде треугольника. Так имеем, что любой точке симплекса соответствует смесь определенного состава фракций гранул, а любой комбинации пропорций каждой из трех фракций гранул бентонитовой глины соответствует определенная точка симплекса.

Для изучения влияния неоднородности гранул бентонитовых глин на емкость поглощения были определены интервалы содержания фракций гранул бентонитовой глины в Тарасовском месторождении: пропорция первой фракции гранул (x_1) – 0,2-0,6; второй фракции гранул (x_2) – 0,3-0,7; третьей фракции гранул (x_3) – 0,1-0,5. Полученные результаты свидетельствуют о том, что условие (3.12) в рамках решаемой задачи не выполняется. В связи, с чем необходимо исследовать свойство от состава не во всей области изменения концентрации $0 \leq x_2 \leq 1$ компонентов, а в локальном участке диаграммы.

Чтобы иметь возможность в данном случае применять симплекс-решетчатые планы, необходимо провести перенормировку и принять пропорции в вершинах локального участка за самостоятельные псевдокомпоненты таким образом, чтобы для всей области локального симплекса выполнялось условие:

$$z_1^{(u)} + z_2^{(u)} + z_3^{(u)} = 1, \quad 0 \leq z_i \leq 1, \quad (i = 1, 2, 3), \quad (3.13)$$

где i – любая точка локального симплекса.

Так как в системе все переменные имеют нижние границы: $x_1 \geq 0,2$; $x_2 \geq 0,3$; $x_3 \geq 0,1$, то локальным симплексом является равносторонний треугольник со сторонами параллельными сторонам обычного концентрационного (симплексного) треугольника.

В случае соблюдения переменными z_1, z_2, z_3 условия (3.13), будем использовать симплекс-решетчатые планы, применяемые для оценки полного симплекса. Следует отметить, что осуществление экспериментов невозможно по построенным условным планам, отображенным в системе координат псевдокомпонентов. Так, для реализации каждого эксперимента зададимся условиями, отображенными координатами исходных компонентов – x .

Зависимость, преобразующая координатные системы (x_1, x_2, x_3) и (z_1, z_2, z_3) , отображается в виде матричного уравнения:

$$x = A \cdot z. \quad (3.14)$$

При условии соблюдения выше указанных ограничений переменных получим следующие соотношения:

$$z_1 = \frac{x_1 - 0,2}{1 - (0,2 + 0,3 + 0,1)}; z_2 = \frac{x_2 - 0,3}{1 - (0,2 + 0,3 + 0,1)}; z_3 = \frac{x_3 - 0,1}{1 - (0,2 + 0,3 + 0,1)}. \quad (3.15)$$

В результате выше приведенного получим матрицу планирования исследуемой симплексной подобласти, отражающую: с одной стороны – представление исходных точек компонентов в системе координат псевдокомпонентов, позволяющих определить по формулам симплекс-решетчатых планов коэффициенты полинома с переменными значениями – z_i взамен исходных значений – x_i ; с другой стороны – представление экспериментальных точек в координатах x_i позволяет комбинировать смеси с различными компонентами. Одна из особенностей данного метода планирования эксперимента это – композиционность, которая отражает применение принципа «максимальной простоты» [129].

Применив преобразующие соотношения (3.15), можно перейти к исследуемой системе в виде полиномиальной модели от полинома, представленного в псевдокомпонентах. Данная модель позволяет упростить выполнение практических расчетов.

На основании выше изложенного нами решалась задача исследования влияния емкости поглощения от гранулометрического состава бентонитовой глины. Емкость поглощения, принятая за отклик, определялась из условия обеспечения адсорбционной способности по результатам двух повторностей эксперимента в каждой точке симплекс-решетчатого плана.

Матрица планирования, где псевдокомпоненты – z_i представлены в долях от единицы, а также истинный фракционный состав компонентов x_i приведены в таблице 3.3. На основании данных таблицы 3.3 получена линейная модель, имеющая вид (рисунок 3.1):

$$y = \sum_{1 \leq i \leq 3} \beta_i \cdot z_i. \quad (3.16)$$

Таблица 3.3 – План и результаты эксперимента

№ опыта	Пропорции (концентрация)						Отклики y_i
	псевдокомпонентов			исходных компонентов			
	z_1	z_2	z_3	x_1	x_2	x_3	
1	1	0	0	0,60	0,30	0,10	y_1
2	0	1	0	0,20	0,70	0,10	y_1
3	0	0	1	0,20	0,30	0,50	y_1
4	0,5	0,5	0	0,40	0,50	0,10	y_{12}
5	0	0,5	0,5	0,20	0,50	0,30	y_{23}
6	0,5	0	0,5	0,40	0,30	0,30	y_{13}
7	0,333	0,333	0,333	0,34	0,43	0,23	y_{123}
8	0,167	0,666	0,167	0,15	0,25	0,60	y_8
9	0,666	0,167	0,167	0,40	0,45	0,15	y_9
10	0,167	0,167	0,666	0,25	0,45	0,30	y_{10}

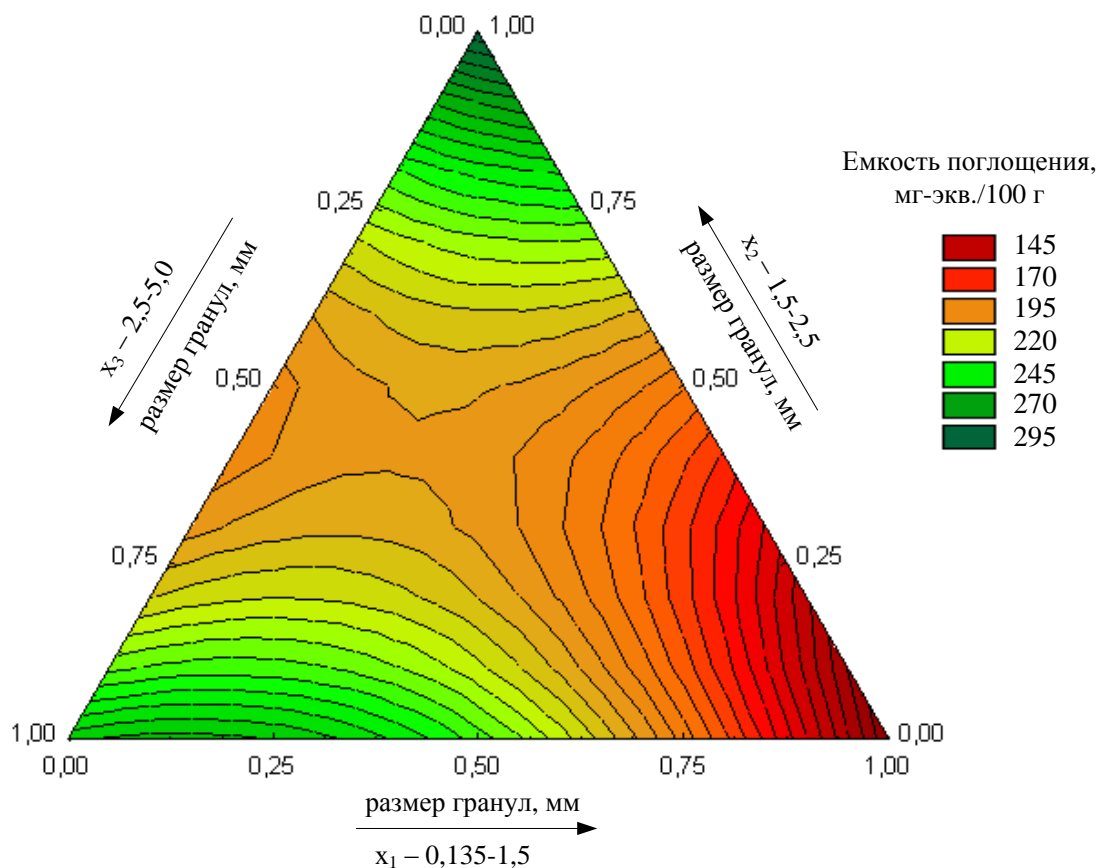


Рисунок 3.1 – Диаграмма зависимости емкости поглощения от размера гранул бентонитовой глины

В случае неадекватности модели по t -критерию ставятся дополнительно 3 опыта соответственно в точках № 4-6. Совокупность точек, полученных в экс-

периментах, соответствует симплекс-решетчатому плану, реализуемому в виде квадратичной модели:

$$y = \beta_1 z_1 + \beta_2 z_2 + \beta_3 z_3 + \beta_{12} z_1 z_2 + \beta_{13} z_1 z_3 + \beta_{23} z_2 z_3. \quad (3.17)$$

Расход бентонитовой глины при изготовлении композиции из структурообразующих материалов, определенные в соответствии с содержанием размеров гранул в исходных компонентах – x_i , приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты и условия эксперимента

№ опыта	Расход гранул бентонитовой глины, кг/га (составляет 30 % в составе композиции)			Емкость поглощения, мг-экв./100 г
	0,315-1,5 мм	1,5-2,5 мм	2,5-5 мм	
1	864	432	144	170
2	288	1008	144	270
3	288	432	720	280
4	576	720	144	262
5	288	720	432	267
6	576	432	432	248
7	480	620	340	145
8	216	360	864	179
9	576	648	216	194
10	360	648	432	271

В результате обработки экспериментальных данных получена линейная модель вида:

$$y = 170z_1 + 270z_2 + 280z_3. \quad (3.18)$$

В результате проверки по t -критерию данная модель является неадекватной. Следовательно, переходим к приближению более высоких степеней путем достройки симплексной решетки. Обработка результатов по шести экспериментальным точкам дала следующую квадратичную модель:

$$y = 170z_1 + 270z_2 + 280z_3 + 45z_1 z_2 - 12z_1 z_3 - 17z_2 z_3. \quad (3.19)$$

Для проверки на адекватность модели (3.8) были использованы экспериментальные результаты, не использованные при вычислении коэффициентов по точ-

кам № 7-10 (таблица 3.7). Так как наибольшую разность $|Y - Y_u|$, то есть расхождения между расчетными и опытными данными, имеем в точке № 7 согласно таблице 3.5, то на адекватность по t -критерию проверяем именно в ней. В результате проверки имеем – значение t -критерия равное 2,09 при числе степеней свободы в десяти точках плана и уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Таблица 3.5 – Вспомогательные данные для проверки адекватности модели

№ опытных точек	Значение отклика Y (по таблице 3.5)	Расчетный отклик Y_u	Разность $ Y - Y_u $
7	145	147,1	2,1
8	179	178,2	0,8
9	194	192,8	1,2
10	271	272,9	1,9

Так как выполняется условие $t_7 < t$, то есть значение t -критерия табличного более t -критерия расчетного, то модель (3.19) адекватно описывает полученные опытные данные.

Диаграмму зависимости емкости поглощения от размера гранул бентонитовой глины строим по результатам обработки представленных данных в программе STATISTICA.

Таким образом, нами получена зависимость емкости поглощения от размера гранул бентонитовой глины адекватная на 5 % уровня значимости:

$$E = 122,98x_1 + 389,28x_2 + 41,95x_3 - 366,50x_1x_2 + 647,54x_1x_3 + 172,63x_2x_3. \quad (3.20)$$

Анализируя модель (3.20) и построенную диаграмму (рисунок 3.1) можно сделать следующие выводы:

- в пределах области исследований, наименьшую емкость поглощения имеют гранулы – от 0,315 до 1,5 мм, наибольшую емкость поглощения – от 2,5 до 5,0 мм;
- наибольшее влияние на снижение емкости поглощения оказывает содержание гранул размером 0,315-1,5 мм;
- в исследуемой области изменения размера гранул за счет оптимизации со-

отношения между отдельными фракциями емкость поглощения может быть увеличена более чем на 20 %;

- с использованием полученной диаграммы нами выбран состав бентонитовых глин, включающий гранулы размером: 20 % – 0,315-1,5 мм; 30 % – 1,5-2,5 мм и 50 % – 2,5-5,0 мм.

3.3.2 Подбор размера гранул керамзитового отсева

Фракционный состав керамзитового отсева неоднороден по-своему составу. С помощью метода планирования (подробно изложен при подборе размера гранул бентонитовой глины) нами были проведены исследования по выявлению влияния процентного содержания гранул на емкость поглощения, которые показали, что наиболее эффективный диаметр гранул более 0,25 мм, и фракционный состав представляет собой трехкомпонентную систему, состоящую из трех фракций: первая (x_1) – с размером частиц от 0,315 до 0,5 мм; вторая (x_2) – от 0,5 до 0,8 мм и третья (x_3) – от 0,8 до 1 мм. Для оценки воздействия количественного содержания фракций на емкость поглощения проведен ряд опытов (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Результаты эксперимента

№ опыта	Расход гранул керамзитового отсева, кг/га (составляет 5 % в составе композиции)			Емкость поглощения, мг-экв./100 г
	0,315-0,5	0,5-0,8 мм	0,8-1 мм	
1	144	72	24	115
2	48	168	24	136
3	48	72	120	108
4	96	120	24	152
5	48	120	72	145
6	96	72	72	123
7	81,6	103,2	55,2	119
8	36	60	144	128
9	96	108	36	134
10	60	108	72	127

Обработка полученных данных при помощи специализированной программы STATISTICA позволила получить спектральную поверхность регрессии, поз-

воляющую определить зависимость емкости поглощения от размера гранул керамзитового отсева (рисунок 3.2).

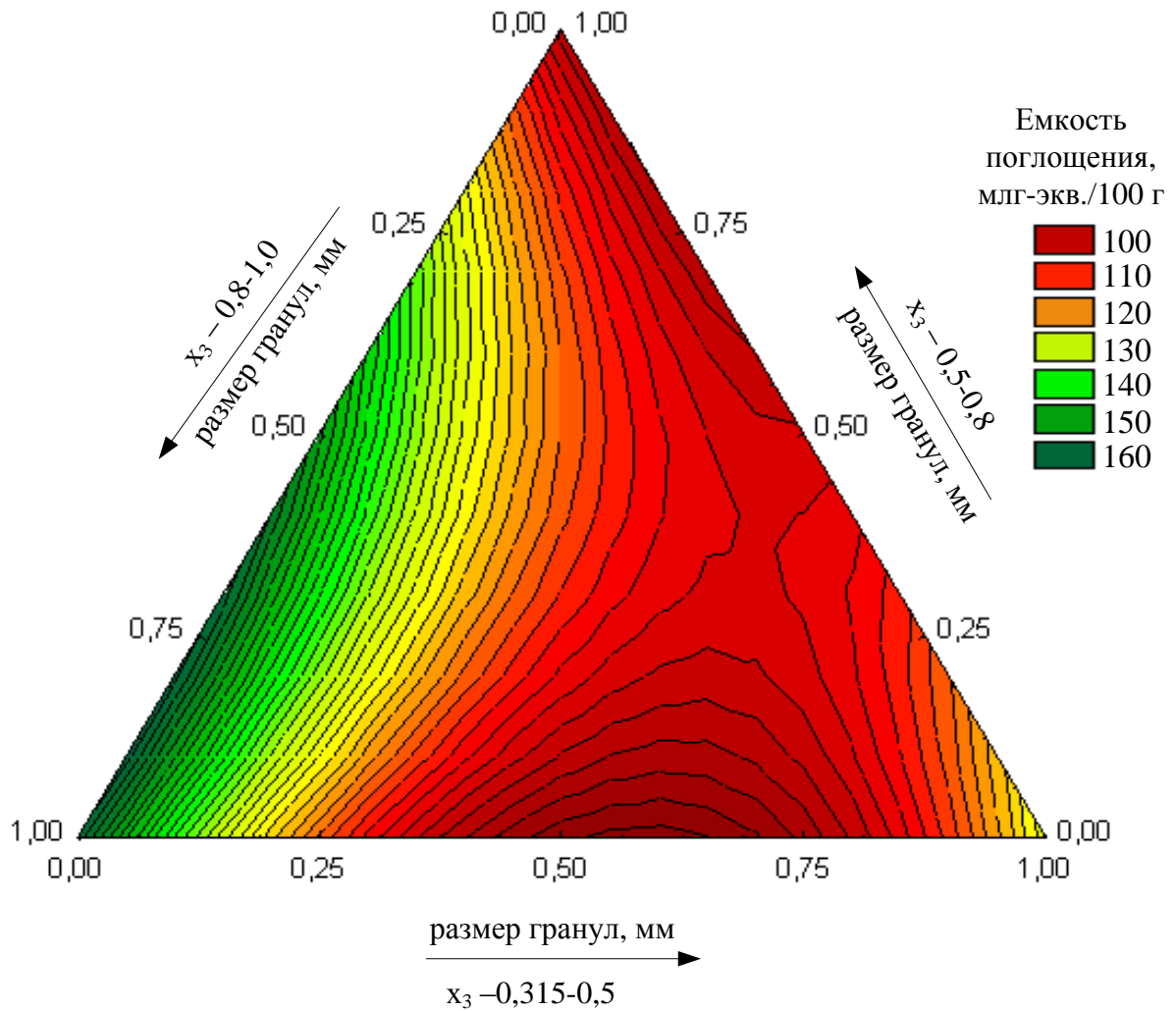


Рисунок 3.2 – Диаграмма зависимости емкости поглощения от размера гранул керамзитового отсева

Таким образом, нами получена зависимость емкости поглощения от размера гранул керамзитового отсева:

$$E = 21,15x_1 + 89,40x_2 + 142,09x_3 + 398,52x_1x_2 - 171,40x_1x_3 + 78,72x_2x_3. \quad (3.21)$$

Анализ построенной спектральной поверхности регрессии (рис. 3.2) и квадратичной модели (3.21) адекватной на 5 % уровня значимости показал, что в выбранных границах области построения: наименьшую емкость поглощения имеют гранулы размером 0,5-0,8 мм; наибольшая емкость поглощения соответствует фракции от 0,8-1,0 мм. С использованием полученной диаграммы нами выбран

состав керамзитового отсева, включающий гранулы размером: 40 % – 0,315-0,5 мм; 50 % – 0,5-0,8 мм и 10 % – 8,5-10,0 мм.

3.3.3 Подбор размера гранул известняка-ракушечника

Исследования влияния процентного содержания фракционного состава известняка-ракушечника на емкость поглощения показали, что он неоднороден по своему составу и наиболее эффективный диаметр гранул известняка-ракушечника более 5,0 мм и состоит из трех фракций: первая – с размером частиц от 5,0 до 6,5 мм; вторая – от 6,5 до 8,5 мм и третья – от 8,5 до 10 мм. С помощью метода планирования эксперимента (подробно изложен при подборе размера гранул бентонитовой глины) для оценки воздействия количественного содержания фракций на емкость поглощения, проведен ряд опытов (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Результаты эксперимента

№ опыта	Расход гранул известняка-ракушечника, кг/га (составляет 55 % в составе композиции)			Емкость поглощения, мг-экв./100 г
	5-6,5 мм	6,5-8,5 мм	8,5-10 мм	
1	1320	1056	264	296
2	528	1848	264	300
3	528	1056	1056	287
4	924	1452	264	269
5	528	1452	660	293
6	924	1056	660	198
7	792	1320	528	250
8	396	660	1584	227
9	1056	1188	396	236
10	660	1188	792	218

Обработка полученных данных при помощи специализированной программы STATISTICA позволила получить спектральную поверхность регрессии, позволяющую определить зависимость емкости поглощения от размера гранул известняка-ракушечника (рисунок 3.3).

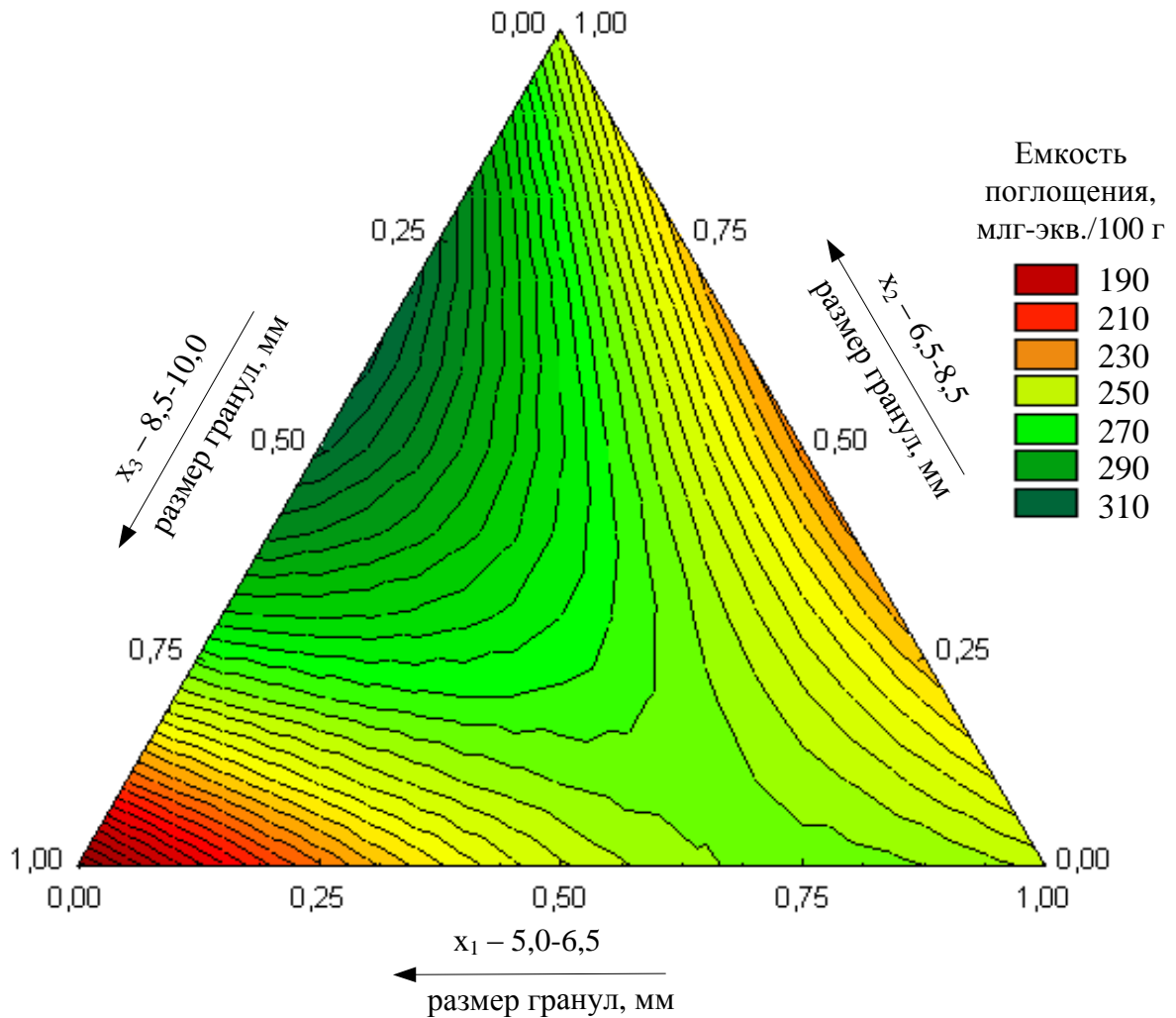


Рисунок 3.3 – Диаграмма зависимости емкости поглощения от размера гранул известняка-ракушечника

Таким образом, нами получена зависимость емкости поглощения от размера гранул известняка-ракушечника со степенью надежности 95 %:

$$E = 1096,49x_1 + 336,97x_2 + 337,64x_3 - 1401,98x_1x_2 - 3714,36x_1x_3 + 1121,88x_2x_3 \quad (3.22)$$

Анализ построенной диаграммы (рисунок 3.3) и квадратичной модели (3.22) в пределах области исследований показывает, что: наименьшую емкость поглощения имеют гранулы размером 5,0-6,5 мм, наибольшая емкость поглощения соответствует гранулам 6,5-8,5 мм. С использованием полученной диаграммы нами выбран состав известняка-ракушечника, включающий гранулы размером: 20 % – 5,0-6,5 мм; 70 % – 6,5-8,5 мм и 10 % – 8,5-10,0 мм.

3.3.4 Подбор размера гранул терриконовой породы

Исследования влияния процентного содержания фракционного состава терриконовой породы на емкость поглощения показали, что он неоднороден по своему составу, и наиболее эффективен диаметр гранул терриконовой породы более 0,5 мм, и состоит из трех фракций: первая – с размером частиц < 1,0 мм; вторая – от 1,0 до 1,5 мм и третья – от 1,5 до 2,0 мм. С помощью метода планирования эксперимента (подробно изложен при подборе размера гранул бентонитовой глины) для оценки воздействия количественного содержания данных фракций на емкость поглощения проведен ряд опытов (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Результаты эксперимента

№ опыта	Расход гранул терриконовой породы, кг/га (составляет 10 % в составе композиции)			Емкость поглощения, мг-экв./100 г
	< 1,0 мм	1,0-1,5 мм	1,5-2,0 мм	
1	240	192	48	254
2	96	336	48	238
3	96	192	192	217
4	168	264	48	275
5	96	264	120	247
6	168	192	120	173
7	144	240	96	226
8	72	120	288	240
9	192	216	72	231
10	120	216	144	214

Обработка полученных данных при помощи специализированной программы STATISTICA позволила получить спектральную поверхность регрессии, позволяющую определить зависимость емкости поглощения от размера гранул терриконовой породы (рисунок 3.4).

Таким образом, нами получена зависимость емкости поглощения от размера гранул терриконовой породы:

$$E = 141,48x_1 - 13,68x_2 + 558,97x_3 + 1254,56x_1x_2 - 2890,74x_1x_3 + 660,78x_2x_3. \quad (3.23)$$

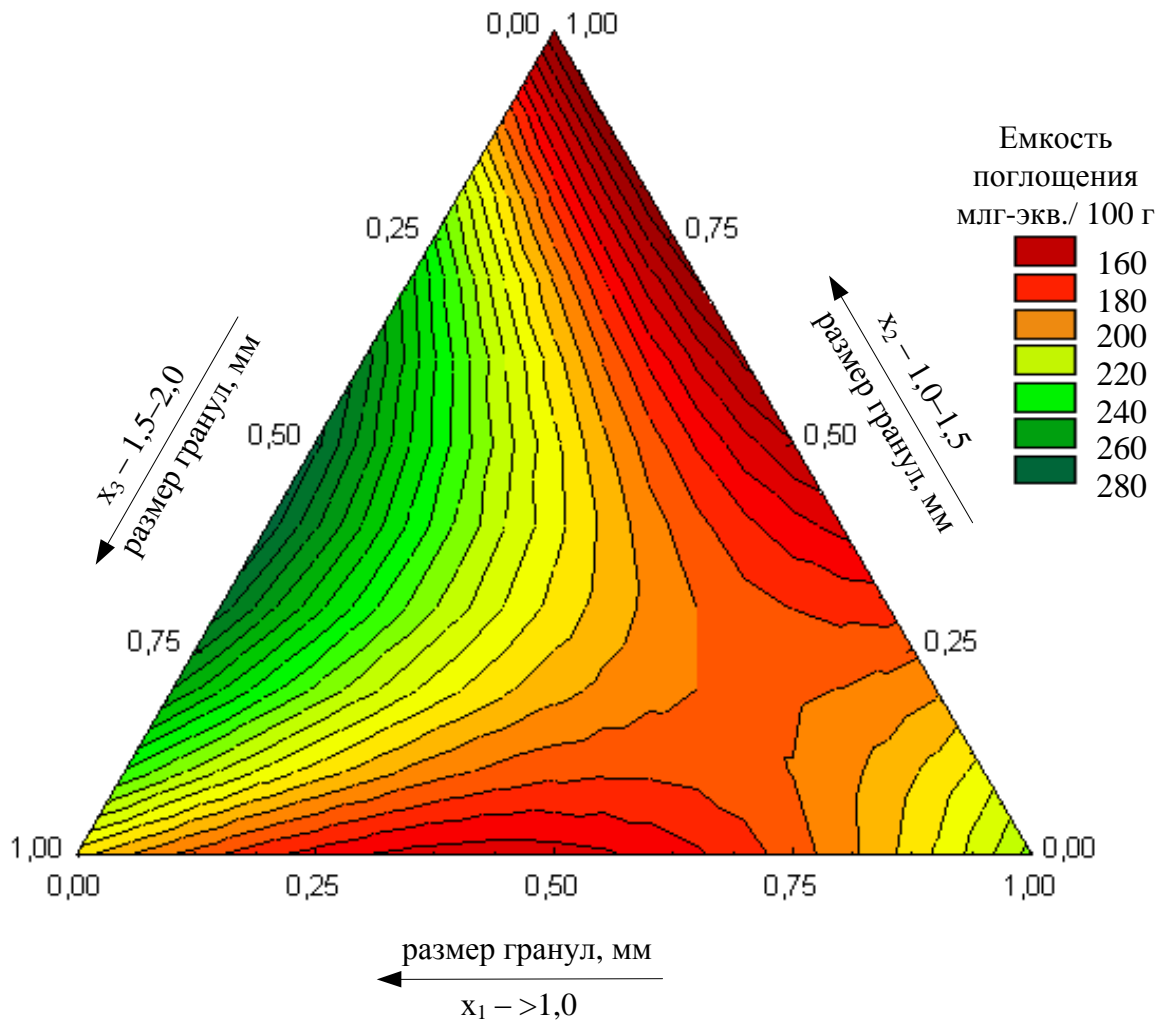


Рисунок 3.4 – Диаграмма зависимости емкости поглощения от размера гранул терриконовой породы

Анализ построенной диаграммы (рисунок 3.4) и квадратичной модели (3.23) в пределах области исследований показывает, что: наименьшую емкость поглощения имеют гранулы размером 1,5-2,0 мм, наибольшая емкость поглощения соответствует гранулам 1,0-1,5 мм. С использованием полученной диаграммы нами выбран состав известняка-ракушечника, включающий гранулы размером: 35 % – менее 1,0 мм; 55 % – 1,0-1,5 мм и 10 % – 1,5-2,0 мм.

3.4 Подбор оптимального варианта компонентного состава мелиоранта-структурообразователя

Для получения оптимального варианта состава мелиоранта-структурообразователя с учетом фракционного состава каждого из компонентов была проведена серия лабораторно-полевых исследований по определению средней скорости впитывания воды в почву различных вариантов процентных соотношений компонентов мелиоранта-структурообразователя (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Варианты по определению оптимального соотношения компонентов мелиоранта-структурообразователя в почве

№	Компоненты мелиоранта-структурообразователя	Альтернативные варианты, % в композиции					
		1	2	3	4	5	6
1	Керамзитовый отсев	12	20	5	15	8	13
2	Терриконовая порода	33	40	10	50	20	47
3	Известняк-ракушечник	35	25	55	30	46	22
4	Бентонитовая глина	20	15	30	5	26	18
Средняя скорость впитывания в первый час наблюдений, мм/мин		0,4	0,25	1,45	0,75	1,06	0,15

Анализируя данные, представленные в таблице 3.9, имеем следующее:

- по первому варианту таблицы 3.9 видно, что при процентном соотношении керамзитового отсева (12 %), терриконовой породы (33 %), известняка-ракушечника (35 %) и бентонитовой глины (20 %) – впитывание воды происходит со скоростью 0,5 мм/мин, что не способствует удобрительному действию;

- по второму варианту: терриконовой породы (40 %), известняка-ракушечника (25 %), керамзитового отсева (20 %), бентонитовой глины (15 %) – скорость впитывания уменьшилась до 0,25 мм/мин, при этом не происходит оструктурирующего действия на почву;

- в третьем варианте: терриконовой породы (10 %), известняка-ракушечника (55 %), керамзитового отсева (5 %), бентонитовой глины (30 %) – происходит значительное впитывание воды почвой со скоростью 1,4 мм/мин, наблюдается положительный эффект, увеличивались влагоемкость и пористость;

- по четвертому варианту: терриконовой породы (50 %), известняка-

ракушечника (30 %), керамзитового отсева (15 %), бентонитовой глины (5 %), скорость впитывания составила 0,74 мм/мин, что не оказывало значительного влияния на накопление питательных элементов в почве, уменьшалась влагоемкость;

- по пятому варианту: терриконовой породы (20 %), известняка-ракушечника (46 %), керамзитового отсева (8 %), бентонитовой глины (26 %) – наблюдалось активное впитывание влаги со скоростью 1,06 мм/мин;

- при соотношении компонентов в шестом варианте: терриконовой породы (47 %), известняка-ракушечника (22 %), керамзитового отсева (13 %), бентонитовой глины (18 %) – происходило нарушение водно-воздушного режима почвы, вследствие чего наблюдалось самое незначительное впитывание воды почвой при скорости 0,15 мм/мин.

На основе анализа таблицы 3.9 получен оптимальный состав мелиоранта-структурообразователя, включающий: керамзитовый отсев (5 %), терриконовую породу (10 %), известняк-ракушечник (55 %), бентонитовую глину (30 %).

При попадании воды в почву находящаяся в составе мелиоранта-структурообразователя бентонитовая глина начинает набухать, затем происходит облипание терриконовой породой и керамзитовым отсевом, при этом образуется эрозионноустойчивая структура почвы, а известняк-ракушечник играет оструктуривающую и водоудерживающую роль в почве. При сочетании всех этих элементов улучшается агрегатный состав, влагоемкость, водоудерживающая способность почвы, происходит увеличение содержания в почве питательных элементов.

3.5 Результаты исследований по определению нормы внесения мелиоранта-структурообразователя

Опасность развития эрозии тесно связана с водопроницаемостью почвы, которая, как и интенсивность осадков, а в частности, интенсивность искусственного дождя, влияет на скорость формирования стока.

Водопроницаемость является одним из основных свойств почвы, определяющим ее водный режим. Так, от величины водопроницаемости напрямую зависит водный баланс почв, в свою очередь и сток, а, как следствие, и увлажнение почвы. Водопроницаемость также является одним из основных факторов плодородия. В свою очередь, водопроницаемость почвы будет зависеть от нормы внесения мелиоранта-структурообразователя.

Полевые опыты проводились на орошаемом массиве ООО «Агропредприятие «Бессергеновское», представленном черноземами южными, под сельскохозяйственной культурой – кукуруза на зеленую массу, как без применения мелиоранта-структурообразователя (контроль), так и с внесением мелиоранта-структурообразователя в слой 0-20 см различной нормой. Определение водопроницаемости почвы проводилось с помощью метода рам (квадратов). Опыты проводились в трехкратной повторности.

На основании анализа полученных данных (приложение В) был построен график изменения водопроницаемости почвы от нормы внесения мелиоранта-структурообразователя (рисунок 3.5).

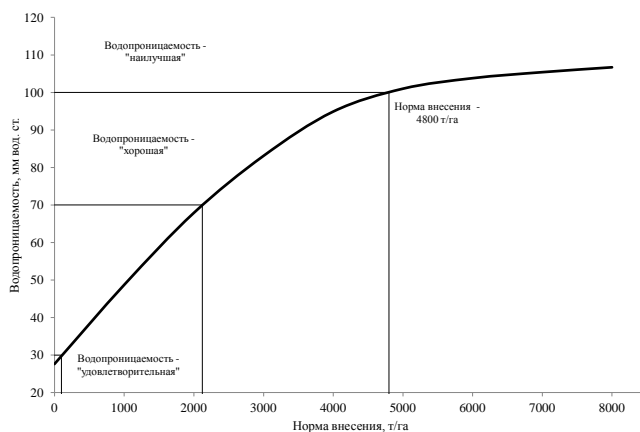


Рисунок 3.5 – График изменения водопроницаемости почвы в зависимости от нормы внесения мелиоранта-структурообразователя

Так, до внесения мелиоранта-структурообразователя водопроницаемость почвы составляла 0,46 мм/мин, что по градации почв Н. А. Качинского [48] является неудовлетворительной. При внесении мелиоранта-структурообразователя можно наблюдать существенное повышение водопроницаемости почвы до 100 мм вод. ст. – по оценке Качинского «наилучшей» – при норме внесения 4800 кг/га, что объясняется оструктурирующей способностью мелиоранта-структурообразователя, таким образом улучшается инфильтрация воды, в почве накапливается большое количество доступной влаги, далее наблюдается незначительное увеличение водопроницаемости и дальнейшее увеличение нормы можно считать экономически не целесообразным.

3.6 Результаты исследования эффективности внесения мелиоранта-структурообразователя в почву

Определение влияния эффективности внесения мелиоранта-структурообразователя на почву проводилось на черноземах южных в ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района.

Мелиорант-структурообразователь готовится следующим образом: известняк-ракушечник дробится до частиц размером 5-10 мм, потом его смешивают с бентонитовой глиной с гранулами 1-10 мм и терриконовой породой с гранулами 1,5-2,0 мм и добавляют керамзитовый отсев размером гранул 0,3-1,0 мм, далее вносят в 0-20 см слой почвы перед посевом.

Распределение по полю мелиоранта-структурообразователя необходимо осуществлять с учетом геоморфологических особенностей поля, гидрогеологических и почвенно-климатических условий в целях рационального использования и достижения длительного эффекта.

Для более полной характеристики структурного состояния исследуемых почв были проведены гранулометрический и микроагрегатный анализы, путем сопоставления которых проводится оценка эффективности применения мелиоран-

та-структурообразователя (анализ устойчивости почвенных микроагрегатов) (таблицы 3.10, 3.11).

Таблица 3.10 – Гранулометрический анализ почвы

№	Условие проведения опыта	Гигроскоп. вода, %	% содержание фракций, размер фракций в мм						Физический песок	Физическая глина
			> 0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001		
1	Без внесения мелиоранта-структурообразователя	1,11	0,33	16,98	43,24	7,6	10,37	21,48	60,55	39,45
2	После внесения мелиоранта-структурообразователя	1,42	0,76	20,76	40,57	6,10	11,31	20,50	62,09	37,91

Таблица 3.11 – Микроагрегатный анализ почвы

№	Условие проведения опыта	% содержание фракций, размер фракций в мм				
		0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001
1	Без внесения мелиоранта-структурообразователя	46,27	26,18	11,95	9,13	6,47
2	После внесения мелиоранта-структурообразователя	63,24	24,21	4,95	4,13	3,47

По приведенным результатам гранулометрического и микроагрегатного анализов рассчитаны основные показатели структурного состояния почвы.

Фактор дисперсности по Н. А. Качинскому – K характеризует степень разрушения агрегатов в воде и выражает отношение частиц (<0,001) «микроагрегатного» к илу «гранулометрическому». Чем выше фактор дисперсности, тем меньше водопрочность микроструктуры. расчет ведется по формуле:

$$K = \frac{a}{b} \cdot 100, \quad (3.24)$$

где a – содержание ила при микроагрегатном анализе (%);

b – содержание ила при гранулометрическом анализе (%).

В результате расчетов получаем, что без внесения мелиоранта структурооб-

разователя $K = 30,12$ %, после внесения мелиоранта структурообразователя $K = 16,93$ %. Анализируя полученные результаты, констатируем снижение фактора дисперсности с 30,12 % до 16,93 % и, оценивая по шкале оструктуренности (приложение Г, таблица Г.1), получаем переход от удовлетворительной оструктуренности к хорошей.

Фактор структурности K_c , по Фагелеру, характеризует водоустойчивость агрегатов. Рассчитывается по формуле:

$$K_c = \frac{b-a}{b} \cdot 100. \quad (3.25)$$

Обозначения те же, что и при расчете фактора дисперсности.

Так при применении мелиоранта-структурообразователя имеем $K_c = 69,88$ %, а без $K_c = 83,07$ %. Полученные результаты свидетельствуют об увеличении водоустойчивости агрегатов на 13,19 %.

Степень агрегатности (K_a) по Бейверу и Родесу определяем по формуле:

$$K_a = \frac{a-b}{a} \cdot 100, \quad (3.26)$$

где a – количество микроагрегатов $> 0,05$ мм при микроагрегатном анализе почвы (%);

b – количество механических элементов $< 0,05$ мм при гранулометрическом анализе (%).

В результате расчетов имеем $K_a = 62,59$ % без внесения мелиоранта-структурообразователя и $K_a = 65,97$ % после внесения мелиоранта-структурообразователя. Анализируя полученные результаты по шкале классификации агрегатности (приложение Г, таблица Г.2), получаем переход из удовлетворительного (62,59 %) агрегатного состояния в хорошее (65,97 %).

Гранулометрический показатель структурности (P) по А. Ф. Вадюниной, рассчитывается по результатам гранулометрического состава и характеризует потенциальную способность почвы к оструктуриванию. Механические элементы

при этом разделяются на активные, обладающие цементирующей способностью, и пассивные. Рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{a+b}{c} \cdot 100, \quad (3.27)$$

где a – количество ила (%);

b – количество мелкой пыли (%);

c – количество средней и крупной пыли (%).

Так без внесения мелиоранта-структурообразователя имеем $P = 0,63$ %, а с внесением $P = 0,68$ %. В свою очередь, анализируя полученные результаты по шкале агрегатного состояния почв (приложение Г, таблица Г.3), наблюдаем переход агрегатного состояния почвы из неудовлетворительного (0,63 %) в хорошее (0,68 %).

В таблице 3.12 приведены показатели структурного состояния почвы до и после внесения мелиоранта-структурообразователя [19].

Таблица 3.12 – Показатели структурного состояния почвы

Степень агрегатности по Бэйверу и Роадесу, %	Фактор дисперсности по Н. А. Качинскому, %	Фактор структурности по Фэгелеру, %	Гранулометрический показатель структурности по А. Ф. Вадюниной, %
Почва (контроль)			
62,59	30,12	69,88	0,63
Почва + мелиорант-структурообразователь (после 3-х лет исследований)			
65,97	16,93	83,07	0,68

Сопоставление результатов проведенных гранулометрического и микроагрегатного анализов черноземов южных в ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» до и после внесения мелиоранта-структурообразователя за трехлетний период исследований позволило судить о степени дисперсности и прочности микроструктуры почвы. Анализ данных таблицы 3.12 показывает, что фактор дисперсности при внесении мелиоранта-структурообразователя в почву на 43,8 % меньше (т. к. происходит уменьшение степени разрушения микроагрегатов в воде), чем в

почве до внесения мелиоранта-структурообразователя; повысились: степень агрегатности почвы на 5,1 %, гранулометрический показатель на 7,9 % и фактор структурности на 18,9 %.

Далее проведена оценка структурного состояния почвы до и после внесения мелиоранта-структурообразователя по методу Н. И. Саввинова. Результаты анализов приведены в таблице 3.13

Таблица 3.13 – Агрегатный состав почв

Просеивание	Размер фракции, мм, содержание, %								
	< 0,25	0,25-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-5,0	5,0-7,0	7,0-10,0	10,0 <
До внесения мелиоранта-структурообразователя									
сухое	9,6	8,5	9,9	19,9	9,6	13,8	8,3	9,7	10,7
мокрое	62,1	18,0	7,9	6,9	4,6	0,5	-	-	-
После внесения мелиоранта-структурообразователя									
сухое	10,6	9,3	8,4	21,7	9,0	12,8	7,4	9,1	11,7
мокрое	46,4	12,5	7,3	17,0	9,0	5,3	2,4	0,06	0,04

Агроэкологическая оценка структурного состояния почвы до и после внесения мелиоранта-структурообразователя проводится по шкале С. И. Долгова и П. У. Бахтина (приложение Г, таблица Г.4). Критерий водопрочности, показывающего относительное содержание водопрочных агрегатов, выраженное в % от общего содержания агрегатов размером от 1 до 0,25 мм, рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{C_{en} \cdot 100}{C}, \quad (3.28)$$

где A – критерий водопрочности (%);

C – содержания агрегатов размером от 1 до 0,25 мм при сухом просеивании;

C_{en} – содержания водопрочных агрегатов размером от 1 до 0,25 мм.

В результате расчетов получили $A = 31,8$ без внесения мелиоранта-структурообразователя и $A = 42,36$ с учетом внесения. Анализируя структурное состояние почвы до и после внесения мелиоранта-структурообразователя по кри-

терию водопрочности можно констатировать увеличение на 10,6 % содержания агрономически ценных агрегатов (водопрочных) в почве после внесения мелиоранта-структурообразователя, и, как следствие, переход почвы из неудовлетворительного состояния (31,8 %) в удовлетворительное (42,4 %).

В таблице 3.14 приводятся результаты исследований по содержанию основных питательных элементов в почве и мелиоранте-структурообразователе. Почва с внесенным в нее мелиорантом-структурообразователем содержит гумуса – 3,27 %, в сравнении с почвой на контроле, содержащей – 3,22 %, при этом происходит увеличение содержания фосфора, азота и калия.

Таблица 3.14 – Содержание основных питательных элементов в структурообразующих материалах и почве

№	Фактор	Содержание питательных элементов, мг/кг			Гумус, %
		NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1	Почва (контроль)	9,1	35,0	306,0	3,22
2	Почва + мелиорант-структурообразователь	11,2	36,0	371,0	3,27

Данные, представленные в таблице 3.14, позволяют сделать вывод о том, что мелиорант-структурообразователь при внесении в почву активно действует на протяжении всего вегетационного периода, увеличивает содержания органического вещества (гумуса) в пахотном горизонте, формирует коллоидную структуру, при этом происходит увеличение содержания фосфора, азота и калия соответственно на 3 %, 23 % и 21 %.

Выводы по главе

1. Исходя из условия получения максимальной прибыли от выращивания сельскохозяйственных культур при обеспечении экологической защиты и сохранении плодородия почв, одним из эффективных мероприятий по борьбе с ирригационной эрозией является применение мелиорантов-структурообразователей. На основании проведенных лабораторно-полевых исследований разработанный состав

мелиоранта-структурообразователя активно действует на протяжении всего вегетационного периода и формирует коллоидную структуру, улучшает водно-физические свойства, влагоемкость и водопроницаемость, а также повышает сопротивляемость почвы к размыву, имеет невысокую стоимость за счет применения местных материалов, а также не требует организации специального производства.

2. В результате проведенных лабораторно-полевых исследований и полученных экспериментально-статистических моделей рецептурно-технологических решений (3.9)-(3.12) был подобран оптимальный состав мелиоранта-структурообразователя: бентонитовая глина – 30 % (от общей массы мелиоранта-структурообразователя), керамзитовый отсев – 5 %, известняк-ракушечник – 55 %, терриконовая порода – 10 %.

3. На основании полученных зависимостей емкости поглощения от размера гранул (3.9)-(3.12) определено, что для:

- бентонитовой глины, в пределах области исследований: наименьшей емкости поглощения соответствуют гранулы 0,315-1,5 мм, наибольшей емкости поглощения – 2,5-5,0 мм, наибольшее влияние на снижение емкости поглощения оказывает относительное содержание гранул размером 0,315-1,5 мм;

- керамзитового отсева, в пределах области исследований, наименьшей емкости поглощения соответствуют гранулы 0,5-0,8 мм, а наибольшей – 0,8-1,0 мм;

- известняка-ракушечника, в пределах области исследований, наименьшей емкости поглощения соответствуют гранулы 5,0-6,5 мм, а наибольшей – 6,5-8,5 мм;

- терриконовой породы, в пределах области исследований: наименьшей емкости поглощения соответствуют гранулы – 1,0-1,5 мм, а наибольшей – 1,5-2,0 мм.

4. На основании полученных результатов исследований для практического использования был подобран состав мелиоранта-структурообразователя и определена норма внесения, которая составляет 4800 кг/га, из которых: бентонитовой глины – 1440 кг/га; керамзитового отсева – 240 кг/га; известняка-ракушечника – 2640 кг/га; терриконовой породы – 480 кг/га.

4 ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДОЖДЕВАНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВ

4.1 Результаты исследований влияния мелиоранта-структурообразователя на коэффициент стока в зависимости от интенсивности искусственного дождя, уклона и водопроницаемости почвы

Для разработки эффективных противоэрозионных мероприятий по снижению ирригационной эрозии нами проводились исследования по определению и изучению влияния на величину стока наиболее значимых факторов. Таковыми являются уклон поверхности почвы, водопроницаемость почвы и интенсивность искусственного дождя [68, 69].

Исследования осуществлены на черноземах южных, согласно программе исследований. Для создания искусственного дождя нужной интенсивности и продолжительности в ФГБНУ «РосНИИПМ» сконструировано несколько устройств искусственного дождя. Вода подавалась на установку мотопомпой на расстоянии до 500 м от водных источников. С каждой позиции мотопомпы проводилось четыре варианта опыта. Четыре стоковые площадки и установки искусственного дождя устанавливались на удалении друг от друга на 200-300 м с таким расчетом, чтобы уклоны поверхности почвы изменялись в широких пределах.

Установлено, что величина стока в большинстве случаев зависит от уклона поверхности почвы, интенсивности искусственного дождя и водопроницаемости почвы.

Результаты исследований влияния уклона поверхности почвы на коэффициент стока на контроле (без применения мелиоранта-структурообразователя) и при использовании мелиоранта-структурообразователя представлены в таблице 4.1 и графически – на рисунке 4.1.

Таблица 4.1 – Влияние уклона поверхности почвы на коэффициент стока

Орошение без использования мелиоранта-структурообразователя			Орошение с использованием мелиоранта-структурообразователя		
Позиция (вариант полевого опыта)	Уклон, град.	Коэффициент стока, $K_{ст}$	Позиция (вариант полевого опыта)	Уклон, град.	Коэффициент стока, $K_{ст}$
1.1	0,80	0,05	1.1	0,7	0,04
1.2	6,62	0,43	1.2	6,6	0,37
1.3	7,70	0,53	1.3	7,6	0,47
1.4	2,40	0,18	1.4	2,4	0,16
2.1	1,04	0,07	2.1	1,1	0,06
2.2	3,10	0,23	2.2	3,3	0,20
2.3	4,40	0,21	2.3	4,3	0,19
2.4	3,80	0,23	2.4	3,7	0,19
3.1	1,18	0,08	3.1	1,1	0,07
3.2	5,70	0,34	3.2	5,5	0,31
3.3	7,30	0,52	3.3	7,1	0,45
3.4	6,60	0,63	3.4	6,5	0,56
4.1	1,46	0,09	4.1	1,5	0,07
4.2	8,40	0,72	4.2	8,2	0,64
4.3	7,50	0,68	4.3	7,5	0,62
4.4	6,90	0,63	4.4	6,7	0,55

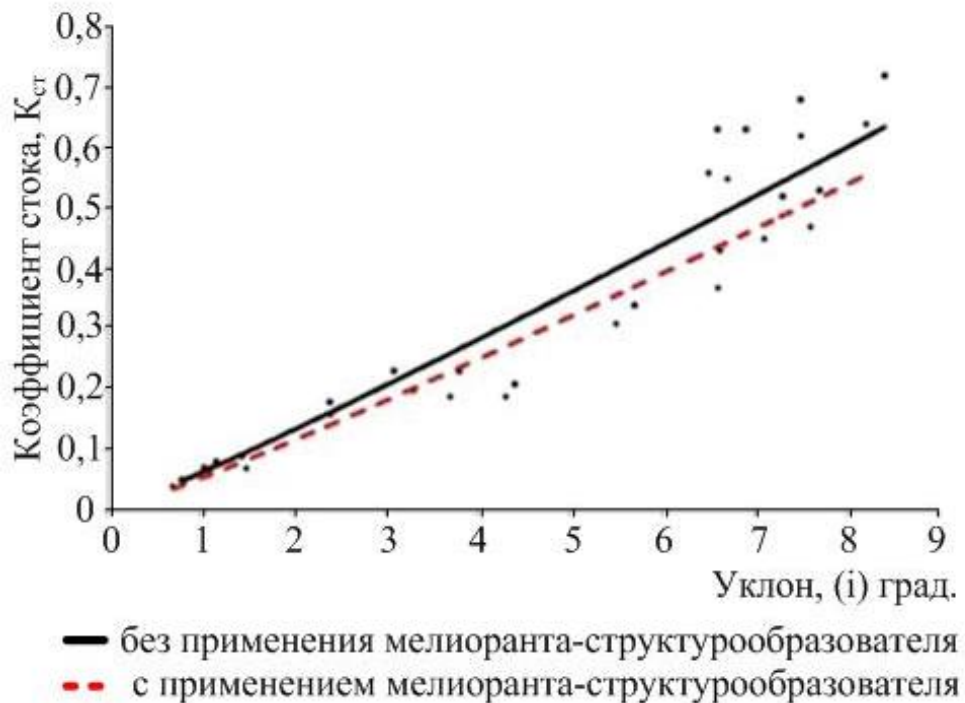


Рисунок 4.1 – Влияние уклона поверхности почвы на коэффициент стока

В результате обработки экспериментальных данных были получены зави-

симости коэффициента стока от уклона:

- при орошении без использования мелиоранта-структурообразователя:

$$K_{cm} = 0,0629 i^{1,0867}, \text{ при } R^2 = 0,964; \quad (4.1)$$

- при орошении с использованием мелиоранта-структурообразователя:

$$K_{cm} = 0,0539 i^{1,109}, \text{ при } R^2 = 0,963. \quad (4.2)$$

Так, анализируя данные таблицы 4.1 и рисунка 4.1, имеем снижение коэффициента стока при применении на орошаемом участке мелиоранта-структурообразователя.

Результаты исследований влияния интенсивности искусственного дождя на коэффициент стока на контроле (без применения мелиоранта-структурообразователя) и при использовании мелиоранта-структурообразователя представлены в таблице 4.2 и графически – на рисунке 4.2.

Таблица 4.2 – Влияние интенсивности искусственного дождя на коэффициент стока

Орошение без использования мелиоранта-структурообразователя			Орошение с использованием мелиоранта-структурообразователя		
Позиция (вариант полевого опыта)	Интенсивность, мм/мин	Коэффициент стока, K_{cm}	Позиция (вариант полевого опыта)	Интенсивность, мм/мин	Коэффициент стока, K_{cm}
1.1	0,44	0,05	1.1	0,45	0,04
1.2	1,41	0,43	1.2	1,40	0,37
1.3	1,84	0,53	1.3	1,82	0,47
1.4	1,04	0,18	1.4	1,05	0,16
2.1	0,44	0,07	2.1	0,44	0,06
2.2	1,38	0,23	2.2	1,36	0,26
2.3	1,30	0,21	2.3	1,32	0,22
2.4	1,13	0,23	2.4	1,12	0,19
3.1	0,65	0,08	3.1	0,67	0,07
3.2	1,61	0,34	3.2	1,59	0,31
3.3	1,27	0,39	3.3	1,26	0,31
3.4	1,82	0,56	3.4	1,80	0,50
4.1	0,48	0,09	4.1	0,49	0,07
4.2	1,91	0,63	4.2	1,90	0,57
4.3	1,74	0,57	4.3	1,73	0,49
4.4	1,49	0,48	4.4	1,47	0,39

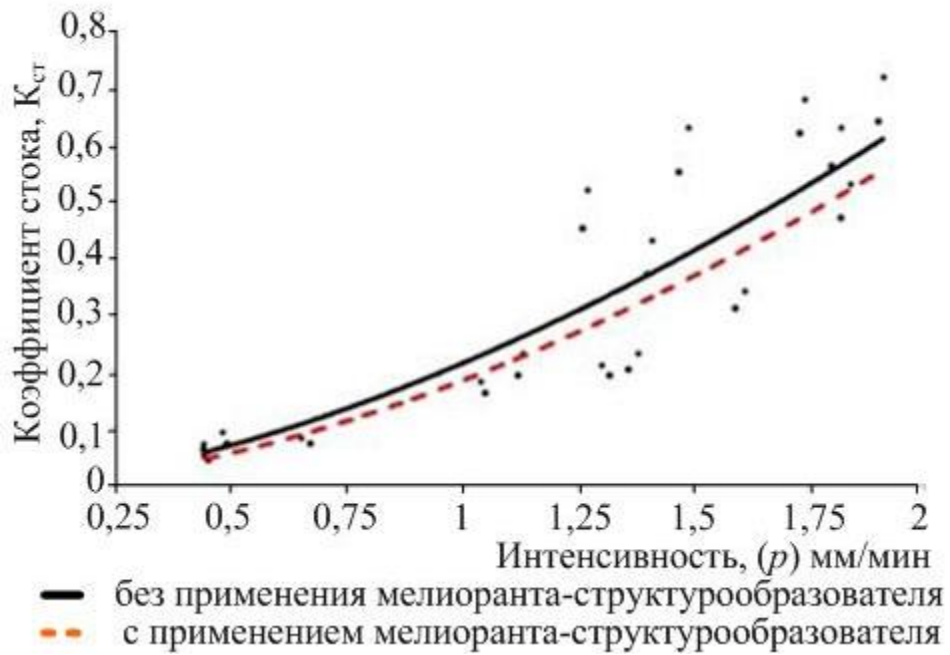


Рисунок 4.2 – Влияние интенсивности искусственного дождя на коэффициент стока

В результате обработки экспериментальных данных были получены зависимости коэффициента стока от интенсивности осадков:

- при орошении без использования мелиоранта-структурообразователя:

$$K_{cm} = 0,2042\rho^{1,536}, \text{ при } R^2 = 0,927; \quad (4.3)$$

- при орошении с использованием мелиоранта-структурообразователя:

$$K_{cm} = 0,1847\rho^{1,7078}, \text{ при } R^2 = 0,946. \quad (4.4)$$

Результаты исследований влияния водопроницаемости почвы на коэффициент стока на контроле (без применения мелиоранта-структурообразователя) и при использовании мелиоранта-структурообразователя представлены в таблице 4.3 и графически – на рисунке 4.3.

Таблица 4.3 – Влияние водопроницаемости почвы на коэффициент стока

Орошение без использования мелиоранта-структурообразователя			Орошение с использованием мелиоранта-структурообразователя		
Позиция (вариант полевого опыта)	Водопроницаемость почвы, мм/мин	Коэффициент стока, $K_{ст}$	Позиция (вариант полевого опыта)	Водопроницаемость почвы, мм/мин	Коэффициент стока, $K_{ст}$
1.1	2,35	0,05	1.1	2,61	0,04
1.2	1,21	0,43	1.2	1,37	0,37
1.3	1,12	0,53	1.3	1,30	0,44
1.4	1,48	0,18	1.4	1,64	0,16
2.1	2,08	0,07	2.1	2,31	0,06
2.2	1,74	0,16	2.2	1,93	0,14
2.3	1,11	0,34	2.3	1,26	0,34
2.4	1,30	0,23	2.4	1,48	0,19
3.1	2,20	0,08	3.1	2,44	0,07
3.2	1,21	0,34	3.2	1,34	0,31
3.3	0,95	0,52	3.3	1,10	0,48
3.4	1,06	0,63	3.4	1,26	0,50
4.1	1,76	0,09	4.1	1,95	0,07
4.2	0,98	0,72	4.2	1,11	0,69
4.3	0,86	0,68	4.3	1,02	0,62
4.4	0,93	0,63	4.4	1,06	0,55

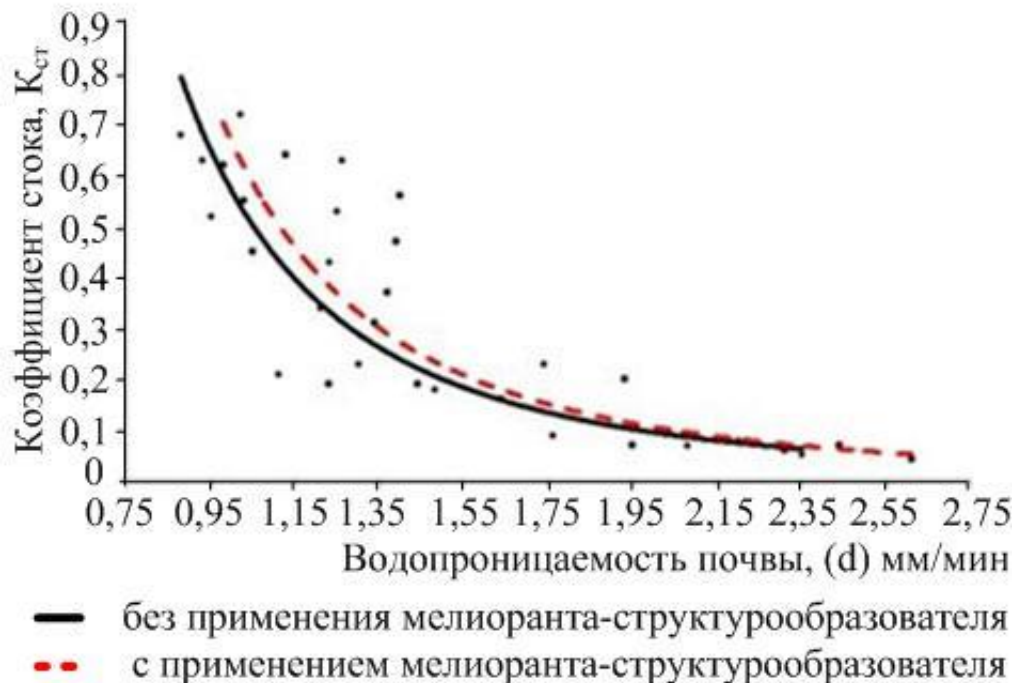


Рисунок 4.3 – Влияние водопроницаемости почвы на коэффициент стока

В результате обработки экспериментальных данных были получены зависимости коэффициента стока от водопроницаемости почвы:

- при орошении без использования мелиоранта-структурообразователя:

$$K_{cm} = 0,5571 d^{-2,699}, \text{ при } R^2 = 0,949; \quad (4.5)$$

- при орошении с использованием мелиоранта-структурообразователя:

$$K_{cm} = 0,7521 d^{-2,948}, \text{ при } R^2 = 0,951. \quad (4.6)$$

Статистическая обработка данных таблиц 4.1-4.3 позволила построить трехмерные графики в координатах XYZ, которые отображают связи влияния уклона местности, интенсивности искусственного дождя, водопроницаемости почвы на коэффициент стока для различных почвенных разностей, позволяющие использовать их для сравнения переменных при полевых наблюдениях (рисунки 4.4-4.6).

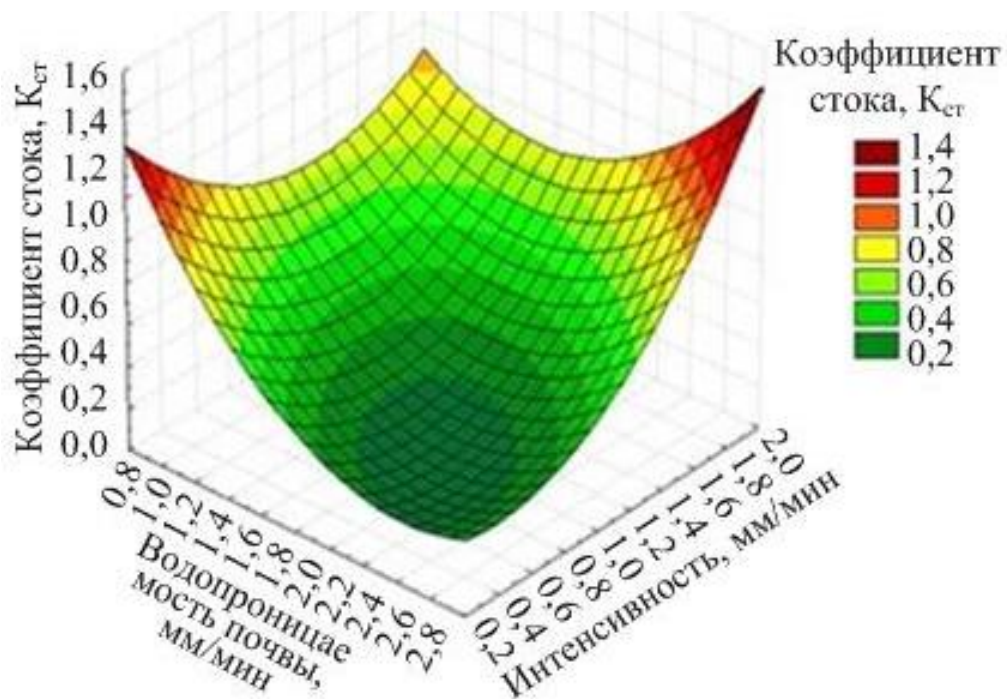


Рисунок 4.4 – Влияние водопроницаемости почвы и интенсивности искусственного дождя на коэффициент стока

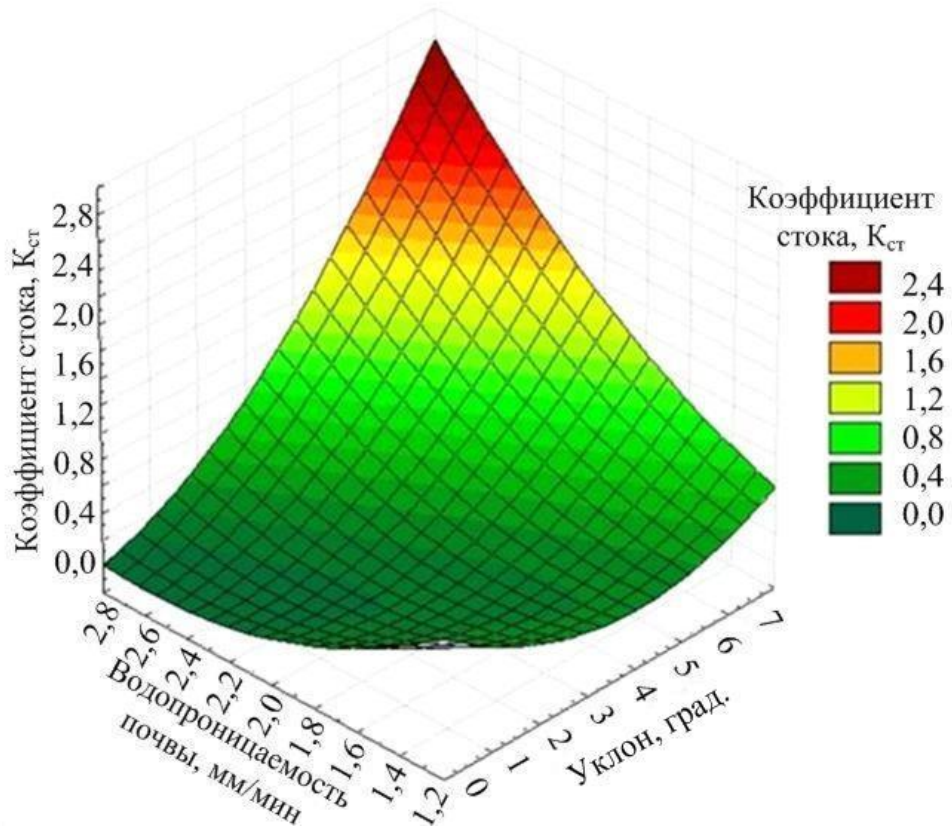


Рисунок 4.5 – Влияние уклона орошаемого массива и водопроницаемости почвы на коэффициент стока

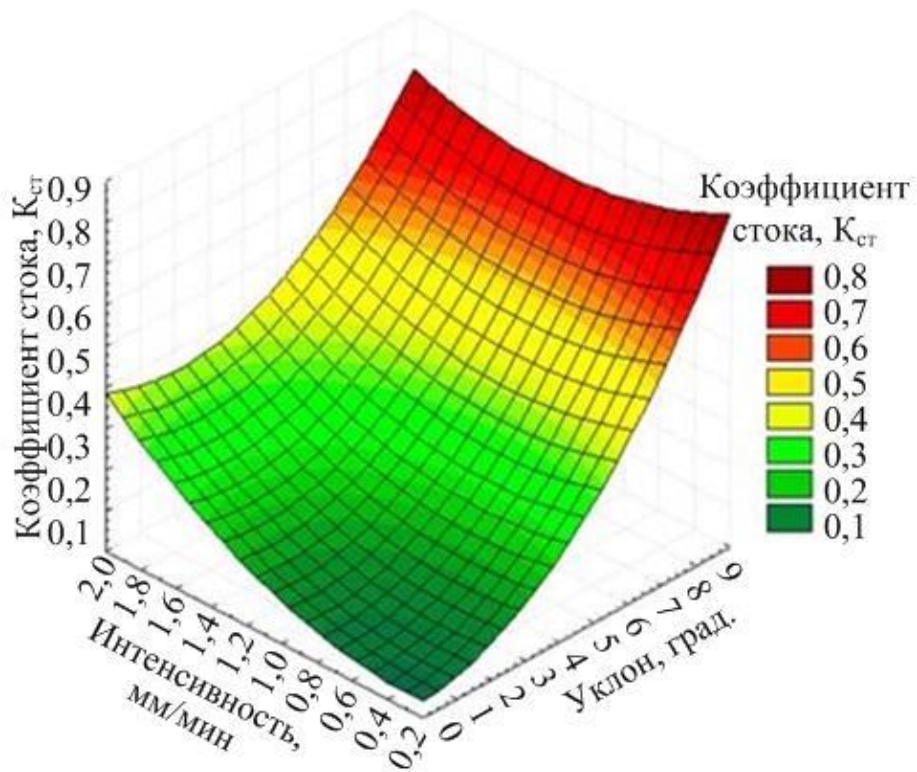


Рисунок 4.6 – Влияние уклона орошаемого массива и интенсивности искусственного дождя на коэффициент стока

Ниже приведены аналитические уравнения, описывающие представленные на рисунках 4.4-4.6 спектральные поверхности регрессии:

- рисунок 4.4 – при $R^2 = 0,931$:

$$K_{cm} = 2,9865 - 2,2139d - 1,6586\rho + 0,4364d^2 + 0,4631d\rho + 0,4862\rho^2; \quad (4.7)$$

- рисунок 4.5 – при $R^2 = 0,927$:

$$K_{cm} = 2,9741 - 0,6069i - 2,3104d + 0,0372i^2 + 0,2543id + 0,4474d^2; \quad (4.8)$$

- рисунок 4.6 – при $R^2=0,912$: при $R^2 = 912$:

$$K_{cm} = 0,0471 + 0,0117i - 0,0547\rho + 0,0087i^2 - 0,0243i\rho + 0,112\rho^2. \quad (4.9)$$

Обработка полученных данных рисунков 4.4-4.6 была осуществлена с помощью корреляционного матричного анализа. Коэффициенты корреляции изменялись в пределах от -1,00 до +1,00. При анализе влияния водопроницаемости почв на величину стока значение -1,00 означало, что данная переменная имеет строгую отрицательную корреляцию. Значение +1,00 (для уклона и интенсивности искусственного дождя) означало наличие положительной корреляции. В свою очередь, значение 0,00 – отсутствие корреляции. В процессе анализа проведена оценка статистической значимости результата ρ , представляющая собой вероятность ошибки на всю выборку переменных. За «приемлемую границу» уровня ошибки в наших исследованиях принят p -уровень равный 0,05 показывающий, что имеем 5 % вероятность случайной связи между переменными. Анализ корреляции r переменных при $p = 0,05$ показывает, что на увеличение значений коэффициента стока K_{cm} весьма существенно влияет уклон орошаемого массива. Это характерно прослеживается по величине коэффициента корреляции 0,97. Водопроницаемость почвы образует отрицательную корреляционную связь – -0,85 с увеличением значений коэффициента стока. Слабее прослеживается связь между коэффициентом стока и интенсивностью искусственного дождя – 0,89.

Построена обобщающая экспериментально-статистическая модель и получена аналитическая зависимость (4.10), описывающая влияние искусственного дождя при орошении сельскохозяйственных земель, уклона орошаемого поля и водопроницаемости почвы на коэффициент стока при применении нового мелиоранта-структурообразователя (рисунок 4.7).

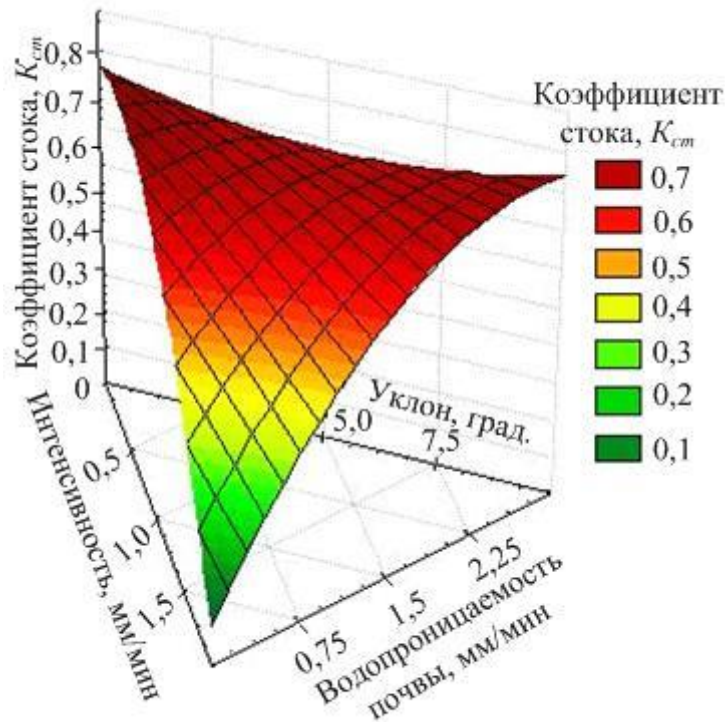


Рисунок 4.7 - Зависимость коэффициент стока от интенсивности искусственного дождя, уклона и водопроницаемости почвы при применении нового мелиоранта-структурообразователя

$$K_{cm} = 0,4209\rho + 0,612i - 6,9672d - 3,1077\rho i + 8,3815\rho d + 10,7453id, R^2 = 0,52 \quad (4.10)$$

где K_{cm} – коэффициент стока, т/га;

ρ – интенсивность искусственного дождя, мм/мин;

i – уклон орошаемого массива, град;

d – водопроницаемость почвы, мм/мин.

Полученные аналитические зависимости могут быть использованы специалистами в области мелиорации для прогнозирования поверхностного смыва почвы при оценке эффективности применения мелиоранта-структурообразователя в составе комплекса противоэрозионных мероприятий на южных черноземах Ростовской области.

4.2 Результаты исследований влияния на составляющие поверхностного стока (общий, жидкий, твердый) и смыв почвы при орошении дождеванием

При проведении исследований учитывался поверхностный сток общий и его составляющие по фазам – жидкий и твердый сток.

Наибольшее влияние на сток оказывает уклон поверхности почвы, водно-физические свойства почвы и другие факторы [72]. Ниже приводятся обработанные математическими и статистическими методами данные поверхностного стока в связи с уклоном орошаемого участка, а так же смыв почвы в т/га без использования и при применении мелиоранта-структурообразователя (таблица 4.4-4.6 и рисунки 4.7-4.10).

Таблица 4.4 – Влияние уклона орошаемого участка на составляющие поверхностного стока (без применения мелиоранта-структурообразователя)

Позиция (вариант опыта)	Уклон, град.	$K_{ст}$ общий	$K_{ст}$ жидкий	$K_{ст}$ твердый
1.1	0,8	0,04	0,03	0,01
1.2	6,62	0,44	0,39	0,05
1.3	7,7	0,52	0,48	0,04
1.4	2,4	0,19	0,18	0,01
2.1	1,04	0,05	0,04	0,01
2.2	3,1	0,21	0,2	0,01
2.3	4,4	0,22	0,19	0,03
2.4	3,8	0,22	0,19	0,03
3.1	1,18	0,06	0,04	0,02
3.2	5,7	0,35	0,31	0,04
3.3	7,3	0,51	0,42	0,09
3.4	6,6	0,65	0,56	0,09
4.1	1,46	0,08	0,07	0,01
4.2	8,4	0,73	0,57	0,16
4.3	7,5	0,67	0,54	0,13
4.4	6,9	0,64	0,53	0,11

Таблица 4.5 – Влияние уклона орошаемого участка на составляющие поверхностного стока (с применением мелиоранта-структурообразователя)

Позиция (вариант опыта)	Уклон, град.	$K_{ст}^{общ}$	$K_{ст}^{ж}$	$K_{ст}^{тв}$
1.1	0,75	0,035	0,026	0,009
1.2	6,4	0,380	0,335	0,045
1.3	7,6	0,448	0,413	0,036
1.4	2,5	0,164	0,155	0,009
2.1	1,1	0,043	0,034	0,009
2.2	3	0,181	0,172	0,009
2.3	4,5	0,190	0,163	0,027
2.4	3,7	0,190	0,163	0,027
3.1	1,2	0,052	0,034	0,018
3.2	5,8	0,302	0,267	0,036
3.3	7,2	0,441	0,361	0,080
3.4	6,5	0,562	0,482	0,080
4.1	1,4	0,069	0,060	0,009
4.2	8,3	0,633	0,490	0,142
4.3	7,6	0,580	0,464	0,116
4.4	6,7	0,554	0,456	0,098

Таблица 4.6 – Влияние уклона орошаемого участка на смыв почвы при орошении

Без применения мелиоранта-структурообразователя			С применением мелиоранта-структурообразователя		
Позиция (вариант опыта)	Уклон, град.	Смыв почвы, т/га	Позиция (вариант опыта)	Уклон, град.	Смыв почвы, т/га
1.1	0,80	0,7	1.1	0,75	0,6
1.2	6,62	42	1.2	6,4	36,1
1.3	7,70	66,6	1.3	7,6	57,3
1.4	2,40	22,2	1.4	2,5	19,1
2.1	1,04	1,3	2.1	1,1	1,1
2.2	3,10	28,5	2.2	3	24,5
2.3	4,40	49,3	2.3	4,5	42,4
2.4	3,80	44,4	2.4	3,7	38,2
3.1	1,18	1,9	3.1	1,2	1,6
3.2	5,70	69,5	3.2	5,8	59,8
3.3	7,30	85,5	3.3	7,2	73,5
3.4	6,60	71,1	3.4	6,5	61,1
4.1	1,46	3	4.1	1,4	2,6
4.2	8,40	120,9	4.2	8,3	104,0
4.3	7,50	113,2	4.3	7,6	97,4
4.4	6,90	114,2	4.4	6,7	98,2

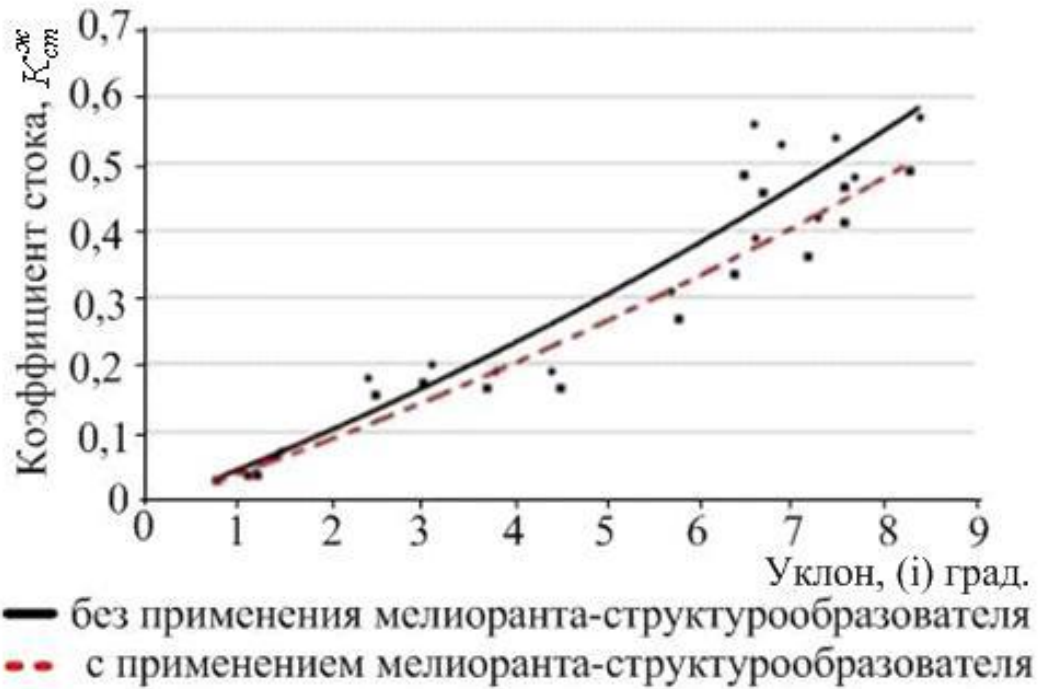


Рисунок 4.8 – Влияние уклона орошаемого участка на коэффициент стока (жидкий)

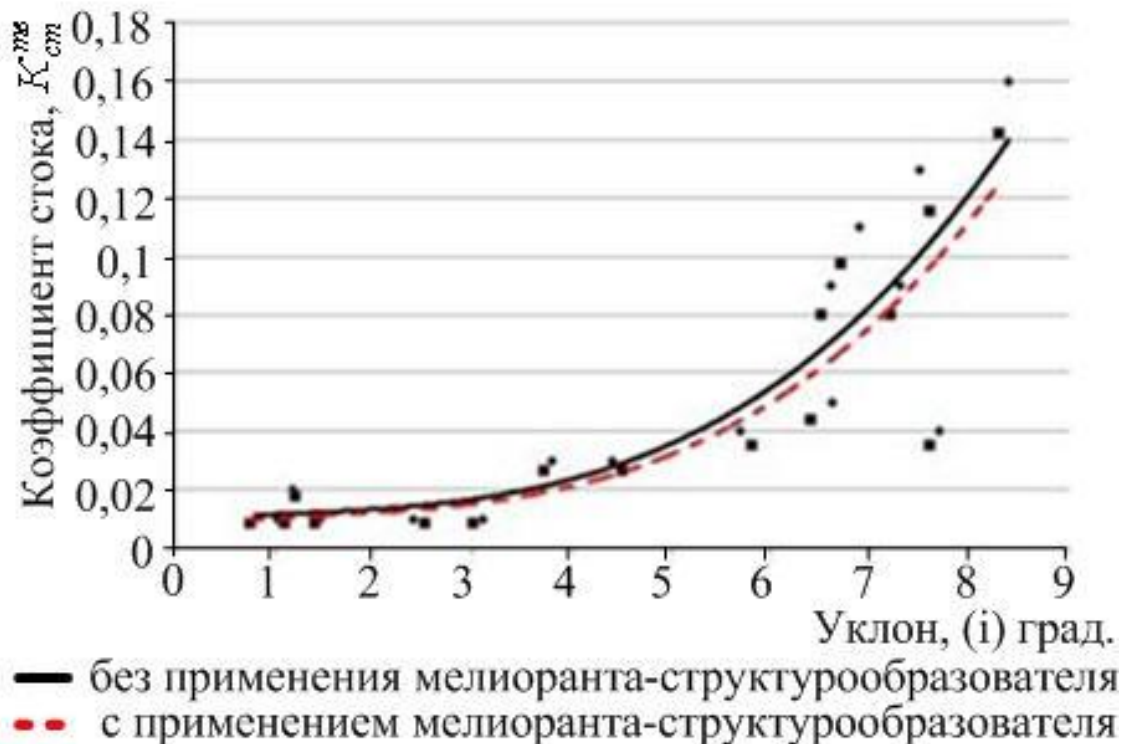


Рисунок 4.9 – Влияние уклона орошаемого участка на коэффициент стока (твердый)

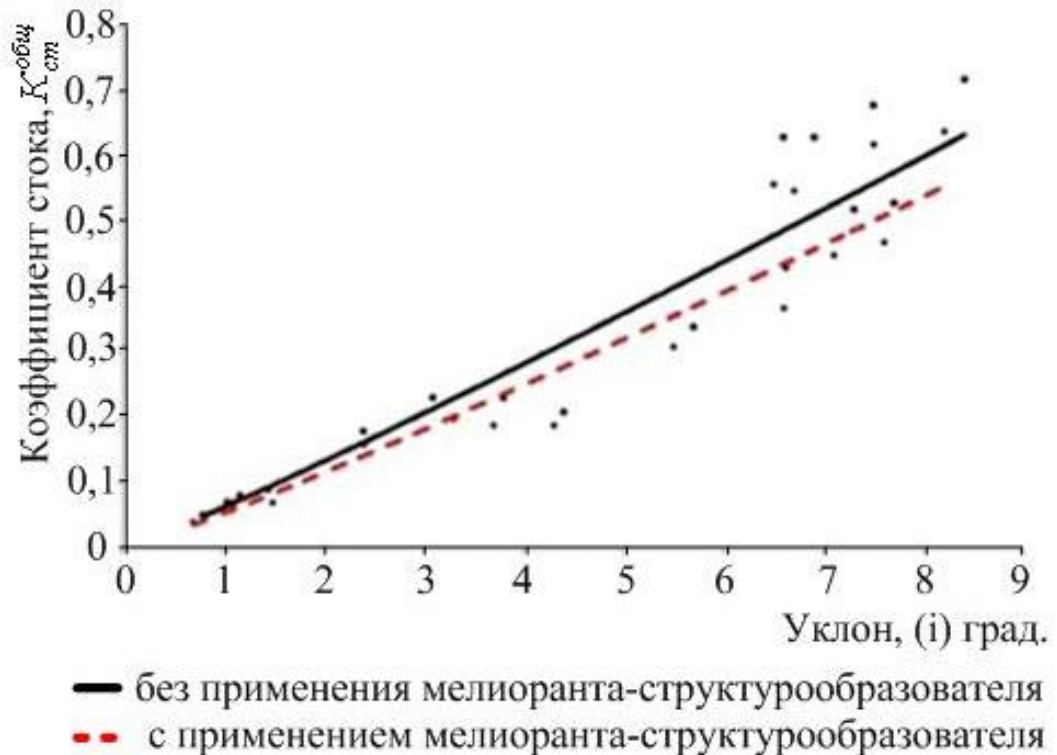


Рисунок 4.10 – Влияние уклона орошаемого участка на коэффициент стока (общий)

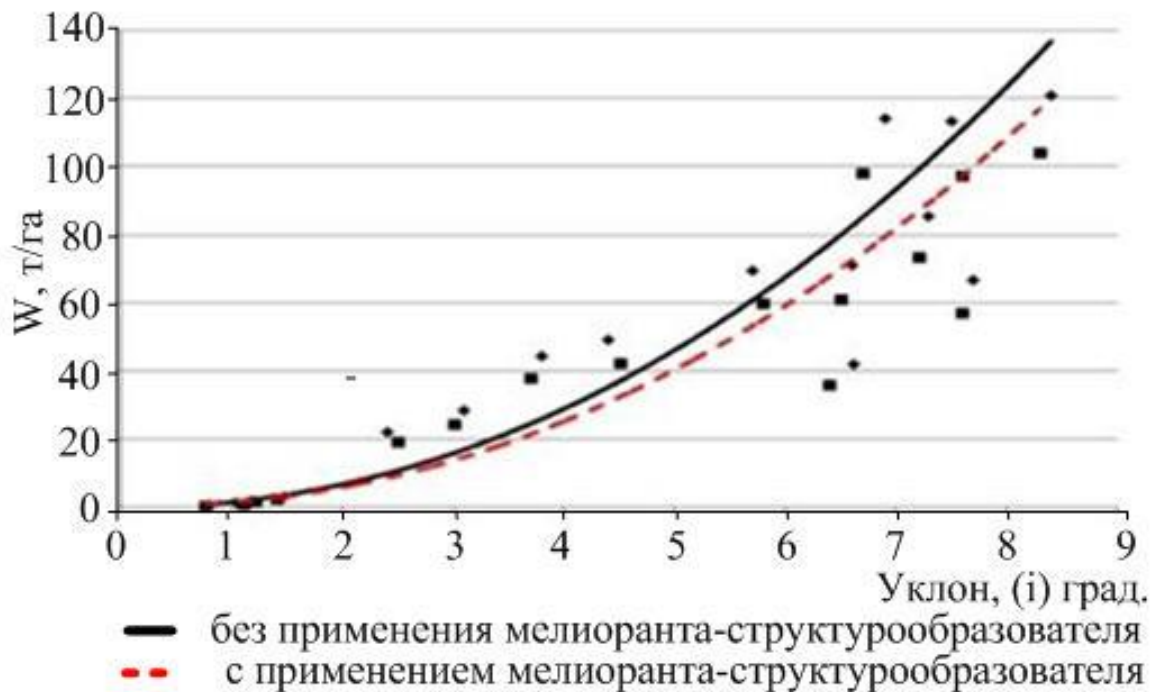


Рисунок 4.11 – Влияние уклона орошаемого участка на смыв почвы

Ниже приведены аналитические уравнения, описывающие представленные графически на рисунках 4.8-4.11 зависимости влияния уклона орошаемого масси-

ва на сток и смыв почвы:

1) без применения мелиоранта-структурообразователя:

- для рисунка 4.8:

$$K_{cm}^{жс} = 0,0023 i^2 + 0,0516 i - 0,0106, \text{ при } R^2 = 0,949; \quad (4.11)$$

- для рисунка 4.9:

$$K_{cm}^{ме} = 0,0003 i^3 - 0,0009 i^2 + 0,0023 i + 0,0098, \text{ при } R^2 = 0,960; \quad (4.12)$$

- для рисунка 4.10:

$$K_{cm}^{обш} = 0,0053 i^2 + 0,0389 i + 0,0124, \text{ при } R^2 = 0,956; \quad (4.13)$$

- для рисунка 4.11:

$$W = 1,5853 i^{2,0941}, \text{ при } R^2 = 0,950; \quad (4.14)$$

2) при применении мелиоранта-структурообразователя:

- для рисунка 4.8:

$$K_{cm}^{жс} = 0,002 i^2 + 0,045 i - 0,009, \text{ при } R^2 = 0,952; \quad (4.15)$$

- для рисунка 4.9:

$$K_{cm}^{ме} = 0,0003 i^3 - 0,0011 i^2 + 0,0032 i + 0,0079, \text{ при } R^2 = 0,956; \quad (4.16)$$

- для рисунка 4.10:

$$K_{cm}^{обш} = 0,0048 i^2 + 0,0331 i + 0,0112, \text{ при } R^2 = 0,961; \quad (4.17)$$

- для рисунка 4.11:

$$W = 1,3728 i^{2,1005}, \text{ при } R^2 = 0,951. \quad (4.18)$$

Анализируя вышеприведенные графические интерпретации зависимостей (4.11)-(4.18) (рисунки 4.8-4.11), можно сделать вывод о том, что наблюдается снижение стока и, в свою очередь, массы смытой почвы с орошаемого массива. Таким образом, нами установлены зависимости поверхностного стока, в том числе его жидкой и твердой фазы, от уклона орошаемого участка и массы смываемой почвы, которые могут быть использованы при разработке комплекса противоэрозионных мероприятий, а в частности при расчете ущерба от поверхностного стока.

4.3 Результаты исследования влияния поливной нормы на поверхностный сток с орошаемого поля

Размеры эрозии почвы при поливе дождеванием в ходе проведения полевых исследований определялись согласно методике Ю. П. Полякова [92]. Так, рассматривая движение воды, а в частности поверхностный сток, имеем, что он является функцией гидравлического радиуса, шероховатости русла, водопроницаемости почвы, глубины потока и уклона. В свою очередь, видоизменяя каждую составляющую или совокупность их, мы влияем и на поверхностный сток с почвы.

Поливы проводили на орошаемом массиве третьего года использования. Поливы проводили на орошаемом поле поливной нормой $400 \text{ м}^3/\text{га}$ при влажности почвы в пределах 75-80 % полевой влагоемкости. Средний слой осадков после прохода дождевальной машины определялся при помощи дождемеров, установленных вблизи стоковых площадок. Опыты выполнялись в трехкратной повторности. Орошение проводилось дождевальной машиной «Фрегат» кругового действия. Сельскохозяйственная культура – кукуруза на зеленую массу. Полив на первом опытном поле проводился без использования мелиоранта-структурообразователя, на втором – с применением (внесением) мелиоранта-структурообразователя, разработанного в ФГБНУ «РосНИИПМ» с непосредственным участием автора. Величину поверхностного стока определяли на трех площадках на каждом опытном поле. Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Поверхностный сток оросительной воды в среднем за один полив

Год	Условие опыта	Величина поверхностного стока	
		м ³ /га	в процентах от поливной нормы, %
2012	Без применения мелиоранта-структурообразователя	40	9,0
	С применением мелиоранта-структурообразователя	16	4,2
2013	Без применения мелиоранта-структурообразователя	48	9,4
	С применением мелиоранта-структурообразователя	22	4,5
2014	Без применения мелиоранта-структурообразователя	45	10,0
	С применением мелиоранта-структурообразователя	20	4,0

За весь период полевых исследований масса твердого стока при использовании мелиоранта-структурообразователя была сокращена в 2,3 раза

В результате образования поверхностного стока происходит смыв почвы, так называемый – твердый сток, характеризующийся выносом гумуса и питательных элементов из почвы. С помощью переводного коэффициента по номограмме Б. Б. Шумакова [114] нами была определена величина твердого стока. Значения массы твердого стока представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Масса твердого стока

Год исследований	Условия опыта	Масса твердого стока, т/га
2012	Без применения мелиоранта-структурообразователя	0,855
	С применением мелиоранта-структурообразователя	0,325
2013	Без применения мелиоранта-структурообразователя	0,940
	С применением мелиоранта-структурообразователя	0,402
2014	Без применения мелиоранта-структурообразователя	0,998
	С применением мелиоранта-структурообразователя	0,445

Результаты за весь период исследований по выносу питательных элементов твердым стоком из почвы приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Вынос питательных веществ из почвы

Условия опыта	Вынос питательных элементов из почвы, кг/га			
	гумус	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без применения мелиоранта-структурообразователя	490	38	15	163
С применением мелиоранта-структурообразователя	310	25	12	102

Проведя математический анализ экспериментальных данных, нами получены зависимости для определения твердого стока, образующегося при поливе, ко-

торые описывают кривые, представленные на рисунке 4.12:

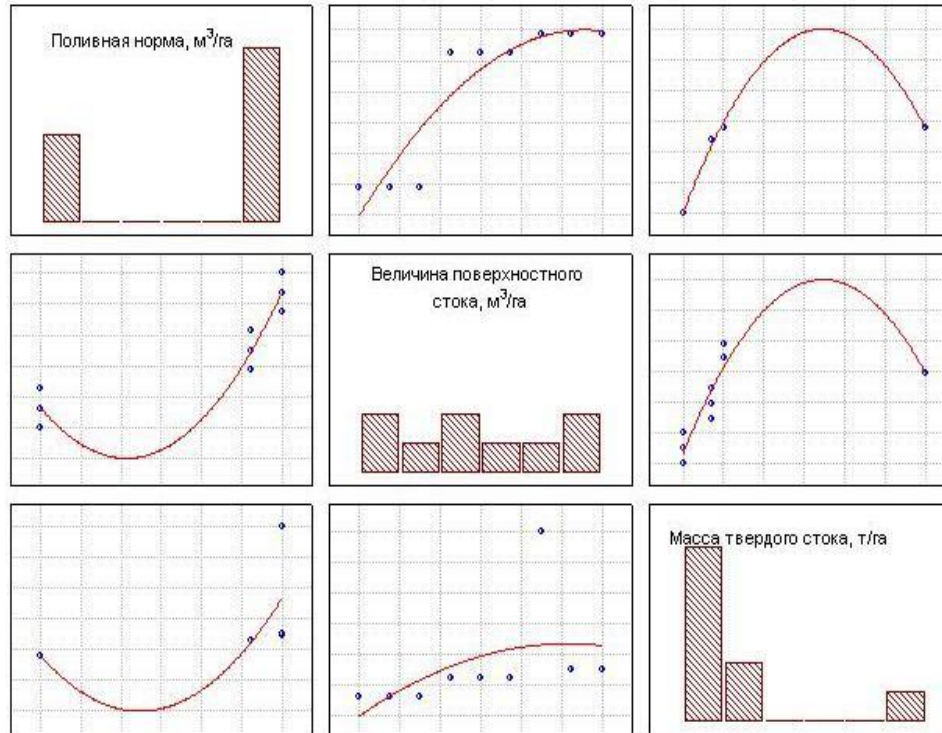


Рисунок 4.12 – Матрица связей анализируемых параметров

- зависимость величины поверхностного стока от поливной нормы:

$$W_{n.c} = f(D_{ir}), r = 0,8698, p = 0,000022; \quad (4.19)$$

$$W_{n.c} = -17,152 + 0,061 D_{ir};$$

- зависимость массы твердого стока от поливной нормы:

$$M = f(D_{ir}), r = 0,4995, p = 0,00001697; \quad (4.20)$$

$$M = -0,6373 + 0,0018 D_{ir};$$

- зависимость массы твердого стока от величины поверхностного стока:

$$M = f(W_{n.c}), r = 0,4641, p = 0,0000002102; \quad (4.21)$$

$$M = -0,027 + 0,0253 W_{n.c},$$

где M – масса твердого стока, т/га;

D_{ir} – поливная норма, м³/га;

$W_{n.c}$ – величина поверхностного стока, м³/га.

На основании статистических расчетов вышеприведенных данных получена зависимость массы твердого стока от величины поверхностного стока и поливной

нормы, графически представленная на рисунке 4.13:

$$M = 0,0017D_{ir} + 0,007 W_{n.c} - 0,5198, \quad (4.22)$$

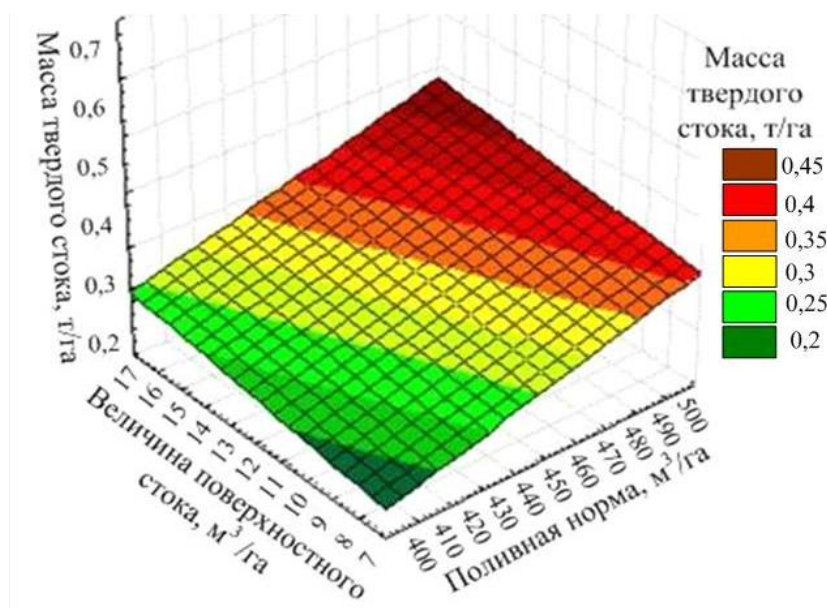


Рисунок 4.13 – Зависимость массы твердого стока от величины поверхностного стока и поливной нормы

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы:

- применение мелиоранта-структурообразователя за весь период исследований, позволило предотвратить вынос гумуса на 218,8 кг/га, элементов питания: азота – 19,5 кг/га, фосфора – 6,4 кг/га, калия – 68,8 кг/га;
- отмечено значительное снижение образование твердого стока при орошении дождеванием.

Выводы по главе

1. Анализ литературных данных и результатов полевых исследований показал, что на развитие ирригационной эрозии оказывают наибольшее влияние такие факторы как уклон поверхности почвы, водопроницаемость почвы и интенсивность искусственного дождя.

2. В результате статистической обработки опытных данных получены ана-

литические зависимости (4.7)-(4.10) и построены спектральные поверхности регрессий, которые отображают связи уклона орошаемого массива, интенсивности искусственного дождя и водопроницаемости почвы с коэффициентом стока. Полученные аналитические зависимости могут быть использованы специалистами в области мелиорации для прогнозирования поверхностного смыва почвы при оценке эффективности применения мелиоранта-структурообразователя в составе комплекса противоэрозионных мероприятий на южных черноземах Нижнего Дона.

3. Применение мелиоранта-структурообразователя позволило улучшить показатели структурного состояния почвы: фактор дисперсности при внесении мелиоранта-структурообразователя в почву снизился на 43,8 %; степень агрегатности почвы увеличилась на 5,1 %; гранулометрический показатель повысился на 7,9 %; фактор структурности повысился на 18,9 %. Анализируя структурное состояние почвы до и после внесения мелиоранта-структурообразователя по критерию водопрочности можно констатировать увеличение на 10,56 % содержания агрономически ценных агрегатов (водопрочных) в почве после внесения мелиоранта-структурообразователя, и, как следствие, переход почвы из неудовлетворительного состояния (31,8 %) в удовлетворительное (42,4 %).

4. Применение мелиоранта-структурообразователя позволило снизить коэффициент стока в зависимости от интенсивности искусственного дождя, уклона и водопроницаемости почвы на 10-15 %. Данное снижение обусловлено тем, что при попадании оросительной воды в почву, смешанную с мелиорантом-структурообразователем, входящая в его состав бентонитовая глина начинает набухать, затем происходит ее облипание терриконовой породой и керамзитовым отсеком, вследствие чего образуется эрозионноустойчивая структура почвы, а известняк-ракушечник играет оструктуривающую и водоудерживающую роль. В результате сочетания всех этих компонентов увеличивается водопроницаемость почвы.

5. Анализ полученных данных по изучению влияния уклона орошаемого массива на поверхностный сток, а в частности его составляющие по фазам – жид-

кий и твердый сток, а также смыва почвы, показал снижение стока и, в свою очередь, массы смытой почвы с орошаемого массива. Полученные аналитические зависимости (4.15)-(4.18) могут быть использованы при расчете ущерба от ирригационной эрозии.

6. За весь период полевых исследований объем поверхностного стока при использовании мелиоранта-структурообразователя был сокращен в 2,3 раза. На основании опытных данных получена зависимость массы твердого стока от величины поверхностного стока и поливной нормы (4.22), которая может быть использована для оперативного определения массы твердого стока и величины поверхностного стока при поливах.

7. Применение мелиоранта-структурообразователя за весь период исследований, позволило предотвратить вынос гумуса на 218,8 кг/га, элементов питания: азота – 19,5 кг/га, фосфора – 6,4 кг/га, калия – 68,8 кг/га, а также снизить образование твердого стока при орошении дождеванием.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЛИОРАНТА-СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЯ

5.1 Ресурсно-экологическая оценка эффективности применения мелиоранта-структурообразователя

Оценка эффективности на биоэнергетической основе по определенной системе показателей дает возможность количественно оценить уровень использования антропогенных и природных ресурсов, их взаимообусловленность и взаимосвязь, определять экологически целесообразные приемы управления процессов создания энергии в форме органического вещества почвогрунтов и фитомассы растений в агроэкосистемах.

Для расчетов нами была использована «Методика ресурсно-экологической оценки...» [65], учитывающая систему показателей:

- показатели энергозатрат на единицу продукции;
- показатели энергетической эффективности;
- показатель интенсивности связывания энергии агроэкосистемой;
- показатели интенсивности поступления энергии в почву и расхода ее на минерализацию;
- показатель направленности воспроизводства почвенного плодородия;
- показатель производительности агроэкосистемы на единицу совокупного энергетического ресурса, включающего энергию ФАР, энергию органического вещества почвы и антропогенную энергию (удобрений, ядохимикатов, топлива, технических средств, семян и т.п.);
- показатели производительности агроэкосистемы на единицу денежных и трудовых затрат.

Проведем биоэнергетическую оценку эффективности технологии производства сельскохозяйственной продукции для двух вариантов:

- без применением мелиоранта-структурообразователя (базовый);
- с применением мелиоранта-структурообразователя (новый).

Определим значения вышеуказанных показателей.

1. Накопленная энергия общей надземной фитомассы:

$$E_{\phi} = E_{\phi 1} + E_{\phi 2} + \dots + E_{\phi m}, \quad (5.1)$$

где $E_{\phi} = E_{on} + E_{mn}$, $E_{on} = Y_1 \cdot Q_1 \cdot C_1 \cdot 100$, $E_{mn} = Y_2 \cdot Q_2 \cdot C_2 \cdot 100$,

где E_{ϕ} – выход энергии надземной фитомассы, МДж/га;

E_{on} – выход энергии основной продукции, МДж/га;

E_{mn} – выход энергии побочной продукции, МДж/га;

Y_1 – урожайность основной продукции, ц/га;

Y_2 – урожайность побочной продукции, ц/га;

Q_1 – энергосодержание основной продукции, МДж/кг;

Q_2 – энергосодержание побочной продукции, МДж/кг;

C_1 – коэффициент пересчета на сухое вещество основной продукции;

C_2 – коэффициент пересчета на сухое вещество побочной продукции.

Количество энергии фитомассы на орошаемом массиве без использования мелиоранта-структурообразователя составляет 137796,12 МДж/кг, а с применением – 191805,21 МДж/кг.

2. Энергия фотосинтетически активной радиации за период вегетации возделываемой культуры (кукуруза на зеленую массу) определяется в зависимости от широты местности, длины периода вегетации, а также рельефа местности.

Поступающую энергию ФАР для сельскохозяйственной культуры рассчитываем по формуле:

$$E_{\text{ФАР}} = \frac{E_{\text{ФАР}_{\text{вп}}} \cdot d}{T_{\text{вп}}} \cdot T_{\text{пв}}, \quad \text{ГДж/га}, \quad (5.2)$$

где $E_{\text{ФАР}_{\text{вп}}}$ – энергия ФАР за вегетационный период (от +5 °С весной до +5 °С осенью) – для Ростовской области на горизонтальную поверхность составляет $120 \text{ ккал/см}^2 = 50250 \text{ ГДж/га}$.

$T_{ВП}$ – вегетационный период (дни) – для Ростовской области составляет 190 дней.

Для склонов западной и восточной экспозиции с углом наклона до 5° суммы радиации практически равны суммам радиации на горизонтальную поверхность, поэтому принимаем коэффициент $d = 1$.

Следовательно, как для базового варианта, так и для нового варианта $E_{ФАР} = 302822,4$ ГДж/га.

3. Энергопотенциал почвы ($E_{ОВП}$) – это произведение запасов органического вещества и его энергосодержания:

$$E_{ОВП} = Z_G \cdot Q_5. \quad (5.3)$$

Запасы гумуса в слое 0-25 см рассчитываются по формуле:

$$Z_G = 25 \cdot \Gamma \cdot V. \quad (5.4)$$

Почвы исследуемого орошаемого участка ООО «Агропредприятие «Бессергеевское» представлены черноземами южными, плотностью (V) $1,2 \text{ г/см}^3$, с энергосодержанием органического вещества почвы (Q_5) $23,045 \text{ ГДж/т}$. Соответственно имеем: $E_{ОВП}^{\bar{b}} = 1520,97 \text{ ГДж/га}$ и $E_{ОВП}^{\bar{h}} = 2004,92 \text{ ГДж/га}$.

Так потери гумуса без применения мелиоранта-структурообразователя составили - $135,07 \text{ кг/га}$, а при использовании мелиоранта-структурообразователя – $62,13 \text{ кг/га}$. С учетом на весь объем внедрения за 1 год сохранено – $319,3 \text{ ГДж/год}$. В денежном эквиваленте (в ценах 2014 г.) сумма сохраненного гумуса составит $26635,2 \text{ руб./год}$.

Определение изменения энергии в почве за оцениваемый период проводится по следующей зависимости:

$$\pm \Delta E_{П} = (E_{ПО} + E_{КО}) - E_{МГ}, \quad (5.5)$$

где $E_{ПО} + E_{КО}$ – энергия пожнивных и корневых остатков, МДж/га.

Энергию пожнивных и корневых остатков определяем по формулам:

$$E_{ПО} + E_{КО} = 100(Y_3 \cdot Q_3 \cdot C_3 + Y_4 \cdot Q_4 \cdot C_4). \quad (5.6)$$

Так для базового варианта – $E_{ПО} + E_{КО} = 63641,58$ МДж/га, для нового варианта – $E_{ПО} + E_{КО} = 68992,69$ МДж/га.

$E_{МГ}$ – произведение энергопотенциала почвы и коэффициента минерализации гумуса $K_{МГ}$ под сельскохозяйственной культурой:

$$E_{МГ} = E_{ОВП} \cdot K_{МГ} \cdot 1000. \quad (5.7)$$

Тогда для базового варианта имеем $E_{МГ}^{\delta} = 21293,58$ МДж/га, а для нового варианта – $E_{МГ}^{\delta} = 28068,88$ МДж/га.

Следовательно, изменение энергопотенциала почвы составит для базового варианта $\pm \Delta E_{П}^{\delta} = 42348$ МДж/га, а для нового – $\pm \Delta E_{П}^{\delta} = 40923,81$ МДж/га.

4. Определение изменения энергии подвижных питательных веществ за оцениваемый период ($\pm \Delta E_{МЭП}$).

Изменение энергопотенциала минеральных элементов питания:

$$E_{МЭП} = \frac{Z_N Q_N + Z_P Q_P + Z_K Q_K}{1000}. \quad (5.8)$$

Запасы подвижных питательных веществ равны произведению содержания их на глубину пахотного слоя и объемный вес:

$$Z_{N,P,K} = W_{N,P,K} \cdot V \cdot 25. \quad (5.9)$$

Плотность почвы $1,2$ г/см³ и глубина пахотного слоя 25 см.

Содержание подвижных питательных веществ на начало периода как при базовом варианте, так и при новом составила: нитратного азота – $3,16$ мг на 100 г почвы, аммиачного азота – $3,51$ мг на 100 г почвы, подвижного фосфора – 19 мг на 100 г почвы и обменного калия – 39 мг на 100 г почвы.

Разница в содержании подвижных питательных веществ в начале и в конце

периода при базовом варианте составила: нитратного азота – -0,35, аммиачного азота – +0,67, подвижного фосфора – -0,2 и обменного калия – +0,8 мг на 100 г почвы.

Отсюда изменение энергopotенциала минеральных элементов для базового варианта:

$$N - NO_3 \rightarrow -0,35 \cdot 25 \cdot 1,2 \cdot 86,8 = -911,4 \text{ МДж/га};$$

$$N - NH_4 \rightarrow 0,67 \cdot 25 \cdot 1,2 \cdot 86,8 = 1744,68 \text{ МДж/га};$$

$$P \rightarrow -0,2 \cdot 25 \cdot 1,2 \cdot 12,6 = -75,6 \text{ МДж/га};$$

$$K \rightarrow 0,8 \cdot 25 \cdot 1,2 \cdot 8,3 = 199,2 \text{ МДж/га};$$

$$\text{Итого: } \pm E_{MЭП}^{\sigma} = 957 \text{ МДж/га.}$$

Энергия минеральных элементов питания на начало периода:

$$N - NO_3 \rightarrow 3,16 \cdot 25 \cdot 1,2 \cdot 86,8 = 8228,64 \text{ МДж/га};$$

$$N - NH_4 \rightarrow 3,51 \cdot 25 \cdot 1,2 \cdot 86,8 = 9140,04 \text{ МДж/га};$$

$$P \rightarrow 19 \cdot 25 \cdot 1,2 \cdot 12,6 = 7182 \text{ МДж/га};$$

$$K \rightarrow 39 \cdot 25 \cdot 1,2 \cdot 8,3 = 9711 \text{ МДж/га};$$

$$\text{Итого: } E_{MЭП} = 34261,68 \text{ МДж/га.}$$

Разница в содержании подвижных питательных веществ в начале и в конце периода при новом варианте составила: нитратного азота – -0,18, аммиачного азота – +1,02, подвижного фосфора – -0,07 и обменного калия – +1,03 мг на 100 г почвы.

Отсюда изменение энергopotенциала минеральных элементов питания для нового варианта:

$$N - NO_3 \rightarrow -0,18 \cdot 25 \cdot 1,2 \cdot 86,8 = -468,7 \text{ МДж/га};$$

$$N - NH_4 \rightarrow 1,02 \cdot 25 \cdot 1,2 \cdot 86,8 = 2656,08 \text{ МДж/га};$$

$$P \rightarrow -0,07 \cdot 25 \cdot 1,2 \cdot 12,6 = -26,46 \text{ МДж/га};$$

$$K \rightarrow 1,03 \cdot 25 \cdot 1,2 \cdot 8,3 = 256,47 \text{ МДж/га};$$

$$\text{Итого: } \pm E_{MЭП}^h = 2417,4 \text{ МДж/га.}$$

5. Расчет затрат совокупной (E_A) и невозобновляемой антропогенной энер-

гии ($E_{АНЭ}$).

Так совокупные энергетические затраты для базового варианта составили – $E_A^{\bar{o}} = 66523,7$ МДж/га, а для нового варианта – $E_A^{\bar{o}} = 66612,7$ МДж/га

Невозобновляемая антропогенная энергия для базового варианта составили – $E_{АНЭ}^{\bar{o}} = 62797,95$ МДж/га, а для нового варианта – $E_{АНЭ}^{\bar{h}} = 62886,95$ МДж/га

6. Определение денежных и трудовых затрат

Денежные Z_A и трудовые Z_T затраты определены по технологическим картам.

Для наших условий $Z_A^{\bar{o}} = 21,65$ тыс. руб./га и $Z_A^{\bar{h}} = 25,92$ тыс. руб./га. Затраты труда соответственно составляют: 126,24 и 142,26 чел.-ч.

7. Энергетические показатели.

7.1 Энергоемкость производства сельскохозяйственной продукции определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{E_{АНЭ}}{Y_1}. \quad (5.10)$$

Энергоемкость производства сельскохозяйственной продукции составит для базового варианта $\mathcal{E} = 288,06$ МДж/ц, для нового варианта – $\mathcal{E} = 245,65$ МДж/ц.

7.2 Энергетическая эффективность производства сельскохозяйственной продукции определяется по формуле:

$$\mathcal{E}\mathcal{E} = \frac{E_{\Phi}}{E_{АНЭ}}. \quad (5.11)$$

Так для базового варианта имеем $\mathcal{E}\mathcal{E}^{\bar{o}} = 2,19$ ед., что является низкой энергетической эффективностью, а для нового варианта – $\mathcal{E}\mathcal{E}^{\bar{h}} = 3,05$ ед., что в свою очередь говорит о средней энергетической эффективности.

8. Биоэнергетические показатели.

8.1 Биоэнергопроизводительность агроэкосистемы I_1 :

$$I_1 = \frac{E_{\phi} \pm \Delta E_{\Pi} \pm \Delta E_{MЭП}}{T_{ВП}}. \quad (5.12)$$

Так для базового варианта имеем $I_1^{\phi} = 953,16$ ГДж/га, а для нового – $I_1^h = 1237,61$ ГДж/га.

8.2 Производительность агроэкосистемы на единицу совокупного энергетического ресурса K_{OC} определяем по формуле:

$$K_{OC} = \frac{E_{\phi} \pm \Delta E_{\Pi} \pm \Delta E_{MЭП}}{(E_{\phi AP_{ВП}} + E_{ОВП} + E_A + E_{MЭП})T_{ВП}}. \quad (5.13)$$

Производительность агроэкосистемы при базовом варианте составляет $K_{OC}^{\phi} = 18$ КДж-день/ГДж, а для нового варианта – $K_{OC}^h = 24$ КДж-день/ГДж.

Определим t – показатель степени совершенства агроэкосистемы:

$$t = \frac{K_{OC}}{K_{ЭС}}. \quad (5.14)$$

Таким образом, имеем для базового варианта – $t^{\phi} = 0,087$ и для нового – $t^h = 0,117$.

Чем ближе коэффициент t к единице, тем совершеннее агроэкосистема с точки зрения использования природных и антропогенных ресурсов.

9. Эколого-экономические показатели.

9.1 Производительность агроэкосистемы на единицу денежных затрат определяем по формуле:

$$\Pi = \frac{E_{\phi} \pm \Delta E_{\Pi}}{Z_A \cdot T_{ПВ}}. \quad (5.15)$$

Получаем для базового варианта – $\Pi^{\phi} = 69$ КДж-день/руб., для нового варианта – $\Pi^h = 74$ КДж-день/руб.

9.2 Производительность агроэкосистемы на единицу трудовых затрат:

$$P = \frac{E_{\phi} \pm \Delta E_{II}}{3_T \cdot T_{PB}}. \quad (5.16)$$

На основании математических расчетов имеем для базового варианта – $P^{\phi} = 11,89$ МДж-день/чел.-час, для нового варианта – $P^H = 13,63$ МДж-день/чел.-час.

Проведя соответствующие расчеты, получили, что для базового варианта $P = 28,7$ МДж-день/чел.-час, а для нового варианта – $30,2$ МДж-день/чел.-час.

Данные проведенных выше расчетов сведем в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты биоэнергетической оценки

№	Показатели	Базовый вариант (без применения мелиоранта-структурообразователя)	Новый вариант (с применения мелиоранта-структурообразователя)
Исходные показатели			
1	Количество энергии надземной фитомассы, МДж/га	137796,12	191805,21
2	Количество энергии ФАР за период вегетации, ГДж/га	302822,40	302822,40
3	Изменение энергопотенциала, МДж/га	42348,00	40923,81
Результаты биоэнергетической оценки			
1	Производительность агроэкосистемы на единицу совокупного энергетического ресурса, МДж-день/ГДж	0,018	0,024
2	Производительность агроэкосистемы на единицу денежных затрат, МДж-день/руб.	0,069	0,074
3	Производительность агроэкосистемы на единицу трудовых затрат, МДж-день/чел.-час	11,89	13,63
4	Энергетическая эффективность агроэкосистемы	2,19	3,05

Энергетическая оценка эффективности применения мелиоранта-структурообразователя показала, что наибольшее количество энергии в основной и побочной продукции накапливается в варианте с применением мелиоранта-структурообразователя. Комплексная энергетическая оценка севооборотов показала, что при применении мелиоранта-структурообразователя производительность агроэкосистемы на единицу совокупного энергетического ресурса увеличивается

на 33 %, энергетическая производительность агроэкосистемы на единицу денежных затрат увеличивается на 7,2 %, энергетическая производительность агроэкосистемы на единицу трудовых затрат увеличивается на 14,6 % по сравнению с вариантом без применения мелиоранта-структурообразователя. Вследствие чего, энергетическая эффективность агроэкосистемы переходит из разряда низкой (2,19 ед.) в среднюю (3,05 ед.), что говорит о целесообразности и высокой эффективности применения мелиоранта-структурообразователя.

5.2 Расчет годового экономического эффекта от внедрения мелиоранта-структурообразователя

При оценке экономической эффективности применения мелиоранта-структурообразователя применялись положения «Методики...» [63].

Годовой экономический эффект от внедрения производится по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = [(C_2 - Z_2) - (C_1 - Z_1)] \cdot A, \quad (5.17)$$

где \mathcal{E}_2 – годовое экономическое действие, тыс. руб.;

C_1 – стоимость валовой продукции варианта без применения мелиоранта-структурообразователя, тыс. руб./га;

C_2 – стоимость валовой продукции варианта с применением мелиоранта-структурообразователя, тыс. руб./га;

Z_1 – затраты на производство продукции варианта без применения мелиоранта-структурообразователя, тыс. руб./га;

Z_2 – затраты на производство продукции варианта с применением мелиоранта-структурообразователя, тыс. руб./га;

A – объем внедрения, га.

Стоимость валовой продукции и затраты на возделывание сельскохозяйственной культуры, рассчитанные по разработанным технологическим картам

ООО «Агропредприятие «Бессергеновское», приведены в ценах по состоянию на 01.10.2014 г. (приложения Д-Е).

Результаты расчетов сведены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Экономическая эффективность противоэрозионных мероприятий (культура – кукуруза на зеленую массу)

Показатель	Ед. изм.	Без применения мелиоранта-структурообразователя	С применением мелиоранта-структурообразователя
Площадь культуры	га	190,0	190,0
Урожайность	ц/га	218,0	256,0
Стоимость валовой продукции	тыс. руб./га	30,00	35,23
Производственные затраты	тыс. руб./га	21,66	25,92
Экономический эффект на 1 га руб.			961,58
Годовой экономический эффект тыс. руб.			182,70

Анализируя полученные результаты, имеем годовой экономический эффект в размере 182,7 тыс. руб., который образуется за счет повышения урожайности сельскохозяйственной культуры вследствие улучшения водно-воздушных свойств почвы и благоприятного воздействия противоэрозионного мероприятия (внесения мелиоранта-структурообразователя) на развитие растений по фазам, а также снижения смыва почвы и выноса питательных веществ.

5.3 Рекомендации производству

На орошаемых полях Ростовской области с уклонами более 0,02, представленными южными черноземами, для снижения эрозионных процессов и смыва почв поверхностным стоком при орошении дождеванием применять предложенный состав мелиоранта-структурообразователя. Доза мелиоранта-структурообразователя составляет 4800 кг/га, соответственно дозы компонентов составят: бентонитовой глины – 1440 кг, керамзитового отсева – 240 кг, известняка-ракушечника – 2640 кг, терриконовой породы – 480 кг.

Мелиорант-структурообразователь рекомендуется вносить перед началом

вегетационного периода в пахотный слой один раз в три года.

Выводы по главе

1. В результате проведенной ресурсно-экологической оценки эффективности применения мелиоранта-структурообразователя получено:

- увеличение производительности агроэкосистемы на единицу совокупного энергетического на 33,3 %, что составило 0,024 МДж-день/ГДж;

- увеличение производительности агроэкосистемы на единицу денежных затрат на 7,2 %, что составило 0,074 МДж-день/руб.;

- увеличение производительности агроэкосистемы на единицу трудовых затрат на 14,6 %, что составило 13,63 МДж-день/чел.-час;

- увеличение энергетической эффективности агроэкосистемы при применении мелиоранта-структурообразователя на 39,27 %, что составило 3,05, что констатирует среднюю эффективность в сравнении с вариантом без применения мелиоранта-структурообразователя – низкой.

2. Экономический эффект на 1 га и годовой экономический эффект от применения мелиоранта-структурообразователя в ООО «Агропредприятие «Бессергеевское» Октябрьского района составили соответственно 961,58 руб./га и 182,7 тыс. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ источников показывает, что основными факторами, влияющими на развитие ирригационной эрозии при орошении дождеванием черноземов, являются интенсивность искусственного дождя, уклон орошаемого массива и водопроницаемость почвы. Снижение ущерба возможно за счет применения недорогих и эффективных мелиорантов-структурообразователей на основе местных материалов, обладающих оструктуривающими свойствами.

2. В результате проведенных лабораторно-полевых исследований построены экспериментально-статистические модели рецептурно-технологических решений компонентов мелиоранта-структурообразователя. Подобран состав нового мелиоранта-структурообразователя: бентонитовая глина – 30 %, керамзитовый отсев – 5 %, известняк-ракушечник – 55 %, терриконовая порода – 10 %. Оптимальные дозы компонента мелиоранта-структурообразователя составляют при общей норме внесения 4800 кг/га: 1440 кг/га бентонитовой глины, 240 кг/га керамзитового отсева, 2640 кг/га известняка-ракушечника, 480 кг/га терриконовой породы.

3. Применение мелиоранта-структурообразователя позволило улучшить показатели структурного состояния почвы: фактор дисперсности при внесении мелиоранта-структурообразователя в почву снизился на 43,8 %; степень агрегатности почвы увеличилась на 5,1 %; гранулометрический показатель повысился на 7,9 %; фактор структурности повысился на 18,9 %. Анализируя структурное состояние почвы до и после внесения мелиоранта-структурообразователя по критерию водопрочности можно констатировать увеличение на 10,6 % содержания агрономически ценных агрегатов (водопрочных) в почве после внесения мелиоранта-структурообразователя, и, как следствие, переход почвы из неудовлетворительного состояния (31,8 %) в удовлетворительное (42,4 %).

4. Использование мелиоранта-структурообразователя при орошении сельскохозяйственных культур (кукуруза на зеленую массу), в зависимости от интенсивности искусственного дождя, уклона орошаемого массива и водопроницаемости почвы, как наиболее влияющих факторов на развитие ирригационной эрозии, позволило снизить коэффициент стока на 10-15 %.

5. Применение мелиоранта-структурообразователя за весь период исследований, позволило предотвратить вынос гумуса на 218,8 кг/га, элементов питания: азота – 19,5 кг/га, фосфора – 6,4 кг/га, калия – 68,8 кг/га, а также снизить образование твердого стока при орошении дождеванием на 10-15%.

6. Годовой экономический эффект от применения мелиоранта-

структурообразователя составляет 961,58 руб./га. Ресурсно-экологическая оценка эффективности применения мелиоранта-структурообразователя показала предотвращение потери гумуса в размере 319,3 ГДж/год и увеличение энергетической эффективности агроэкосистемы на 39,27 %.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

При орошении дождеванием сельскохозяйственной культуры (кукурузы на зеленую массу) на южных черноземах Нижнего Дона рекомендуется применять предложенный состав мелиоранта-структурообразователя в дозе – 4800 кг/га, соответственно дозы компонентов составят: бентонитовой глины – 1440 кг, керамзитового отсева – 240 кг, известняка-ракушечника – 2640 кг, терриконовой породы – 480 кг.

Мелиорант-структурообразователь рекомендуется вносить перед началом вегетационного периода в пахотный слой один раз в три года на черноземах южных степной зоны Нижнего Дона.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

- уточнить влияние разработанного состава мелиоранта-структурообразователя на водно-физические свойства различных типов почв Ростовской области;

- определить (установить) величины оптимальных эрозионно-допустимых поливных норм при применении мелиоранта-структурообразователя для различных типов почв Ростовской области;

- определить влияние химических элементов входящих в состав мелиоранта-структурообразователя в следствии накопления на качество выращиваемой продукции в следствии их накопления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Агеев, В. Н. Экологические аспекты плодородия почв Ростовской области / В. Н. Агеев, В. Ф. Вальков [и др.]. – Ростов-н/Д: СКНЦ ВШ, 1996. – 168 с.
- 2 Акопов, Е. С. Эрозия почвы при орошении и меры борьбы с ней / Е. С. Акопов. – Ереван, 1963. – 137 с.
- 3 Алиев, Т. А. Методика оценки экологической надежности оросительных систем / Т. А. Алиев, Л. Н. Картвелишвили, В. А. Титов // Гидротехническое строительство. – 1993. – № 6. – С. 32-38.
- 4 Алиев, Я. Д. Экономические механизмы природопользования (зарубежный опыт) / Я. Д. Алиев, Н. Н. Бурцева // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Обзорная информация. – М.: РГАСНТИ, 1991. – № 10. – 48 с.
- 5 Балакай, Г. Т. Регулирование величины водной эрозии поверхностным покровом / Г. Т. Балакай, Д. А. Шевченко // Проблемы производства продукции растениеводства на мелиорируемых землях: сб. науч. тр. / СтавГАУ. – Ставрополь: АГ-РУС, 2005. – С. 204-205.
- 6 Балакай, Г. Т. Регулирование величины водной эрозии поверхностным покровом / Г. Т. Балакай, Д. А. Шевченко // Проблемы производства продукции растениеводства на мелиорируемых землях: сб. науч. тр. / СтавГАУ. Ставрополь: АГ-РУС, 2005. – С. 144-146.
- 7 Барабанов, А. Т. Агролесомелиорация в почвозащитном земледелии / А. Т. Барабанов. – Волгоград, 1993. – 155 с.
- 8 Батюк, В. П. Применение полимеров и поверхностно-активных веществ в почвах / В. П. Батюк // «Наука». – М. 1978. – 242 с.
- 9 Баучидзе, В. М. Пути совершенствования способов орошения и техники полива в горных и предгорных условиях на примере Грузинской ССР / В. М. Баучидзе. // Тезисы докладов отделения ВАСХНИЛ по проблеме «Горное земледелие СССР». – Тбилиси-Батуми, 1972. – С. 115-125.
- 10 Безднина, С. Я. Экологическое водопользование / С. Я. Безднина. –

М.: ВНИИА, 2004. – 222 с.

11 Безднина, С. Я. Экологические основы водопользования / С. Я. Безднина. – М.: ВНИИА, 2005. – 224 с.

12 Бобылев, С. Н. Эффективность природоохранных мероприятий / С. Н. Бобылев. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 187с.

13 Богачев, В. Н. Природные ресурсы составная часть общественного богатства / В. Н. Богачев // Оптимизация природопользования: сб. науч. тр. – М.: Знание, 1987. – 48 с.

14 Болдырев, А. П. О допустимой интенсивности искусственного дождя на тяжелосуглинистых склоновых почвах южного Приднестровья / А. П. Болдырев // Орошаемое земледелие и овощеводство. Тезисы докладов. – Кишинев, 1972. – С. 55-56.

15 Бондаренко, Ю. В. Закономерности формирования дождевого стока и эрозии в зоне южных черноземов приволжской возвышенности / Ю. В. Бондаренко, Б. В. Фисенко., В. В. Афонин // Основы рационального природопользования. Сборник научных работ к 30-летию кафедры геодезии, гидрологии и гидрогеологии. – Саратов, 2005. – С. 11-18.

16 Бондаренко, Ю. В. Исследование почвозащитных свойств агрофонов при проектировании противоэрозионных рубежей на южных черноземах Нижнего Поволжья / Ю. В. Бондаренко, А. А. Ткачев // Системные исследования природно-техногенных комплексов Нижнего Поволжья. – Саратов, 2007. – С. 13-18.

17 Борьба с водной эрозией почв на Северном Кавказе. – Ростов-н/Д: Изд-во Ростовского университета, 1977. – 126 с.

18 Вадюнин, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнин, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

19 Ванин, Д. Е. Распространение и интенсивность эрозии / Д. Е. Ванин, А. Г. Рожков, Е. В. Грызлов // Эрозия почв и борьба с ней / Под ред. акад. ВАСХНИЛ В. Д. Панникова. – М.: Колос, 1980.

20 Вершинин, П. В. Почвенная структура и условия ее формирования / П. В. Вершинин. – М: Изд. АН СССР, 1958. – 209 с.

21 Влияние стока талых вод на водную эрозию почвы: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ»; редкол.: Г. Т. Балакай, [и др.]. – Новочеркасск, 2005. – С. 190-193.

22 Голуб, А. А. Экономика природопользования / А. А. Голуб, Е. Б. Струнова. – М.: Аспект пресс, 1995. – 246 с.

23 ГОСТ ISO 11545. Оборудование сельскохозяйственное оросительное. Машины кругового и поступательного действия с дождевальными аппаратами или распылителями. – Введ. 2008-01-01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 21 с.

24 Государственный доклад «О состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: mcx.ru/documents/file_document/v7_show/25792.133.htm.

25 Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации 2014» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1756>.

26 Глейзер, Б. А. К методике определения основных параметров оросительных систем в зоне неустойчивого увлажнения / Б. А. Глейзер // Гидротехника и мелиорация. – 1974. – № 9. – С. 36-39.

27 Гниненко, В. И. Агроэкономическое обоснование режима орошения сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе / В. И. Гниненко // Учебное пособие: НИМИ. – Новочеркасск, 1985. – 68 с.

28 Григоров, М. С. Режимы мелиоративных агросистем / М. С. Григоров, А. Ю. Черемсинов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – № 2. – С. 28-33.

29 Гудзон, Н. В. Охрана и борьба с эрозией / Н. В. Гудзон. – М.: Колос, 1987.

30 Гусак, В. Б. Ирригационная эрозия на равнинах Средней Азии / В. Б. Гусак. – Узбекистан, Ташкент, 1968.

31 Гусак, В. Б. Некоторые наблюдения эрозии почв в пограничном слое / В. Б. Гусак // Почвоведение. – 1958. – № 7. – С. 23-28.

32 Данилов-Данильян, В. И. Окружающая среда между прошлым и будущим / В. И. Данилов-Данильян, В. Г. Горшков // Мир и Россия (опыт эколого-

экономического анализа). – М.: ВИНТИ, 1994. – 133 с.

33 Данильченко, Н. В. Нормативы сезонной нагрузки, выработки, загрузки, потребности в поливных машинах и передвижных насосных станциях / Н. В. Данильченко. – М.: НИПиН при Госплане СССР, 1980.

34 Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке / Н. Джонсон, Ф. Лион. – М.: Мир, 1981. – Т. 1-2. – 520 с.

35 Дзяевич, И. А. Предотвращение водной эрозии и борьба с нею на орошаемых землях / И. А. Дзяевич // Гидротехника и мелиорация. – № 9. – 1970.

36 Доклад Государственного Комитета РФ по земельным ресурсам и землеустройству. – Псков, 2000. – 68 с.

37 Доклад «О состоянии и использовании земель в Ростовской области в 2014 году», Ростов-на-Дону, 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kadastrdon.ru/news/news_post/01-04-2015-opublikovan-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rostovskoy-oblasti-v-2014-godu.

38 Ерхов, Н. С. Методика экспериментального исследования безнапорного впитывания воды в почву при поливе дождеванием / Н. С. Ерхов // Труды ВНИИ-ГиМ – М., 1972. – С. 41-47.

39 Жарова, К. А. Техника полива на больших уклонах Чуйской долины / К. А. Жарова. – Фрунзе, 1961.

40 Заславский, М. Н. Вопросы классификации и терминологии противоэрозионных мероприятий / М. Н. Заславский // Почвоведение. – 1974. – № 4. – С. 25-32.

41 Заславский, М. Н. Эрозия почв и земледелие на склонах / М. Н. Заславский // Карта Молдовеняске. – Кишинев, 1955. – 290 с.

42 Ивонин, В. М. Агромелиорации водосборов / В. М. Ивонин. – Новочеркасск, 1993. – 200 с.

43 Израэльсон, О. У. Теория и практика ирригации / О. У. Израэльсон – М.: Изд-во иностранной литературы, 1956.

44 Калиниченко, В. П. Природные и антропогенные факторы происхождения и эволюции структуры почвенного покрова / В. П. Калиниченко. – М.:

МСХА, 2003. – 376 с.

45 Каштанов, А. Н. Защита почв от ветровой и водной эрозии / А. Н. Каштанов. – М.: Россельхозиздат, 1974. – 130 с.

46 Каштанов, А. Н. Основы ландшафтно-экологического земледелия / А. Н. Каштанов, Г. И. Швобс. – М.: Колос, 1994. – 127 с.

47 Качинский Н. А. Физика почвы / А. Н. Качинский. – М: Издательство «Высшая школа». – 1965. – 321 с.

48 Каштанов, А. Н. Почвоводоохранное земледелие / А. Н. Каштанов, М. Н. Заславский. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 462 с.

49 Кирейчева, Л. В. Агромелиоративные мероприятия по реабилитации черноземов, загрязненных тяжелыми металлами / Л. В. Кирейчева, Ю. А. Мажайский, А. В. Ильинский // Научные технологии в мелиорации – М.: ВНИИА, 2005. – С. 38-41.

50 Кирейчева, Л. В. Концепция создания устойчивых мелиоративных ландшафтов / Л. В. Кирейчева // Вестник РАСХН. – 1997. – № 5. – С. 51-55.

51 Концепция государственной политики устойчивого водопользования в Российской Федерации (Проект). – М.: Мелиорация и водное хозяйство, 1998. – 56 с.

52 Кравчук, А. В. Влияние орошения на прочность почвенной структуры / А. В. Кравчук, Е. В. Аржанухина. // Основы рационального природопользования. Саратов, 1999. – С. 145-148.

53 Крицкий, С. Н. Гидрологические основы управления речным стоком / С. Н. Крицкий, М. Ф. Менкель. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 220 с.

54 Кружилин, И. П. Ландшафтный метод освоения орошаемых земель в засушливой зоне / И. П. Кружилин // Ландшафтный подход мелиорации и вопросам землеустройства: сб. ст. – М.: РАСХН, ВНИИМЗ, 1994. – С. 34.

55 Кружилин, И. П. Ландшафтные требования к орошению земель в засушливой зоне / И. П. Кружилин : сб. науч. тр. / ВНИИОЗ. – Волгоград, 1994. – С. 3-13.

56 Кузнецов, М. С. Эрозия и охрана почв / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов –

М.: Изд-во Московского университета, 1996. – 335 с.

57 Лебедев, В. В. Защитное лесоразведение на орошаемых землях / В. В. Лебедев // Защитное лесоразведение. – Волгоград, 1962. – 210 с.

58 Литвин, Л. Ф. Почвенно-эрозионная миграция биогенов и загрязнение поверхностных вод / Л. Ф. Литвин, З. П. Кирюхина // Эрозия почв и русловые процессы. – 2003. – № 14. – С. 45-63.

59 Лихацевич, А. П. Совершенствование управления водным режимом при орошении дождеванием на базе информационных технологий / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, К. А. Шуин. – Минск: БелНИИМиЛ, 2002. – 245 с.

60 Мандер, Ю. Эталонные мелиоративные объекты – стандарты охраны с.-х. ландшафтов / Ю. Мандер // Вопросы ухода за ландшафтом природоохранного назначения в СССР. – Тарту, 1988. – С. 56-67.

61 Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 439 с.

62 Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники: под ред. Н. Т. Тяпкин – Москва, 1998. – Ч. 1. – 224 с.

63 Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / нормативно справочный материал: под ред. Н. Т. Тяпкин. – Москва, 1998. – Ч. 2. – 251 с.

64 Методика по организации и ведению мониторинга орошаемых земель: под ред. Скуратова Н. С. – Новочеркасск: НГМА, 2000. – 51 с. – С. 34-37.

65 Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе / ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. – Курск, 1999. – 47 с.

66 Методические указания по определению водной эрозии. – М.: Колос, 1975. – 35 с.

67 Мирцхулава, Ц. Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии / Ц. Е. Мирцхулава. – М.: Колос. 1970. – 350 с.

68 Нозадзе, Л. Р. Влияние искусственного дождя на развитие ирригационной эрозии южных черноземов / Л. Р. Нозадзе, А. В. Акопян, В. В. Слабунов //

East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. – Vienna, 2014. – S. 139-143.

69 Нозадзе, Л. Р. Влияние применения мелиоранта-структурообразователя на почву при орошении дождеванием / Л. Р. Нозадзе, В. В. Слабунов // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн. / Кубанский гос. аграрн. ун-т. – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – № 106(02). – 11 с. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/02/pdf/20.pdf>.

70 Нозадзе, Л. Р. К вопросу повышения плодородия почв с помощью мелиорантов-структурообразователей / Л. Р. Нозадзе // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2014. – № 1(33). – С. 96-100.

71 Нозадзе, Л. Р. Подбор оптимального состава композиции из структурообразующих материалов для борьбы с ирригационной эрозией / Л. Р. Нозадзе // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн. / Кубанский гос. аграрн. ун-т. – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 97(03). – 15 с. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/24.pdf>

72 Нозадзе, Л. Р. Результаты исследований формирования твердого стока при поливе дождеванием склоновых участков, представленных южными черноземами / Л. Р. Нозадзе // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 48. – Новочеркасск: Лик, 2012. – С. 78-84.

73 Ольгаренко, В. И. Современная концепция эксплуатации оросительных систем / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – М., 1999. – № 2. – С. 21-22.

74 О проблеме загрязнения водных экосистем поверхностным стоком: сб. науч. тр. ВНИИГиМ / В. Е. Райнин, Л. Б. Зими́на-Шалдыбина, П. Ю. Лазич – М.: ВНИИГиМ, 1995. – Т. 88. – С. 5-11.

75 Отверченко, Н. К. Гидротехнические сооружения в системе водоохраных мероприятий на малых реках / Н. К. Отверченко, В. С. Лапшенков, М. М. Мордвинцев // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – № 6. – С. 25-26.

76 Охрана окружающей среды в Российской Федерации: Стат. сборник [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139919459344.

77 Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в СССР: Стат. сборник. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 174 с.

78 Парахин, Н. В. Экологическая устойчивость и эффективность растениеводства. – М.: Колос, 2002. – 199 с.

79 Пат. 2430952 Российская федерация, МПК (51) С 09 К 17/14. Композиция из влагосорбентов для защиты почв от водной эрозии / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Митяева Л. А., Пацера А. А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации». – № 2010105352/05; заявл. 15.02.2010; опубл. 15.02.2010. – 6 с.

80 Пат. 2537178 Российская Федерация, МПК(7) С 09 К. Композиция из структурообразующих материалов / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Нозадзе Л. Р., Акопян А. В., Слабунов В. В., Власов М. В.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «РосНИИПМ». – № 2013102253/05; заявл. 17.01.2013; опубл. 27.12.2014, Бюл. № 36. – 6 с.

81 Пат. 1253983 Российская федерация, МПК (51) С 09 К 17/00. Состав для мелиорации пустынно-степных солонцовых почв / Жансугуров А., Оспанов Х. К., Минашина Н. Г., Ровенский И. С., Рамазанов Ж. Р., Егель В. А., Артеменко Г. В.; заявитель и патентообладатель Казахский государственный университет им С. М. Кирова. – № 3846260; заявл. 20.01.1985; опубл. 30.08.1986. – 2 с.

82 Пат. 2267514 Российская федерация, МПК (51) С 09 К 17/40. Способ защиты грунтов от эрозии / Медко В. В., Чеверов В. Г.; заявитель и патентообладатель Чеверов Виктор Григорьевич. – № 2005102728/12; заявл. 04.02.2005; опубл. 10.01.2006. – 4 с.

83 Пат. 192405 Российская федерация, МПК (51) С 08 F 120/56, С 08 F 2/16. Способ получения композиции на основе полиакриламида / Школьник Я. Ш., Домбровский А. В., Школьник Р. С.; заявитель и патентообладатель Я. Ш. Школьник, А. В. Домбровский, Р. С. Школьник – № 909658/23-5; заявл.

01.12.1964; опублик. 03.11.1967, Бюл. № 5. – 2 с.

84 Петин, Н. С. Современное состояние и пути дальнейшего развития научно-исследовательских работ по орошению и теории водного режима сельскохозяйственных растений Н. С. / Петин // Биологические основы орошаемого земледелия. – М.: АН СССР, 1957. – С. 16-72.

85 Полуэктов, Е. В. Повышение плодородия почв / Е. В. Полуэктов // Докл. ВАСХНИЛ. – М., 1990. – № 2 – С. 30-33.

86 Полуэктов Е. В. Почвозащитные системы в ландшафтном земледелии / Е. В. Полуэктов, Е. П. Луганцев. – Ростов-н/Д: СКНЦ ВШ, 2005. – 208 с.

87 Полуэктов, Е. В. Эрозия и дефляция агроландшафтов Северного Кавказа / Е. В. Полуэктов. – Новочеркасск, 2003. – 297 с.

88 Полуэктов, Е. В. Эрозия почв на Дону и меры борьбы с ней / Е. В. Полуэктов; отв. ред. И. Н. Листопадов. – Ростов-н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1984. – 161 с.

89 Поляков, Ю. П. Ирригационная эрозия почв и борьба с ней в Ростовской области/ Ю. П. Поляков, Н. Н. Ильинский, В. И. Меженский [и др.]. – Новочеркасск 1976. – 56 с.

90 Поляков, Ю. П. Прогнозирование эрозии почв при поливах / Ю. П. Поляков // Ирригационная эрозия почв и приемы борьбы с нею: сб. науч. тр. / ЮжНИИГиМ. – Вып. XXV. – Новочеркасск, 1977. – С. 3-52.

91 Поляков, Ю. П. Производство работ по защите и улучшению земельных угодий и территорий / Ю. П. Поляков. – Новочеркасск: НГМА, 2002. – 243 с.

92 Поляков, Ю. П. Руководство по предупреждению и регулированию эрозии почв при поливах дождеванием / Ю. П. Поляков. – Новочеркасск: НИМИ, 1998. – 52 с.

93 Поляков, Ю. П. Технология и организация природоохранных работ / Ю. П. Поляков. – Новочеркасск: НГМА, 2003. – 220 с.

94 Польшов, Б. Б. Пески Донской области, их почвы и ландшафты / Б. Б. Польшов // Труды почвенного института им. В. В. Докучаева. – 1926. – 138 с.

95 Потапенко, Я. И. Защита почв от эрозии / Я. И. Потапенко. – М.: Колос, 1975. – 128 с.

96 Ревут, И. Б. Физика почв и проблема их обработки / И.Б. Ревут // Вест. с.-х. науки. – Л., 1961. – №7. – С. 30-41.

97 Режим орошения с.-х. культур на юге Европейской части РСФСР: Рекомендации / Минводхоз РСФСР; под. ред. Б. Б. Шумакова. – Ростов-н/Д: кн. изд-во, 1986. – 62 с.

98 Ресурсосберегающая технология выращивания кукурузы. – Днепропетровск: Институт зернового хозяйства УААН, 2002.

99 Савенко, В. С. Природные и антропогенные источники загрязнения атмосферы / В. С. Савенко // Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. Итоги науки и техники. – М.: ВИНТИ, 1991. – Т. 31. – 176 с.

100 Савченко, А. Д. Исследование поглотительной способности борозды / А. Д. Савченко // Ирригационная эрозия почв и приемы борьбы с нею: сб. науч. тр. ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1977. – Вып. XXV. – С. 58-61.

101 Сенчуков, Г. А. Ландшафтно-экологические и организационно-хозяйственные аспекты обоснования водных мелиорации земель / Сенчуков Г. А. – Ростов-н/Д: СКНЦВШ, 2001. – 276 с.

102 Сенчуков, Г. А. Опыт орошения сельскохозяйственных культур на черноземах Ростовской области / Г. А. Сенчуков, Н. С. Скуратов [и др.]: сб. ЮжНИИГиМа «Мелиоративное состояние орошаемых земель и использования водных ресурсов». – Новочеркасск, 1986. – 151 с.

103 Соболев, С. С. Защита почв от эрозии и повышение их плодородия / С. С. Соболев. – М., 1961. – 231 с.

104 Степанов, П. М. Гидротехнические противозерозионные сооружения / П. М. Степанов, И. Х. Овчаренко. – М.: Колос, 1974. – 96 с.

105 Сурмач, Г. П. Водная эрозия и борьба с ней / Г. П. Сурмач – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 253 с.

106 Ткаченко, В. Г. Контурно-мелиоративное земледелие / В. Г. Ткаченко [и др.] // Методические рекомендации. – Новосибирск, 1982. – 86 с.

107 Трофимов, С. Н. Поверхностный сток на дерново-подзолистых почвах / С. Н. Трофимов, В. А. Варламов. – Бюл. ВИУА. – № 117. – 2003. – С. 92-94.

108 Физические и водно-физические свойства почв. В. А. Рожков, А. Г. Бондарев, И. В. Кузнецова, Х. Р. Рахматуллоев. Учебно-методическое пособие. – М.: МГУЛ, 2002. – 74 с.

109 ФЦП «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы и на период до 2013 года» / ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ». – М.: 2006. – 64 с.

110 Храмцов, Л. И. Агротехнологии при экологизации и биологизации земледелия / Л. И. Храмцов // Земледелие. – 1998. – № 5. – С. 40-42.

111 Хубларян, М. Г. Современное состояние природных вод суши и связанные с ним экологические проблемы / М. Г. Хубларян // Глобальные экологические проблемы на пороге XXI века: материалы науч. конф., посвященной 85-летию акад. А. Л. Яншина. – М.: Наука, 1998. – С. 87-98.

112 Щедрин, В. Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы / В. Н. Щедрин. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2004. – 255 с.

113 Щедрин, В. Н. Стратегия использования оросительных земель в современных условиях / В. Н. Щедрин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 3. – С. 24-31.

114 Шикула, Н. К. Картирование территории по интенсивности эрозионных процессов / Н. К. Шикула, А. Г. Рожков, П. С. Трегубов // Труды международного конгресса почвоведов. – Москва, 1974. – Т. XI. – С. 78-83.

115 Штокалов, Д. А. Разработка способов и техники полива / Д. А. Штокалов: сб. статей «ЮжНИИГиМу – 50 лет». – Новочеркасск, 1970. – С. 34-37.

116 Шумаков, Б. Б. Использование местного стока / Б. Б. Шумаков. – М.: Россельхозиздат, 1968. – 185 с.

117 Шумаков, Б. Б. Научные основы ресурсосбережения и охраны природы в мелиорации и водном хозяйстве / Б. Б. Шумаков. – М.: НР ВНИИГиМ, 1996. –

312 с.

118 Шумаков, Б. А. Орошаемое земледелие / Б. А. Шумаков. – М.: Россельхозиздат, 1965. – 216 с.

119 Шумаков, Б. Б. Принципы экосистемного использования в сельском хозяйстве / Б. Б. Шумаков // Мелиорация и водное хозяйство. – 1994. – № 5. – С. 12-13.

120 Экологические требования к орошению почв России: рекомендации / сост. Б. А. Зимовец [и др.] – М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 1996. – 72 с.

121 Kittrege, I. Influences of pine and grass on surface runoff and erosion / I. Kittrege // Soil and water conservation. – 1954. Vol. 9. – №4. – P. 179-186.

122 Knisel, W.G. (Ed). 1983. A field scale model for Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems. U.S. Dept. of Agri., Sci. and Edu. Adm., Conservation Research Report No. 34. 523 pp. U.S. Govt. Print. Off., Washington, DC, USA.

123 Musgrave, G. W. The quantities evaluation of factors in water erosion – a first approximation / G. W. Musgrave // Journal of soil and water conservation. 1997. – Vol. 2. – № 9. – P. 4-12.

124 Oki, T. Hydrological Sciences / T. Oki, Y. Agata, Sh. Kanae, T. Saumashi, D. Yang, K. Musiake.– J. 2001. 46. – № 6. – P. 983-995.

125 Roy, J. Scheffeh. Experiments with mixtures. – Statist. Soc., 1958, ser. B, – № 2. – 344 p.

126 Schwab, P. J. Warner R.C. SEDCAD-sediment, erosion, discharge by computer aided design\ Amer. soc. of agr. – St. Joseph, Mich, 1988. – 13 p.

127 Vollenweider, R. A. Assessment of mass balance // Principles of lake management / S.E. Jorgensen and R.A. Vollenweider, eds.). (Guidelines of lake management Vol. 1.) Shiga, Japan: ILEC/UNEP Publ., 1989. – P. 53-69.

128 Young, R. A. Agricultural Nonpoint Source Pollution Model / C. A. Onstad, D. D. Bosch. W. P. Anderson: a watershed analysis tool. – Agricultural Research Service, U. S. Department of Agriculture, Morris, MN, 1986.

129 Zedginidze, I. G. Design of Experiments for the study of multicomponent systems / I. G. Zedginidze. – М.: Science – 1976. – 254 p.

130 Zison, S. W., Haven K., Mills W. B. Water quality assessment: a screening methodology for nondesignated 298 areas. EPA-600/6-77-023. U. S. Environmental Protection Agency, Athens, GA, 1977.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Патент на изобретение № 2537178
«Композиция из структурообразующих материалов»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2537178

**КОМПОЗИЦИЯ ИЗ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ
МАТЕРИАЛОВ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Российский научно-исследовательский
институт проблем мелиорации" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013102253

Приоритет изобретения **17 января 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации **31 октября 2014 г.**

Срок действия патента истекает **17 января 2033 г.**

*Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*


Л.Л. Кирий



Автор(ы): *Щедрин Вячеслав Николаевич (RU), Васильев Сергей Михайлович (RU), Нозадзе Леван Резоевич (RU), Акопян Александра Васильевна (RU), Слабунов Владимир Викторович (RU), Власов Михаил Вячеславович (RU)*

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Сертификат эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ»

 Федеральная служба по аккредитации		0000164
АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ (ЦЕНТРА)		
НАСТОЯЩИЙ АТТЕСТАТ ВЫДАН "Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации"		№ ROCC RU.0001.512581 <small>номер аттестата аккредитации</small>
Федеральному государственному бюджетному научному учреждению "Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации"		ОГРН 1026102230692 <small>идентификационный номер государственного юридического лица (ОГРН) заявителя</small>
346421, Ростовская обл., г. Новочеркасск, Баклановский пр-т, д. 190		
Эколого-аналитическая лаборатория		
346421, Ростовская обл., г. Новочеркасск, Баклановский пр-т, д. 190		
СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ АККРЕДИТОВАН (А) НА		ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 <small>техническую компетенцию, техническую компетентность и независимость</small>
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО ИСПЫТАНИЯМ В СООТВЕТСТВИИ С ОБЛАСТЬЮ АККРЕДИТАЦИИ. ОБЛАСТЬ АККРЕДИТАЦИИ ОПРЕДЕЛЕНА В ПРИЛОЖЕНИИ К НАСТОЯЩЕМУ АТТЕСТАТУ И ЯВЛЯЕТСЯ ЕГО НЕОТЪЕМЛЕМОЙ ЧАСТЬЮ.		СРОК ДЕЙСТВИЯ АТТЕСТАТА АККРЕДИТАЦИИ с 18 апреля 2012 г. по 20 октября 2015 г.
М. П. Руководитель (заместитель Руководителя) органа по аккредитации		Н.С. Султанов <small>подпись, фамилия, имя</small>

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Показатели водопроницаемости почвы в зависимости от нормы внесения
мелиоранта-структурообразователя

Таблица – Водопроницаемость почвы в зависимости от нормы внесения
мелиоранта-структурообразователя

№	Норма внесения мелиоранта-структурообразователя, кг/га	Водопроницаемость по повторностям опыта, мм/мин	Ср. значение водопроницаемости, мм/мин
1	1000	0,813	0,812
		0,806	
		0,817	
2	2000	1,136	1,132
		1,126	
		1,134	
3	3000	1,377	1,385
		1,392	
		1,386	
4	4000	1,623	1,582
		1,549	
		1,574	
5	5000	1,692	1,683
		1,676	
		1,681	
6	6000	1,729	1,730
		1,749	
		1,712	
7	7000	1,753	1,757
		1,763	
		1,755	
8	8000	1,760	1,778
		1,811	
		1,763	
9	Водопроницаемость почвы (контроль)	0,468	0,461
		0,454	
		0,461	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Оценочные шкалы показателей структурного состояния почв

Таблица Г.1 – Классификация оструктуренности по Н. А. Качинскому

Коэффициент дисперсности, K_d , %	Классификация оструктуренности
< 15	высокая микроструктура
15-25	хорошая
25-40	удовлетворительная
40-60	неудовлетворительная
< 60	весьма низкая

Таблица Г.2 – Степень агрегатности по Бэйверу (A_z , %)

Коэффициент, A_z , %	Классификация агрегированности
< 90	очень высокая
80-90	высокая
65-80	хорошая
50-65	удовлетворительная
35-50	слабая
20-35	весьма слабая
< 20	низкая

Таблица Г.3 – Оценка агрегатного состояния почв

Коэффициент структурности, %	Оценка агрегатного состояния почв
> 1,5	Отличное
1,5-0,67	Хорошее
< 0,67	Неудовлетворительное

Таблица Г.4– Оценка структурного состояния почвы по шкале С. И. Долгова и П. У. Бахтина

Содержание агрегатов 0,25-10 мм, % к массе воздушно-сухой почвы		Оценка
сухое просеивание	мокрое просеивание	
> 80	> 70	отличное
80-60	70-55	хорошее
60-40	55-40	удовлетворительное
40-20	40-20	неудовлетворительное
< 20	< 20	плохое

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
Акт внедрения ООО «Агропредприятие «Бессергеновское»
Октябрьского района Ростовской области

УТВЕРЖДАЮ:

генеральный директор
ООО «Агропредприятие
«Бессергеновское»



А. В. Протасова
2014 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

1 Наименование организации, где внедрено мероприятие: ООО «Агропредприятие «Бессергеновское».

2 Наименование внедряемого мероприятия: комплекс противоэрозионных приемов по сохранению плодородия орошаемых земель и повышению урожайности сельскохозяйственных культур

3 Разработчики: С. М. Васильев, Л. Р. Нозадзе, А. В. Акопян, В. В. Слабунов

4 Характеристики преимуществ внедренного мероприятия: на основании расчетов по разработанной экспресс-методике по определению ущерба, наносимого ирригационной эрозией полям орошения, определена оптимальная доза внесения композиции из структурообразующих материалов, состоящей из: терриконовой породы, бентонитовой глины, известняка-ракушечника, керамзитового отсева, которая позволила на площади 190 га увеличить и получить годовой экономический эффект в размере 182,7 тыс. руб.

РАСЧЕТ

годового экономического эффекта от внедрения комплекса противоэрозионных приемов по сохранению плодородия орошаемых земель и повышению урожайности сельскохозяйственных культур

Внедрение комплекса противоэрозионных приемов по сохранению плодородия орошаемых земель и повышению урожайности сельскохозяйственных культур с использованием мелиоранта-структурообразователя позволило повысить урожайность сельскохозяйственной продукции на 17,4 % на площади 190 га.

Учитывая разницу затрат на противоэрозионные мероприятия и стоимость валовой продукции, годовой экономический эффект от внедренных мероприятий определялся по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = [(C_2 - Z_2) - (C_1 - Z_1)] \cdot A,$$

где \mathcal{E} – годовой экономический эффект, тыс. руб.;

C_1 – стоимость валовой продукции варианта без применения мелиоранта-структурообразователя, тыс. руб./га;

C_2 – стоимость валовой продукции варианта с применением мелиоранта-структурообразователя, тыс. руб./га;

Z_1 – затраты на производство продукции варианта без применения мелиоранта-структурообразователя, тыс. руб./га;

Z_2 – затраты на производство продукции варианта с применением мелиоранта-структурообразователя, тыс. руб./га;

A – объем внедрения, га.

Таблица – Расчет экономического эффекта

Показатель	Ед. изм.	Без применения мелиоранта-структурообразователя	С применением мелиоранта-структурообразователя
Площадь культуры	га	190,0	190,0
Урожайность	ц/га	218,0	256,0
Стоимость валовой продукции	тыс. руб./га	30,00	35,23
Производственные затраты	тыс. руб./га	21,66	25,92
Экономический эффект на 1 га	руб.	-	961,58
Годовой экономический эффект	тыс. руб.	-	182,70

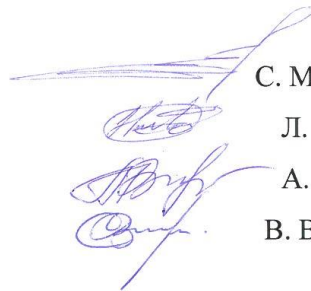
Урожайность повышается также за счет улучшения водно-воздушных свойств почвы, благоприятного воздействия мероприятий на развитие растений по фазам, а так же снижения смыва почвы и выноса питательных элементов.

Экономический эффект от применения предлагаемой композиции из структурообразующих материалов, состоящей из: терриконовой породы, бентонитовой глины, известняка-ракушечника, керамзитового отсева, составил 961,58 руб./га или 182700 руб. на весь объем внедрения.

Гл. экономист
ООО «Агропредприятие
«Бессергеновское»



Разработчики:



С. М. Васильев

Л. Р. Нозадзе

А. В. Акопян

В. В. Слабунов

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Акт внедрения ОАО «Имени Калинина» Матвеево-Курганского района Ростовской области

УТВЕРЖДАЮ:

генеральный директор

ОАО «Имени Калинина»

А. А. Форот А. А. Форот

27 27 февраля 2014 г.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

- 1 Наименование организации, где внедрено мероприятие: ОАО «Имени Калинина».
- 2 Наименование внедряемого мероприятия: противоэрозионные приемы по сохранению плодородия орошаемых дождеванием полей, включающие использование композиции из структурообразующих материалов
- 3 Разработчики: С. М. Васильев, Л. Р. Нозадзе, А. В. Акопян, В. В. Слабунов
- 4 Характеристики преимуществ внедренного мероприятия: на основании расчетов по оценке потерь почв при ирригационной эрозии с использованием предложенных зависимостей (экспресс-метод) определена оптимальная доза внесения композиции из структурообразующих материалов для защиты почв от водной эрозии, состоящей из: терриконовой породы, бентонитовой глины, известняка-ракушечника, керамзитового отсева, в количестве 520 кг/га. Применение данной композиции позволило на площади 124 га уменьшить смыв почвы на 2,8 тыс. м³. Использование таких противоэрозионных приемов как бороздование, щелевание в сочетании с предложенной композицией позволило предотвратить эрозионные процессы непосредственно при поливе дождеванием и на 10-12 % повысить урожайность основных сельскохозяйственных культур в хозяйстве.
- 5 Годовой экономический эффект: 258 тыс. руб.



УТВЕРЖДАЮ:

генеральный директор

ОАО «Имени Калинина»

А. А. Форот А. А. Форот

«21» декабря 2014 г.

РАСЧЕТ

годового экономического эффекта от внедрения
противоэрозионных приемов по сохранению плодородия орошаемых
дождеванием полей, включающих использование композиции из
структурообразующих материалов

Внедрение комплекса по сохранению плодородия орошаемых дождеванием земель позволило уменьшить смыв почвы на 2,8 тыс. м³ за счет снижения смыва при ирригационной эрозии и дало прибавку урожая на площади 124 га в среднем на 10-12 %.

№ п/п	Культура	Средняя урожайность, ц	Площадь выполненных противоэрозионных работ, га	Прибавка урожайности от использования противоэрозионных приемов, ц	Стоимость дополнительной продукции, руб.
1	Кукуруза на зерно	72,1	66	7,8	483240
2	Кукуруза на зеленый корм	93	58	12,7	372361

Удельные производственные затраты на выполнение противоэрозионных мероприятий составили 5540,0 руб.

Общие производственные затраты составили:

$$5540 \times 124 = 686960 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от внедрения противоэрозионных мероприятий за счет уменьшения смыва почвы на площади 124 га составил:

$$855601 - 686960 = 168641 \text{ руб. или } 1360 \text{ руб./га}$$

Экономический эффект от предотвращения смыва почв при стоимости затрат на восстановление плодородия 1 м³ почвы составил:

$$32,0 \times 2800 = 90014 \text{ руб.}$$

Общий годовой экономический эффект от комплекса противоэрозионных приемов по сохранению плодородия орошаемых дождеванием полей, включающих использование композиции из структурообразующих материалов, составил:

$$168641 + 90014 = 258655 \text{ руб. или } 2086 \text{ руб./га.}$$



Гл. экономист
ОАО «Имени Калинина»

Разработчики:



Д. Г. Федоренко



С. М. Васильев

Л. Р. Нозадзе



А. В. Акопян

В. В. Слабунов