МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Балашовский институт (филиал) ФГБОУ ВПО
«Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»
(БИ СГУ)

На правах рукописи

ПОПОВ АЛЕКСАНДР ВАЛЕРЬЕВИЧ

ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ СУХОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА НА ОРОШАЕМЫХ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ЗАВОЛЖЬЯ

06.01.04 – агрохимия

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

04201255239
06.03.2012

Научный руководитель –
кандидат биологических наук,
доцент Золотухин А.И.

Балашов 2011

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	4
1.	ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУХОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА И ЛЕСНЫХ ПОЛОС (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)	7
2.	УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	28
2.1.	Агрохимическая характеристика почв опытного участка	28
2.2.	Характеристика погодных условий	30
2.3.	Методика исследований	31
3	АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУХОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА РАЗДЕЛЬНО И В СИСТЕМЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС	35
3.1.	Капельная и ливневая поверхностная эрозия почвы	35
3.2.	Водный режим почвы и эрозионная опасность дождя	41
3.3.	Почвоулучшающая роль системы лесных полос	46
3.4.	Агрофизические свойства почвы	56
4.	АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ	65
4.1.	Эколого-агрохимическая оценка сухого гранулированного птичьего помета	65
4.2.	Гумус	69
4.3.	Макроэлементы	73
4.4.	Микроэлементы	79
5.	ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ	87
5.1.	Фотосинтетическая деятельность посевов	87
5.2.	Формирование биомассы	89
5.3.	Урожайность зерна и ее структура	91
5.4.	Качество зерна	95
5.5.	Потребление озимой пшеницей воды и питательных веществ	101
5.5.1	Водопотребление	101
5.5.2.	Потребление питательных элементов растениями	104

6.	ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ СУХОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА, ПРИМЕНЕННОГО РАЗДЕЛЬНО И В СИСТЕМЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС	118
6.1.	Экономическая эффективность	118
6.2.	Энергетическая оценка	121
6.3.	Экологическая эффективность	123
	ВЫВОДЫ	129
	ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	132
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	133
	ПРИЛОЖЕНИЯ	162

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В успешном решении задач по повышению урожайности сельскохозяйственных культур и созданию гарантированного производства зерна и кормов для животноводства в степных районах Поволжья ведущая роль отводится орошению и удобрениям. Эти два фактора на современном этапе развития сельского хозяйства являются материальной основой культуры земледелия и воспроизводства плодородия почвы.

В связи с неблагоприятными физическими свойствами сырого птичьего помета, затрудняющим механизацию использования его в качестве удобрения и значительными потерями питательных веществ при его хранении особую актуальность приобретают вопросы, связанные с технологией его приготовления и использования.

К числу наиболее перспективных способов переработки птичьего помета относится его термическая сушка, которая способствует наиболее полному сохранению органического вещества, азота и зольных элементов питания растений, резко улучшает физические свойства удобрения, значительно повышает концентрацию питательных веществ в нем.

Исследования по технологии применения сухого гранулированного птичьего помета при возделывании озимой пшеницы на орошаемых темно-каштановых почвах Заволжья в зоне влияния лесных полос и без их участия до настоящего времени не проводились.

В связи с этим необходимо было решить вопросы, касающиеся особенностей влияния этого вида органических удобрений на агрохимическую и агрофизическую составляющие почвенного плодородия.

В качестве приоритетных намечены содержание гумуса, динамика макро- и микроэлементов, потребление и вынос элементов питания, урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Открытым также оставался вопрос, связанный с потерей питательных веществ при поверхностном стоке и смыве поч-

вы, тесно коррелирующим с плотностью почвы, водопроницаемостью и водопрочностью почвенных агрегатов.

На решение этих задач и были направлены наши исследования.

Цель и задачи исследований – эколого-агрохимическая оценка применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета в системе лесных полос и без их участия при возделывании озимой пшеницы на орошаемых темно-каштановых почвах Заволжья.

Для достижения поставленной цели решались задачи:

– Дать эколого-агрохимическую характеристику сухому гранулированному птичьему помету и изучить его влияние отдельно и совместно с лесными полосами на агрохимические показатели почвенного плодородия (содержание гумуса, макро- и микроэлементов).

– Выявить влияние сухого гранулированного птичьего помета на агрофизические свойства почвы (плотность, водопрочность, водопроницаемость, сток твердый и жидкий).

– Изучить влияние различных доз сухого гранулированного птичьего помета на фотосинтетическую деятельность посевов, формирование биомассы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы Мироновская 808.

– Выявить, в связи с изучаемыми приемами, особенности потребления озимой пшеницей воды и питательных веществ.

– Дать эколого-экономическую и энергетическую оценку применению различных доз сухого гранулированного птичьего помета.

Научная новизна. Впервые на орошаемых темно-каштановых почвах Заволжья изучена и доказана возможность раздельного и совместного с влиянием лесных полос применения сухого гранулированного птичьего помета при возделывании озимой пшеницы. Выявлена наиболее эффективная доза применения удобрения. Определены размеры выноса и потребления макро- и микроэлементов. Установлено положительное влияние сухого гранулирован-

ного птичьего помета на урожайность зерна озимой пшеницы и сбор белка с единицы площади.

Практическая значимость работы. Разработаны рекомендации по применению сухого гранулированного птичьего помета отдельно и совместно с влиянием лесных полос при возделывании озимой пшеницы на орошаемых темно-каштановых почвах Заволжья, которые апробированы и внедрены в ООО «Нива» Энгельсского района. Используются в учебном процессе СГАУ им. Н.И. Вавилова и СГУ им. Н.Г. Чернышевского.

Положения, выносимые на защиту:

1. Эколого-агрохимическая характеристика сухого гранулированного птичьего помета и его влияние отдельно и совместно с лесными полосами на агрохимические и агрофизические свойства темно-каштановых почв Заволжья.

2. Особенности влияния различных доз сухого гранулированного птичьего помета на урожайность озимой пшеницы и потребление воды и питательных веществ.

3. Эколого-экономическая и энергетическая оценка применения различных доз удобрений.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на международных научно-практических конференциях: «Вавиловские чтения» (Саратов, 2008–2010); «Экономические аспекты развития современного общества» (Саратов, 2010); «Антропогенная трансформация природных экосистем (Балашов, 2010), ежегодных конференциях профессорско-преподавательского совета СГАУ (Саратов, 2008–2010).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ общим объемом 1,8 п.л., в т.ч. авторских 0,9.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 173 страницах и состоит из шести глав, выводов и предложений производству, содержит 54 таблицы, 15 рисунков и 12 приложений. Список литературы представлен 319 источниками, из них 27 – иностранными авторами.

1. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУХОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА

Проблема экономии и рационального расходования пресной воды во многих регионах, в том числе в Поволжье, имеет прогрессивно обостряющийся характер и является частью глобальной мировой проблемы.

Вода – один из важнейших факторов почвообразования. Воздействие ее на почву отличается большим многообразием – она изменяет физическое состояние почвы, интенсивность химических и микробиологических процессов, ход накопления и разрушения органических веществ. При этом изменяются воздушный, пищевой и тепловой режимы почвы. Отрицательные изменения свойств почвы присущи в основном избыточному орошению.

Орошение дождеванием создает микроклимат вокруг растения, имитируя естественные осадки, и чем совершенней поливная техника (интенсивность и качество дождя), тем полив становится более экологически безопасным (Антипов-Каратаев, 1955; Багров, 1965; Гаврилица, 1993, 1985, 1990; Гостищев, 2001; Григоров, 1999, 1993, 1984; Денисов, 1978, 1998; Дубенок, 2001; Ерхов, 1981, 1982; Иванов, Попов, 1990; Костяков, 1960; Кружилин, 1998; Кузнецов, 1995; Кузник, 1979; Лысов, 1983; Мирцхулава, 1970; Мосиенко, 1984; Мосиенко, Попов, 1991; Ольгаренко, 2001; Павловский, 1995; Попов, 1989, 1992, 2002, 2006; Проездов, 1995, 2002; Решетов, 1999; Рыжко, 1998; Севостьянов, 1982; Трегубов, 1987; Туктаров, 2005; Хамданов, 1973; Черный, 1993; Чижикова, 1995; Шабаев, 2003; Шадских, 2001; Швебс, 1989; Шумаков, 1979; Янюк, 1998; Elwell, 1973; Kirkby, 1980; Malone, 1989; Young, 1990; Wishmeier, 1958).

Отрицательное влияние дождевания на почву проявляется не только в виде поверхностного стока и смыва почвы, но и в нарушении связей между почвенными агрегатами под действием дождевых капель (Буров, 1949; Горчичко, 1979; Григорьев, 1984; Ерхов, 1977; Конке, 1962; Маштаков, 1999;

Мирцхулава, 1970; Московкин, 1979; Поляков, 1981; Проездов, 1999; Швебс, 1968, 1974; Cormar, 1982).

Разрушение почвенной структуры при поливе дождеванием происходит одновременно на всей площади, охваченной дождевальной машиной. При этом большая или меньшая часть водопрочных агрегатов в слое почвы 0–5 см переходит во фракцию распыленных агрегатов менее 0,25 мм.

Увеличение мелких частиц в верхнем горизонте почвы приводит к уплотнению поверхностного слоя и образованию поверхностной корки, резко ухудшающей водный и воздушный режимы почвы. Уменьшение среднего размера водопрочных агрегатов понижает сопротивляемость почвы к разбрызгивающему действию дождевых капель и размывающему действию поверхностного стока.

Агрофизические свойства почвы являются одним из важных факторов, определяющих формирование ирригационной эрозии почвы при поливах дождеванием. Общепризнанно, что орошение вызывает снижение окислительно-восстановительного потенциала, повышает дисперсность почвенной массы, ухудшает структуру, увеличивает подвижность гумусовых веществ, что вызывает заплывание поверхности почвы, образование корки, формирование твердого и жидкого стоков. Прогнозирование почвенных процессов позволяет своевременно применять меры, предотвращающие деградацию почв, и определять пути управления устойчивостью почвы.

В динамке водно-воздушного режима почвы почвенная структура играет важную роль. В сельскохозяйственном отношении первостепенное значение имеют агрегаты с диаметром от 0,25 до 10 мм (Антипов-Каратаев и др., 1955, 1948; Качинский, 1965; Ревут, 1960, 1973). Большое значение в регулировании водного режима придавали структуре почв В. Р. Вильямс (1949) и П.А. Костычев (1951). От нее зависит устойчивость сложения почв, порозность, аэрация, водопроницаемость, что в значительной мере определяет величины твердого и жидкого стоков.

Наиболее существенное влияние структура почвы оказывает на ее плотность, а также на поровое пространство, то есть на объем пор и распределение их по размерам.

Чем меньше диаметр почвенных частиц, тем выше объемная масса почвы и ниже ее общая порозность, причем в общем объеме пор большую часть занимает капиллярная скважность. В связи с этим газо- и воздухообмен в таких почвах начинается тогда, когда они достаточно иссушены и в них не хватает влаги для активной жизнедеятельности микрофлоры и развития растений. Высокая рыхлость почвы, улучшая доступ воздуха, способствует ухудшению водного режима.

Динамичность в содержании структурных агрегатов почвы связана с процессами образования и их разрушения в пахотном слое.

В общем виде факторы, обусловливающие образование структурных агрегатов, классифицируются следующим образом:

1) факторы биогенного происхождения (корневые системы растений, роющие и копающие животные, дождевые черви);

2) факторы климатического характера (увлажнение, смена температур, замораживание и оттаивание почвы и др.);

3) деятельность человека, связанная с механической обработкой, орошением и другими приемами воздействия на почву.

Существенным качественным признаком почвенной комковатой структуры является ее прочность. Важное производственное значение ее было установлено еще в конце 19-го века П.А. Костычевым (1951), который писал: «Если почва может образовывать комки или принимать комковатую структуру, то с хозяйственной точки зрения весьма важно знать, как долго может сохраняться эта структура при хозяйственных и естественных условиях данной почвы, или, другими словами, важно знать, насколько прочна эта структура». Он назвал прочностью комков «их способность противостоять размывающе-

му действию воды». Данное определение было, затем повторено В.Р. Вильямсом и прочно укрепилось в науке.

Высокая прочность структуры имеет особое значение на орошаемых землях. При наличии хорошей водопрочной структуры предупреждается вторичное засоление, полностью используются атмосферные осадки и оросительная вода, уменьшается возможность образования корки, снижается ирригационная эрозия.

Известно, что восстановление и улучшение структуры на орошаемых почвах достигается возделыванием многолетних трав, в частности люцерны, так как она обеспечивает накопление органического вещества в почве – основного фактора формирования водопрочных агрегатов (Вильямс, 1995; Антипов-Каратаев, 1955).

Скорость впитывания воды (инфильтрация) имеет исключительно большое значение при орошении. От нее зависят степень восприятия почвой атмосферных осадков и поливной воды, режим влажности почвенных горизонтов, формирование твердого и жидкого стоков.

Между показателями впитывания – фильтрацией и физическими свойствами почвы существует прямая связь. На почвах с хорошо выраженной водопрочной структурой водопроницаемость была 1,6 мм/мин, а со слабо выраженной и непрочной – 0,86 мм/мин (Абрамов, 1984).

По мнению М.Н. Заславского (1996) и Е.П. Денисова (1978), водопроницаемость определяется сложением почвы. Другие ученые указывают на связь водопроницаемости с порозностью, плотностью и гранулометрическим составом почвы (Захаров, 1978; Ревут, 1960).

По данным Г.И. Швебса (1974), водопроницаемость слабосмытых почв составляет 0,80, среднесмытых – 0,65 и сильносмытых – 0,55 по сравнению с несмытыми.

Уменьшение впитывающей способности смытых почв можно объяснить тем, что их структура менее водопрочна (Буров, 1949; Швебс, 1974). На во-

допроницаемость склоновых почв влияют состояние поверхности и ориентация склона, а также количество получаемой солнечной энергии и атмосферных осадков, что в конечном итоге определяет различие в микроклимате и обусловливает неоднородность природных условий на небольшой площади.

Б.Б. Шумаков (1979) считает, что необходимо ограничить применение дождевальных устройств до уклона 0,02. По мнению большинства исследователей (Ахтырцев, Лепилин, 1982; Багров, 1965; Григорьев, 1974, 1984; Кузник, 1979), применение современных дождевальных установок на территориях с уклоном более 0,01 приводит к значительной ирригационной эрозии почв.

При изучении влияния уклона дневной поверхности на показатели ирригационной эрозии при дождевании кукурузы ДДА-100МА поливной нормой 600 $м^3$/га (Попов, 2006) установлено, что уклон влияет на формирование поверхностного стока лишь после превышения некоторого критического значения. Поверхностный сток в среднем за 3 года при уклонах 0,005 и 0,009 был практически одинаков, и лишь при увеличении уклона до 0,025 он повысился в 1,21 раза.

Наиболее сильное влияние уклона поверхности на формирование жидкого стока установлено во второй половине вегетации, что вызвано уплотнением почвы.

Эти результаты согласуются с исследованиями О.В. Кантора и Н.С. Ерхова (1977). По их данным, эрозионно-допустимые поливные нормы должны существенно изменяться в зависимости от показателя свободного впитывания воды в почву, а он, в свою очередь, зависит от уклона дневной поверхности. При этом уклон влияет на показатель свободного впитывания воды в почву лишь после превышения критического значения, который устанавливается путем эксперимента.

Показателями экологически безопасного полива дождеванием являются допустимая величина интенсивности дождя и норм полива, при которых не разрушается почвенная структура, не образуется сток поливной воды, а, сле-

довательно, не наблюдается эрозия почв (Григоров, 1983, 2001; Ерхов, 1981; Костяков, 1960; Проездов, Попов, Маштаков, 2002; Швебс, 1989; Зимовец, Хитров, 1996).

Для определения этих показателей использовалась модель расчета, позволяющая наиболее полно учитывать влияние на них гидрологических и агрофизических характеристик орошаемых почв.

Параметры агроэкологического состояния темно-каштановых почв имеют следующий вид (Попов, 2006): плотность сложения < 1,30 г/см^3, пористость > 50 %, интенсивность инфильтрации через два часа после полива 0,25 мм/мин, критерий водопрочности агрегатов > 0,75, капельная эрозия < 1,0 г/мин·м, смыв почвы за четыре полива кукурузы < 0,4 т/га.

Применение систем удобрений полимеров, щелевания, горизонтального и вертикального мульчирования, многолетних трав в севообороте позволяет не только защитить земли от ирригационной эрозии, но и стабилизировать агрофизические и биохимические показатели темно-каштановых и черноземных почв (Абрамов, 1988; Аверьянов, Филимонова, 1985; Антипов-Каратаев, 1955; Багров, 1965; Жаринов, 1991; Кузнецов, 1981, 1996; Ломакин, 1988; Проездов, 1997, 1999; Пронько, 2000; Решетов, 1999; Трегубов, 1987; Филимонова, 1984; Черноусов, 1983; Киркби, 1984; Young, 1990). Большому разрушению под действием дождя подвергаются частицы почвы размером больше 2–3 мм. Их становится меньше на 20–40 %.

Наука и передовой опыт показывают, что при правильном построении и соблюдении севооборотов, систем обработки почвы, удобрения, режима орошения достигается улучшение почвенной структуры и водопроницаемости почвы. Без внесения необходимого количества и состава удобрений орошение приводит к разрушению гумуса. Сформулированный еще в 1843 году Юстусом Либихом, составляющий его бессмертную заслугу, закон возврата питательных веществ в почву приобретает особую актуальность в условиях орошаемого земледелия, ибо здесь получают урожаи в несколько раз выше,

чем без орошения. Во столько же раз увеличивается вынос питательных веществ. Отсюда необходимость внесения в почву повышенных норм удобрения для сохранения высокого уровня ее эффективного плодородия и обеспечения ее прогрессивного повышения. Частично гумус, макро- и микроэлементы вымываются за пределы гумусного слоя, что особенно заметно при поливе минерализованными водами, которые способствуют изменению фракционного состава гумуса и понижают его растворимость.

В наших опытах для повышения плодородия темно-каштановых почв и продуктивности озимой пшеницы использовался новый вид органических удобрений – сухой гранулированный птичий помет.

Птичий помет – ценное органическое удобрение с высоким содержанием питательных веществ, обладающий целым рядом неблагоприятных свойств. Сырой помет имеет сильный неприятный запах, содержит большое количество семян сорняков и микроорганизмов, среди которых часто встречаются возбудители опасных инфекционных заболеваний птицы, сельскохозяйственных животных и человека, имеет вязкую липкую консистенцию, что приводит к забиванию рабочих органов машин.

Свежий птичий помет является резко токсичным материалом и содержит большое количество семян сорных растений. Внесение помета в почву непосредственно из птичника может привести к гибели растений, заражению пахотного слоя болезнетворными бактериями и усиленному росту сорняков.

Для ослабления или даже устранения некоторых отрицательных качеств сырого помета в мировой и отечественной сельскохозяйственной практике применяют различные приемы его переработки. Многие агрономы используют птичий помет в качестве основного компонента при производстве местных органических удобрений – компостов. Такое производство можно вести по двум технологиям.

Первая технология – пассивное компостирование. Помет в определенных соотношениях смешивают с опилками или торфом, соломой или даже с по-

метом от напольного содержания. Полученную смесь формируют в бурты и оставляют на 2–12 месяцев. За этот период в смешанной массе проходят пассивные микробиологические процессы с выделением большого количества тепла. Масса самонагревается до 60–80 °С. Этим обеспечивается стерилизация полученного органического удобрения от патогенной микрофлоры и гибель семян сорняков.

Вторая технология – это интенсивное компостирование или аэробная твердофазная ферментация смешанной массы. Сущность ее заключается в том, что смешанная масса загружается в закрытую емкость (ферментер) в который подается воздух, который снизу пронизывает массу и отводится в верхней части из емкости. Микробиологические процессы в ферментере проходят за 5–7 суток, т.е. экологически чистое и высокоэффективное удобрение можно получать за такой небольшой промежуток времени.

Возможно сбраживание птичьего помета без доступа кислорода (в анаэробных условиях). В этом случае получается биогаз и экологически чистое удобрение – жидкий биогумус.

Метановое «брожение» или биометаногенез был открыт в 1776 г. Вольтой. Биогаз представляет собой 65 % метана, 30 % углекислого газа, до 3 % сероводорода и незначительное количество азота, кислорода, водорода и закиси углерода.

Для определения оптимальных параметров технологического процесса и энергетических показателей, средств обеспечения анаэробного брожения, биотехнологические процессы должны быть адаптированы к конкретным природно-климатическим и водно-почвенными условиями региона.

Применяются два режима метанового сбраживания пометной массы – термофильный (при температуре 45–57 °С) и мезофильный (при температуре 10–37 °С). С ростом температуры выход биогаза увеличивается. По мнению специалистов перспективным методом повышения эффективности биогумусно-биогазовых установок является применение в качестве биомассы смеси

помета, навоза и растительных остатков. Это позволяет создавать компактные установки, которые представляют собой вертикальный бетонированный реактор с размещенными над ними газовыми колоннами разных конструкций. При этом выход биогаза и биогумуса увеличивается на 30–40 %.

Концентрация производства, создание крупных животноводческих и птицеводческих комплексов приводит к скоплению большого количества навоза и помета, а в народном хозяйстве органических отходов деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, мясной, рыбной, пищевой и других отраслей промышленности и городского хозяйства. Они включаются в биологический круговорот органического вещества и, в случае перегрузки, могут нарушить хрупкое равновесие экологической системы. Кроме того, огромное количество отходов изымает из хозяйственной деятельности значительные земельные площади, превращая плодородные почвы в свалки и захламленные участки.

Поэтому, наряду с поиском путей уменьшения негативного влияния химикатов на агроэкосистему, особо острой остается проблема утилизации и переработки органических отходов.

Сейчас от одной средней птицефабрики (400 тысяч кур-несушек или 6 млн. цыплят-бройлеров) поступает в год до 40 тыс. тонн птичьего помета, свыше 500 тыс. м^3 сточных вод, более 600 тонн продуктов технической переработки птицы. Проблема их эффективного использования может быть успешно решена, если они будут переработаны в новые виды готовой продукции. Только за счет переработки и полного использования птичьего помета средняя птицефабрика может иметь ежегодно до 1,5 млн. рублей чистого дохода (Лысенко, 1998). Хозяйства за счет прибавки урожая могут иметь дополнительной продукции на общую сумму свыше 12 млн. рублей в год. Полное использование помета обеспечивает условия для его ликвидации, как потенциального источника загрязнения окружающей природной среды.

Однако сейчас птицефабрики и хозяйства не получают и десятой доли ожидаемого экономического эффекта. Птичий помет и другие отходы накапливаются вблизи птицефабрик, теряют свои ценные качества и представляют постоянную угрозу для благополучия соседних лесов, полей и рек.

Имеющийся опыт работы отдельных птицефабрик в нашей стране и за рубежом показывает, что имеется реальная возможность для перевода птицеводческих хозяйств в безотходные производства. Это возможно, когда переработка отходов будет поставлена на индустриальную основу и составит неотъемлемую часть производственного процесса птицефабрик. При этом очень важно, чтобы технология переработки имела комплексное решение. Она должна начинаться обеспечением подготовки сырья с заданными параметрами и заканчиваться поступлением готовой продукции потребителю. Серьезным затруднением в решении проблемы переработки отходов на птицефабриках является отсутствие достаточной информации об их полезных качествах и ценностях для сельского хозяйства, методах и способах утилизации, серьезных негативных последствиях длительного накапливания их в необработанном виде.

Птичий помет – ценное, сравнительно концентрированное и быстродействующее органическое удобрение. Как и навоз, он содержит все основные питательные вещества, необходимые растениям, но в значительно большем количестве. Это связано с тем, что птица питается более концентрированными кормами. В помете гусей и уток, питающихся в основном травой, содержится меньше питательных веществ и больше воды, чем в помете кур, потребляющих больше зерна. Содержание азота в процентах от сырой массы помета составляет у кур 1,5 % , уток – 0,8 и гусей – 0,6 %; количество воды соответственно 56, 57 и 82 %. Фосфора в помете кур 1,8 %, а у уток и гусей почти в четыре раза ниже – 0,5 %. Концентрация калия в помете кур и гусей одинаковая 0,9–1,0 %. Магния – у кур 0,7, уток и гусей – 0,3 %. Очень четкие различия в составе помета различных видов птицы по содержанию окиси кальция: куры

– 2,4, утки – 1,7 и гуси – 0,6 %. Сернистый газ, наоборот, в больших количествах накапливается в помете птицы, питающейся в основном травой – его концентрация у гусей достигает в среднем 1,1 %, у кур – 0,4 и уток – 0,3 % (Попов, 1983; Рекомендации по использованию птичьего помета на удобрение..., 1980, 1986; Новиков и др., 1989; Лысенко, 1996, 1998, 1999, 2000).

Питательные вещества в птичьем помете находятся в основном в усвояемых для растений соединениях. Азот главным образом содержится в виде мочевой кислоты, которая легко разлагается с образованием аммиака.

Чтобы уменьшить потери азота при накоплении и ферментации птичьего помета, к нему добавляют 20–25 % сухого торфяного порошка, или 25–50 % сухого перегноя, или 7–10 % фосфорных и калийных добавок: фосфоритной муки, суперфосфата, костной муки, цеолита, глауконита, горючих сланцев и т.д. Еще лучше, если торф в птичнике сразу уложить слоем 25–30 см, а затем по мере накопления помета, ежедневно добавлять дополнительные количества торфа, перегноя и суперфосфата (в зависимости от наличия тех или иных органических и минеральных добавок).

Кроме макроэлементов, в состав птичьего помета входят микроэлементы и в этом отношении с ним трудно сравниться какому-либо другому органическому удобрению. В 100 г сухого птичьего помета содержится 15–38 мг марганца, 12–39 мг цинка, 10–12 мг кобальта, 25 мг меди. Примерно 3/4 сухого вещества составляет органическое.

Количество питательных элементов в птичьем помете может в значительной степени колебаться в зависимости от условий кормления и содержания птицы. Наибольшее влияние на его состав оказывает рацион кормления, а не возраст птицы. Примерно 90 % общего накопления птичьего помета составляет куриный. Состав и физико-механические свойства помета различаются в зависимости от способов содержания птицы. Он может находиться в твердом (влажность менее 50 %), пластичном (влажность 50–92 %) и текучем (влажность более 92 %) состоянии.

Основных способов содержания птицы два: напольное и клеточное. При напольном содержании довольно широко применяется глубокая несменяемая подстилка из торфа, опилок, соломы, стержней початков кукурузы и других влагоемких материалов. При этом накапливается большое количество подстилочного помета. При напольном содержании птицы без подстилки получается бесподстилочный полужидкий помет.

В условиях интенсивного промышленного птицеводства применяется клеточное содержание птицы. Для обеспечения механизированного удаления помета из помещения при клеточном содержании в него часто добавляют воду. Разбавление помета водой увеличивает его выход, снижает содержание питательных веществ и значительно повышает затраты на использование в качестве удобрения.

Хранение помета в чистом виде сопровождается большими потерями азота. При хранении в течение двух месяцев они могут достигнуть 50 %, при нарушении режима ферментации теряется не только азот, но и другие элементы питания. Через полгода потери в среднем составляют: органического вещества – 23,1 , азота – 30,2 , фосфора – 12,3 и калия – 10,3 %; через год, соответственно, 28,7, 35,8, 20,2 и 21,8 %.

Сырой птичий помет характеризуется неблагоприятными физическими свойствами, затрудняющими механизацию использования его в качестве удобрения, и обладает рядом других отрицательных качеств. Он распространяет на большие расстояния неприятный запах. Птичий помет содержит огромное количество семян сорняков, имеет вязкую липкую консистенцию, что приводит при внесении в почву, к забиванию рабочих органов машин.

В связи с этим в практике мирового птицеводства широко применяются различные способы подготовки птичьего помета: компостирование, обработка химикатами и местными агрорудами для закрепления азота и ликвидации неприятного запаха, термическая сушка. Наиболее распространенный способ – компостирование птичьего помета с различными материалами органиче-

ского и минерального происхождения. Помет содержит большое количество органических соединений и является благоприятной средой для развития различных видов микробов. Содержание микроорганизмов в нем может доходить до колоссальных размеров. Число аммонифицирующих бактерий может иногда быть равно 1 млрд. в 1 грамме помета и более. Наряду с окислительными бактериями в нем находятся термофильные, нитрифицирующие, денитрифицирующие, возбудители различных брожений (целлюлозные, пектиновые, маслянокислые, молочнокислые и др.), плесневые грибы, актиномицеты, дрожжи (Сидоренко, 1996; Лысенко, 1978, 1991, 1998).

Свежий помет применяется для удобрения в самых крайних случаях, причем в вынужденных условиях, когда нужно от него просто избавиться, как от нежелательного и экологически опасного отхода птицефабрик. А в нормальных условиях уже установилась система предварительного хранения (выдерживания) на возвышенных участках в кучах, но не в заглубленных бетонированных хранилищах. В последних постоянно скапливаются атмосферные осадки, увеличивающие влажность пометной массы, что приводит к сложной проблеме в последующей утилизации.

Внесение свежего помета не дает должного эффекта в первый год, так как требуется длительное время для развития «обособленной микрофлоры», разлагающей свежее органическое вещество помета в доступные формы питания растений.

Решение проблемы утилизации помета и обеспечение экологического благополучия территорий птицефабрик и прилегающих к ним полей, лесов, водоемов и водотоков – двуединая общая задача, решение которой зависит от имеющихся законченных комплексных технологий по подготовке, переработке и использованию помета в сельском хозяйстве. Если влажность помета превышает 78–80 %, то это уже сверхнормативная влажность, значит в помет по тем или иным причинам попадает вода из поилок, кранов, при мойке птичников, атмосферные осадки, грунтовые воды и т. д.

Практика и опыт работы многих птицефабрик показывают, что при высокой технологической культуре влажность помета, поступающего из птичников, колеблется в пределах 25–75 %, что принято называть естественной влажностью. Широкий диапазон обусловлен видом и возрастом птицы, способом содержания, технологией уборки помета, конструктивным исполнением поилок для птицы.

Обобщение опыта работы многих птицефабрик в различных регионах России позволило сделать неутешительное заключение о том, что практически везде птичий помет разбавляется водой, то есть доводится до жидкого состояния и вывозится в заглубленные хранилища или бессистемно сливается в различные, поблизости расположенные и многократно переудобренные земли, что приводит к негативным эколого-экономическим последствиям:

– резко снижается качество помета, как сырья для получения ценных органических удобрений;

– повышаются в 3–5 раз объемы перевозок пометной массы;

– перерасходуются материально-технические средства и трудовые затраты на выполнение транспортных работ и строительство капитальных сооружений для хранения и переработки помета;

– резко возрастает потенциальная экологическая опасность действия помета на окружающую среду с возникновением различных инфекционных и инвазионных болезней не только на птицефабриках, но и в соседних поселках и городах.

Основным способом утилизации птичьего помета в настоящее время и на ближайшую перспективу является производство компостов (Ореховская, Зырина, 1976; Виноградов, Розумная, 1976; Филипченко и др., 1987; Лозановская и др., 1987; Паникар и др., 1988; Бачилов, 1989; Беляков, Шаров, 1997; Лысенко, 1998, 2003).

Однако этот способ имеет существенные недостатки. Скопление навоза в непосредственной близости от птицефабрик опасно в эпизоотологическом от-

ношении. Компостирование помета связано с добавлением большого количества органических и минеральных веществ. Сам процесс весьма трудоемок, требует соответствующей механизации и большого количества транспортных средств, не всегда отвечает санитарным требованиям. Поэтому отдельные хозяйства, как в России, так и за рубежом, подвергают помет термической переработке путем сушки при высокой температуре. Только сушка способствует наиболее полному сохранению органического вещества, азота и зольных элементов питания растений, резко улучшает физические свойства удобрения, значительно повышает концентрацию питательных веществ в нем.

Этот способ переработки относится к числу наиболее эффективных. При термической сушке масса сырого птичьего помета уменьшается в 3–4 раза, а физические свойства сухого удобрения позволяют вносить его в почву практически всеми машинами, предназначенными для внесения минеральных удобрений. Сушка при температуре 600–800 °С способствует уничтожению патогенных бактерий, яиц гельминтов и семян сорняков. При этом сырой помет превращается в сыпучее вещество влажностью 12–14 %. Из каждой тонны сырого помета (влажность 65–70 %) получается до 300–350 кг сухого продукта (Малофеев и др., 1972; Riley, 1964; Sieer, 1957; Toth; 1965). Он не имеет неприятного запаха и может быть затарен в бумажные или полиэтиленовые мешки. Термически высушенный птичий помет – высококонцентрированное органическое удобрение. В нем содержится до 80 % органических веществ, 4–6 % азота, 4–5 % фосфора, 5–6 % кальция и 2–2,5 % калия. Азотистые соединения представлены главным образом белками и продуктами их распада: доля небелкового азота не превышает 10–12 % общего. Реакция среды близкая к нейтральной (pH 6,8–7,8).

При термической сушке помет подвергается грануляции: образуется до 75 % по массе гранул размером от 1 до 5 мм; пылящая фракция (менее 1мм) составляет не более 15%. Во время хранения практически полностью сохраняются органическое вещество и азот. Влажность гранул не должна превышать 25 %.

Установлена положительная роль сухого птичьего помета при его применении под различные сельскохозяйственные культуры главным образом на дерново-подзолистых почвах (Гусев, 1938; Малофеев и др., 1972; Ефремов, Слизовская, 1976; Агафонов, 1981). Сведения о его эффективности в сухостепной зоне единичны. На дерново-подзолистых почвах сухой гранулированный птичий помет повышал урожай картофеля, кукурузы на силос, зерновых культур и многолетних злаковых трав; на черноземах Украины и Центрально-Черноземной зоны России – урожай кукурузы на зерно, сахарной свеклы и ячменя (Ефремов, Скороходова, 1983; Малофеев, 1981; Михайлов, 1978).

В многолетнем полевом опыте В.Ф. Ефремов и Н.В. Скороходова (1983) изучали действие одного сухого куриного помета и в сочетании с минеральными удобрениями на величину и качество урожая кормовых культур. Опыт проведен на дерново-подзолистой почве в пятипольном севообороте со следующим чередованием культур: 1) кукуруза на силос; 2) кукуруза на силос; 3) кормовая свекла; 4) ячмень с подсевом клевера; 5) клевер. Получены высокие урожаи зеленой массы кукурузы, но особенно отзывчивой на внесение помета оказалась кормовая свекла. Внесенный под предшествующие культуры куриный помет не оказал последействия на урожай клевера.

Сухой птичий помет можно применять не только в качестве основного удобрения, но и при весенней подкормке озимых зерновых культур. Нормы внесения рассчитывают на основании потребности растений в азоте, они составляют 2–3 т/га. Однако эффективность поверхностного внесения сухого птичьего помета в весеннюю подкормку значительно ниже по сравнению с применением такой же нормы под предпосевную культивацию. Объясняется это большими потерями азота при поверхностном внесении удобрений. При нахождении помета в течение месяца на поверхности почвы потери азота в виде газообразных соединений могут достигать 44 % внесенного количества.

При сравнении эффективности сухого и сырого птичьего помета, применяемых в дозах, выровненных по азоту, было установлено практически равное действие на урожай сельскохозяйственных культур.

Качество урожая под влиянием птичьего помета повышается примерно так же, как и при использовании минеральных удобрений. Птичий помет повышает содержание сырого протеина в зерне и зеленой массе кормовых культур, увеличивает накопление калия и практически не влияет на содержание фосфора и сырой золы. Внесение этого удобрения в повышенных дозах увеличивает содержание нитратов в кормовых растениях, особенно в кормовой свекле (Васильев, Филиппова, 1984; Лозановская и др., 1987; Андреева, 1996; Тарханов, Тарханова, 1996; Еськов, Новиков, 1998).

Питательные вещества сухого птичьего помета хорошо усваиваются растениями. Коэффициент использования азота может достигать 60 %, а калия – 90 %; фосфор из удобрения используется на 30 %.

Большие перспективы открываются перед сухим гранулированным птичьим пометом при использовании его в тепличном овощеводстве. Урожай овощных культур повышается от него даже сильнее, чем от минеральных удобрений. Сухой птичий помет практически стерилен, поэтому использование его в защищенном грунте соответствует профилактическим мероприятиям по защите растений от вредителей и болезней.

Сравнительная оценка сухого птичьего помета и подстилочного навоза крупного рогатого скота показала одинаковое действие обоих видов органических удобрений на урожай огурцов, но экономическая эффективность применения сухого птичьего помета оказалась выше (Малофеев, 1981). Нормы внесения удобрения под огурцы, выращиваемые в теплицах, составляют от 0,5 до 5,2 кг/м^2.

Сухой птичий помет можно эффективно применять для удобрения сенокосов и пастбищ в дозе 10–15 т/га. Применяют его также в подкормку сенокосов после каждого укоса в дозах 5–8 т/га.

Применение сухого птичьего помета имеет преимущество перед минеральными удобрениями, в связи с тем, что он оказывает значительно меньшее отрицательное влияние на накопление нитратов в урожае кормовых культур.

На черноземах Белгородской области полевыми опытами выявлена высокая агроэкономическая эффективность применения сухого птичьего помета под сахарную свеклу и кукурузу на силос. Окупаемость 1 ц его составила примерно 4 ц продукции этих культур. Резко улучшено санитарное состояние территории птицефабрики, практически не существует опасности загрязнения окружающей среды (Михайлов, 1978)

Таким образом, из всех видов органических удобрений птичий помет является наиболее ценным, как по содержанию питательных веществ, гак и по доступности их растениям.

Однако без предварительной подготовки он в большинстве случаев не может быть использован в качестве ценного органического удобрения. Наиболее доступным и надежным способом подготовки птичьего помета является его высокотемпературная сушка.

Помет высушенный при температуре выше 800 °С приобретает сыпучие свойства и вместе с тем сохраняет свои питательные вещества. Это делает его удобным для транспортирования, длительного хранения, внесения. Он может быть использован в сельском хозяйстве со значительно большей эффективностью. Термическая обработка помета уничтожает патогенные микроорганизмы и доводит его практически до стерильной чистоты.

Третьим компонентом системы, направленной на повышение плодородия почв и продуктивности озимой пшеницы являются лесополосы. Их позитивная роль доказана в ряде работ (Сухарева, 1976; Зайченко, 1984; Павловский, 1991, 1994; Проездов, 1999; Степанова, 1987, 2001; Сурмач, 1992; Кретинин, 2001; Попов, 2006).

Лесооросительные мелиорации, учитывающие воздействие на лесные полосы каналов, поливов, грунтовых и сбросных вод, способны обеспечить наиболее эффективные потоки энергии, круговорот веществ и создать наибольшую эффективность орошаемой пашни.

Ведущим климатическим фактором, на который влияют лесные полосы, а через него на температуру и влажность воздуха, испаряемость и др., является ветер. Установлено, что лесные полосы снижают скорость ветра в среднем на 30 %, а при порывах до 60 %. Температура и относительная влажность воздуха под воздействием лесных полос также имеют положительную динамику. Причем, при поздних весенних и ранних осенних заморозках лесные полосы отепляюще действуют на прилегающую территорию, а в дни с засухой относительная влажность воздуха в зоне 0–25 Н повышается в абсолютных величинах на 6–7 % по сравнению с открытом полем. Дефицит водного баланса за теплый период года имеет тенденцию уменьшения с возрастанием сухости погоды и количества дней с суховейными ветрами. Причем, во влажные годы микроклиматические характеристики среди лесных полос в условиях орошения нивелируются.

Многолетние исследования воздействия лесных полос на экологические факторы среды и урожайность позволили провести регрессионный и корреляционный анализы с построением поверхности откликов и установлением уравнений. Коэффициент детерминации равен 0,64–0,90 и указывает на тесную связь между изучаемыми признаками: урожайностью, температурой и влажностью воздуха, увлажнением года (Попов, 2006).

Лесооросительные мелиорации влияют на суммарное водопотребление культур севооборота. С усилением сухости года в структуре транспирации уменьшается доля осадков с 49 до 12 % и почвенной влаги с 35 до 18 %, а доля оросительной воды возрастает с 15 до 69 %.

Лесные полосы положительно влияют на динамику почвенной влаги, увеличивая влагозапасы на посевах кукурузы в слое 0,6 м на 8–12 мм, при этом

оросительная норма снижается на 20–30 мм, или на 4–5 %. Прибавки урожайности кукурузы на силос увеличиваются с усилением сухости года и составляют от 0,4 до 3,8 т/га.

Коэффициент водопотребления и затраты оросительной воды на единицу урожая снижаются с улучшением влагообеспеченности года. В этих условиях лесные полосы уменьшают вышеуказанные величины на 0,4–10,8 м^3/т. С внесением повышенных доз удобрений закономерно снижаются коэффициент водопотребления и затраты оросительной воды, например, в острозасушливые годы на 11–20 %, а при подаче туков с поливной водой (фертигация) – на 24–44 %. Экономия оросительной воды лесными полосами в разные по степени увлажнения годы составляет: острозасушливые – 100–130 %, средние – 70–85 %, влажные – 10–20 % величины поливной нормы, то есть существует закономерность снижения влияния лесных полос с увеличением количества выпадающих осадков.

Влияние лесных насаждений на микроагрегатный состав почв изучали такие ученые как Е.С. Павловский (1991), П.Е. Соловьев (1967), А.Ф. Вадюнина (1970), Л.Т. Земляницкий и В.Н. Козлова (1937), Т.В. Саралидзе (1964), В.М. Кретинин (2001, 2004), А.И. Разаренов (2002), П.Н. Проездов (1983, 1999, 2002), В.Г. Попов (2006) и др.

Во всех опытах получены позитивные результаты. Применение энергосберегающих технологий мелиоративных приемов возделывания сельскохозяйственных культур позволяет сократить энергетические затраты, увеличить обменную энергию на 1 м^3 оросительной воды и энергетическую эффективность. Эколого-экономическая и энергетическая эффективность агро- и лесомелиорации подчеркивается в ряде работ (Инструкция и нормативы по определению экономической и энергетической эффективности применения удобрений, 1987; Методика оценки эффективности систем земледелия на биоэнергетической основе, 1989, 1999; Севернев, 1991; Киркби, 1984; Aarstad, 1981; Dickey, 1984; Ribanolo, 1989).

Обзор литературы по затронутому вопросу позволил нам сформулировать вывод о том, что необходимы серьезные усилия для того, чтобы современное сельское хозяйство стало более природоохранным. Технология поливного земледелия, применяемая поливная техника должны находиться в полном соответствии с экологическими условиями. Плодородие орошаемых почв не должно снижаться, а отрицательное воздействие орошения на природную среду необходимо свести к минимуму.

Это побудило нас провести исследования по влиянию различных доз нового вида удобрений – сухого гранулированного птичьего помета на продуктивность озимой пшеницы и плодородие орошаемых темно-каштановых почв в системе лесных полос и без их участия.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Агрохимическая характеристика почв опытного участка

Преобладающая почвенная разновидность опытного поля ООО «Нива» Энгельсского района Саратовской области – темно-каштановая среднемощная тяжелосуглинистая. Основные почвенно-гидрологические константы профиля представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Водно-физические свойства темно-каштановой почвы

Глубина, см	Плотность сложения почвы, г/см^3	Порозность, %	Максимальная гигроскопичность		Влажность завядания		Наименьшая влагоемкость		Продуктивная влага, мм
			%	мм	%	мм	%	мм	
0–10	1,05	57,5	10,9	11	14,6	15	28,1	30	15
10–20	1,10	55,6	11,1	12	14,9	16	28,0	31	15
20–30	1,13	55,0	11,1	13	14,9	17	28,0	32	15
30–40	1,19	53,0	11,3	13	15,1	18	27,8	33	15
40–50	1,22	52,2	11,7	14	15,5	19	28,0	34	15
0–50	–	–	–	63	–	85	–	160	75
50–60	1,34	48,1	11,1	15	14,9	20	27,7	37	17
60–80	1,39	16,5	11,0	30	14,7	40	26,9	75	35
80–100	1,49	43,2	10,8	32	14,5	44	26,6	79	35
0–100	–	–	–	140	–	189	–	351	162

Гранулометрический состав почвы изменяется от средне и тяжелосуглинистого до легкоглинистого. Слабоминерализованные грунтовые воды залегают на глубине 15–20 м. Техника полива – ДМ-454-100 «Фрегат» с водозабором из магистрального канала расходом 18 м^3/с. Мощность почвенных генетических горизонтов А+В – 94–100 см с содержанием гумуса 2,2–3,6 %.

В опытах использовались лесные полосы шириной 18–27 м (6 рядов) плотной конструкции, возраст 40 лет. Главная порода – вяз приземистый высотой

12,5–15,8 м. Бонитет насаждений I–II. Сохранность 14–41 %. Высота древесных пород увеличивается по мере приближения к оросительному каналу.

Эколого-агрохимическая характеристика почв по годам исследований представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Эколого-агрохимическая паспортизация почв опытного участка

Показатели	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Гумус, %	2,5	2,4	2,3
pH	5,8	5,9	6,1
Нитрификационная способность почв, мг/кг	6,3	6,8	6,4
P_2O_5	19,6	12,6	14,5
K_2O	315	322	392
Тяжелые металлы, мг/кг:			
свинец	12	18	14
кадмий	0,43	0,35	043
ртуть	следы	следы	следы
никель	25	20	22
мышьяк	1,3	1,8	1,5

Содержание гумуса в пахотном слое колеблется от 2,3 до 3,5 %, что соответствует очень низкой и низкой обеспеченности. Нитрификационная способность почв составляет 6,3–6,8 мг/кг, что также свидетельствует о низкой обеспеченности. Концентрация подвижного фосфора, определенного методом Мачигина, колеблется от 12,6 до 19,6 мг/кг. И этим элементов пахотный слой обеспечен слабо.

Подвижного калия в пахотном слое почв имеется от 315 до 392 мг/кг, что говорит о повышенной обеспеченности. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной (pH 5,8–6,1). Тяжелые металлы находятся в пределах допустимой концентрации.

2.2 Характеристика погодных условий

ООО «Нива» Энгельсского района, на почвах которой проводились исследования, относится к третьему агроклиматическому району, характеризующемуся засушливым, жарким климатом.

Средняя сумма температур воздуха больше 10 °С составляет 2700–2900. Среднегодовое количество осадков – 300–350 мм. Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы весной 100–125 мм. Средняя продолжительность безморозного периода 140–160 дней. Число дней с суховеями 30–50, средняя высота снежного покрова на открытых участках – 30–50 см.

Характеристика погодных условий в годы исследований приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика погодных условий; (по данным Энгельсской метеостанции)

Годы	Месяцы					
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Осадки, мм						
2008	27,0	32,0	76,0	10,8	29,0	46,0
2009	13,0	9,5	15,8	29,0	35,0	13,0
2010	10,8	19,0	0,0	13,3	0,3	16,2
Средне многолетнее	16,0	23,0	26,0	27,0	23,0	24,0
Среднесуточная температура воздуха, °С						
2008	10,6	15,7	18,7	21,4	21,8	13,4
2009	6,9	15,1	22,3	24,0	18,8	16,9
2010	7,9	14,5	18,6	21,6	26,5	16,6
Средне многолетнее	6,6	16,2	21,4	23,9	21,4	13,8
Относительная влажность воздуха, %						
2008	58,0	54,0	58,0	67,0	54,0	60,0
2009	50,0	57,0	54,0	49,0	63,0	56,0
2010	54,0	61,0	53,0	56,0	58,0	58,0
Средне многолетнее	54,0	39,0	37,0	35,0	36,0	42,0

Период проведения полевых исследований охватил годы с различным сочетанием показателей температурного режима, количества выпадающих осадков и относительной влажности воздуха.

Наиболее благоприятным для возделывания озимой пшеницы оказался 2008 г., а самым неблагоприятным – 2010 г.

Большая величина снежного покрова и равномерное весеннее снеготаяние в 2008 г. позволило создать хорошие начальные запасы влаги в почве. В течение теплого периода года постоянно выпадали осадки, общее количество которых за апрель–июль составило 146 мм, что в 2,6 раза выше нормы. В июле выпало 76 мм осадков при 26 мм по норме.

Среднесуточная температура воздуха в апреле была выше, а в мае, июне и июле на 0,5–2,7°С ниже нормы.

В 2009 г. за апрель–июль выпало 67, а в 2010 г. – 56 мм осадков. Их количество по сравнению с 2008 г. уменьшилось в 2,2–2,6 раза, а по отношению к среднемноголетним величинам – в 1,4–1,6 раза. Осадки в июне 2010 г. не выпадали совсем, в апреле их выпало 10,8, а в мае – 19 мм, что в 1,2–1,5 раза ниже нормы.

В целом погодные условия 2008–2010 гг. можно считать типичными для Левобережья Саратовской области, а проведенные трехлетних полевых опытов несомненно позволило установить полную и разностороннюю оценку реакции растений озимой пшеницы на климатический фактор и его отдельные показатели.

2.3 Методика исследований

Научно-исследовательская работа проводилась в 2008–2010 гг. на темно-каштановой почве ООО «Нива» Энгельсского района Саратовской области.

Применялись полевой, лабораторно-полевой, лабораторный методы и производственные испытания. Метод расположения делянок в полевых опытах систематический. Площадь делянки 200 м^2, повторность четырехкратная.

Схема опытов включала следующие варианты:

Опыт № 1:

Влияние различных доз сухого гранулированного птичьего помета на плодородие темно-каштановой почвы и продуктивность озимой пшеницы при орошении (без лесных полос)

Контроль

Сухой гранулированы птичий помет, т/га

1,8

3,6

5,4

Опыт № 2:

Влияние различных доз сухого гранулированного птичьего помета на плодородие темно-каштановой почвы и продуктивность озимой пшеницы при орошении (с лесными полосами)

Контроль

Сухой гранулированы птичий помет, т/га

1,8

3,6

5,4

Опыт № 3:

Влияние эквивалентных доз бесподстилочного птичьего помета на плодородие темно-каштановой почвы и продуктивность озимой пшеницы при орошении

Контроль

Бесподстилочный птичий помет, т/га

6

12

18

Опыт № 4:

Влияние эквивалентных доз минеральных удобрений на плодородие темно-каштановой почвы и продуктивность озимой пшеницы при орошении

Контроль

$N_{90}P_{67}K_{38}$

$N_{180}P_{134}K_{76}$

$N_{270}P_{201}K_{114}$

Поливная норма при орошении озимой пшеницы ДМ–454–100 «Фрегат» составляла 600 $м^3$/га. Влажность почвы поддерживалась на уровне 75–80 % от наименьшей влажности.

Основное внесение удобрений осуществлялось осенью под зябь. Сухой гранулированный птичий помет имел следующий химический состав: влага – 12 %; азот – 5,0 %; фосфор – 3,7 % и калий – 2,1 %. Он готовился из бесподстилочного путем высокотемпературной сушки на смонтированной нами установке. Состав бесподстилочного помета плотной консистенции: влага – 70 %; азот – 1,5 %; фосфор – 1,0 % и калий – 0,75 %.

Из минеральных удобрений использовались аммиачная селитра, двойной суперфосфат и хлористый калий.

Внедрение рекомендованных приемов в производство осуществлено на площади 212 га.

Для выявления сущности ирригационной эрозии почв кроме полевых опытов и производственных испытаний, проведена серия модельных опытов и лабораторных исследований

Модельные лабораторно-полевые и микрополевые опыты были посвящены следующим вопросам: изучению влияния структурного состава темно-каштановой почвы на ее плотность и порозность; строения почвы на интенсивность физико-химических процессов, аэрации почвы при различной степени уплотнения; водным свойствам почвы в зависимости от ее плотности.

Исследования проводились с озимой пшеницей сорта Мироновская 808. Агротехника общепринятая для данной зоны.

Все исследования сопровождались изучением факторов внешней среды, биометрическими измерениями, эколого-агрохимическими и микробиологическими анализами.

В почвенных образцах определяли общее содержание гумуса методом Тюрина, подвижного фосфора и обменного калия – по Мачигину, нитрификационную способность почвы по методу ЦИНАО, степень кислотности (pH) – в 1 н вытяжке хлористого калия, микроэлементов – по Пейве – Ринькису и Крупскому – Александровой, валовое содержание тяжелых металлов спектральным методом.

В исследованиях применялись стоковые площадки (1 $м^2$). Учет поверхностного стока проводился с помощью водосливов с углом выреза 45°. Стоковые площадки устанавливались в трехкратной повторности для каждого варианта опыта.

Фенологические наблюдения проводились по методике Руденко. Анализ структуры урожая – на закрепленных площадках размером 0,25 $м^2$ в 10-ти кратной повторности.

Определяли общую и продуктивную кустистость, длину стебля и колоса, число колосков и зерен в колосе и их массу (методика Госсортсети).

Урожай зерна учитывали методом прямого комбайнирования со взвешиванием зерна с каждой делянки и приведением его к стандартной влажности и 100 % чистоте.

Определение качества зерна: масса 1000 семян по ГОСТу 10842-76, натура – по ГОСТу 10840-64, стекловидность – по ГОСТу 10987-76, содержание и качество клейковины – по ГОСТу 13586-6, белок – по ГОСТу 10846-74.

Экономическая оценка результатов исследований проведена по методике ВНИИЭСХ, энергетическая – по Коринец (1989). Статистическая обработка экспериментальных данных – по Доспехову.

3. АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУХОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА РАЗДЕЛЬНО И В СИСТЕМЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

3.1 Капельная и ливневая поверхностная эрозия почв

Под водной эрозией следует понимать часть процесса денудации, которая состоит из разрушения, перемещения и отложения частиц почвы и пород под действием дождя и текущей воды и определяется законами падения капель и движения водных потоков (Швебс, 1974).

В качестве основного генетического вида водной эрозии принят процесс, который имеет единые гидролого-морфологические признаки, обусловленные законами и закономерностями падения капель дождя и движения микропотоков, состоящего из воды и несущего на себе влияние морфологических образований земной поверхности.

Предлагаемая нами классификация (рис.1) содержит в своей основе процессы проявления эрозии почв и грунтов без образования потоков воды и с ними (струйчатых размывов).

Поверхностно-склоновая эрозия может протекать под действием капель дождя при отсутствии потоков воды. Это капельная эрозия, или эрозия разбрызгивания. Г.И. Швебс (1974) называл ее первым видом водной эрозии, под которым понимается перемещение частиц почвы брызгами капель по воздуху.

В первые минуты дождевания разбрызгивание частиц каплями дождя практически не происходит. Это объясняется тем, что, падая на сухую почву, капля дождя или ее часть мгновенно поглощается почвой. Разбрызгивание появляется только тогда, когда почва достаточно увлажнена и на ее поверхности образовалась пленка воды.

Вода, обладая большим поверхностным натяжением, заставляет дождевую каплю принимать шарообразную форму. При ударе о почву капля образует в

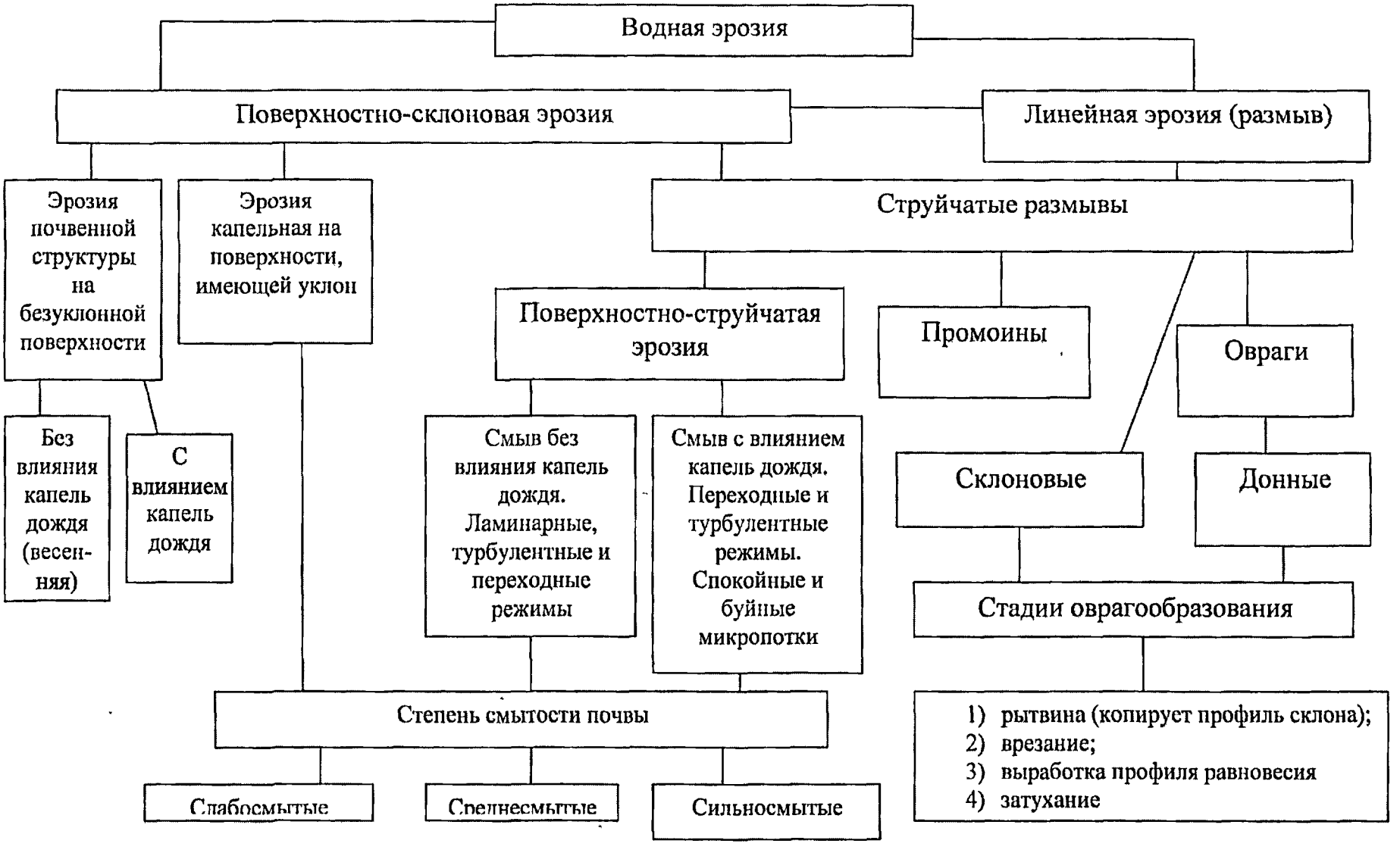

Рис. 1. Классификация водной эрозии почв

ней лунку. При этом поверхностное натяжение воды заставляет часть капли снова принять форму, соответствующую наименьшей площади поверхности, что в свою очередь способствует подпрыгиванию частичек капли вверх. Поверхность отдельных частичек капли захватывает их на некоторое расстояние по воздуху, и затем частицы почвы «приземляются» снова (Мирцхулава, 1970; Швебс, 1968).

Отрицательные последствия разбрызгивания различны и зависят от уклона, проективного покрытия почвы растительностью, продолжительности дождевания, скорости ветра.

На горизонтальной поверхности разбрызгивание не приводит к перемещению частиц почвы в одном направлении и ее единственным последствием является эрозия структуры.

При наличии уклона на участках орошаемой поверхности почвы происходит перенос частичек почвы каплями дождя вниз по склону. Поэтому даже при отсутствии стока, эрозия проявляет себя в переносе почвенных частиц каплями с верхних участков склона на нижние.

В целях изучения капельной эрозии нами проводился следующий микрополевой опыт. Бумажные обеззоленные фильтры, заранее взвешенные и пронумерованные, вносились в зону дождя на 10 с, затем высушивались вместе с прилипшими на них частицами и взвешивались вновь.

Масса почвенных частиц, разлетевшихся вместе с каплями дождя в течение одного полива различна. Пик интенсивности, разбрызгивания почвенных частиц вместе с каплями дождя при орошении озимой пшеницы приходится на 90 мин полива на одной позиции, заметно уменьшаясь затем до завершения полива (табл. 4).

Основная причина этого заключается в образовании капель на поверхности слоя воды, который принимает на себя удары капель дождя, гасит их энергию и тем самым уменьшает разбрызгивание.

В процессе дождевания поверхность почвы уплотняется ударами дождя, что уменьшает интенсивность разбрызгивания.

Таблица 4 – Величина капельной эрозии на темно-каштановой почве при поливе озимой пшеницы ДМ-454-100 «Фрегат»

Номер полива	Степень проективного покрытия, %	Поливная норма, $м^3$/га	Масса разлетевшихся вместе с каплями дождя почвенных частиц, г/м за 1 мин, через промежутки времени (мин)			
			30	60	90	120
1	35	600	2,0	5,5	9,7	1,0
2	55	600	1,7	4,0	8,1	2,5
3	70	600	0,5	2,1	3,8	2,1

Самое существенное влияние на капельную эрозию оказывает наличие на поверхности почвы растительного покрова. Капли дождя, падая на поверхность растений, разбиваются на несколько частей, теряют свою кинетическую энергию, и эрозия разбрызгивания уменьшается.

Первый полив озимой пшеницы, проводившийся при 35 %-м проективном покрытии растений, вызвал максимальную величину капельной эрозии 9,7 г/м·мин. Второй полив, проводившийся при 55 %-м проективном покрытии вызвал эрозию разбрызгивания 8,1 г/м·мин.

При третьем поливе величина максимального значения капельной эрозии составляла 3,8 г/м·мин.

Величина капельной эрозии возрастает при увеличении размера почвенных агрегатов от 0,5 до 2 мм и достигает максимума при размерах частиц почвы 1–2 мм. При увеличении размера почвенных агрегатов свыше 2 мм величина капельной эрозии уменьшается, т.к. дождевые капли не в состоянии переносить их по воздуху. Такие агрегаты должны сначала разрушиться под действием кинетической энергии дождевых капель на более мелкие частицы, которые капли способны переносить по воздуху. На достижение этого процесса требуется определенное время, поэтому величина капельной эрозии для таких агрегатов меньше (рис. 2).

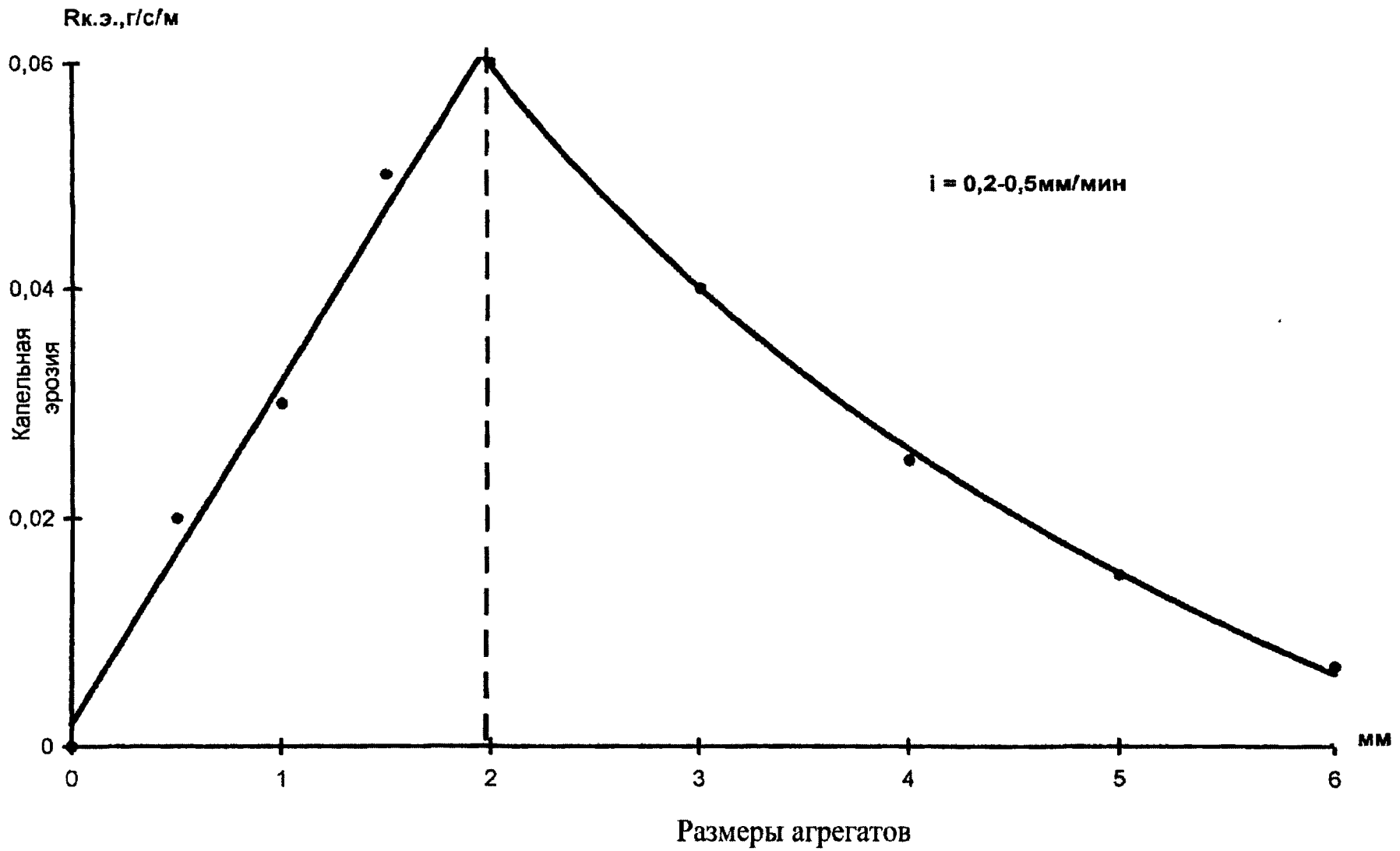

Рис. 2. Зависимость капельной эрозии от размера почвенных агрегатов

Степень разрушения агрегата на более мелкие частицы и интенсивность этого разрушения зависит от водопрочности агрегата, т.е. от его способности противостоять разрушению водой. Чем больше водопрочных агрегатов находится в почве, тем больше времени уходит на то, чтобы разрушить агрегаты на более мелкие почвенные частицы, и, следовательно, меньше будет величина эрозии разбрызгивания.

На верхнем 0–5 см слое почвы преобладают водопрочные агрегаты размером 0,5–1 мм. На разрушение таких агрегатов затрачивается несколько большее времени, чем на разрушение почвенных агрегатов размером 1–2 мм. Поэтому величина капельной эрозии при участии почвенных агрегатов размером 1–2 мм больше, чем при участии агрегатов 0,5–1 мм.

Таким образом, главными факторами, влияющими на капельную эрозию, являются: наличие и степень проективного покрытия; гранулометрический состав почвы, с дополнительным влиянием на интенсивность разбрызгивания, водопрочности почвенных агрегатов.

Большую роль в формировании капельной эрозии играет влажность верхнего 0–5 см слоя почвы перед поливом. Более увлажненный слой почвы поглощает меньшее количество поливной воды до наступления «грязевого» состояния, и тем самым сокращается время до образования первых разбрызгивающихся частичек почвы. И наоборот, сильно иссушенный верхний слой почв активно поглощает дождевые капли, которые при ударе о почву оставляют лунки, равные диаметру капли. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не наступит «грязевое» состояние почвы и не начнется процесс разбрызгивания.

После образования поверхностного стока появляется поверхностный смыв. Капельная эрозия (эрозия разбрызгивания) и поверхностно-струйчатая эрозия (смыв), протекающие на поверхности склона, объединена в вид поверхностно-склоновой эрозии.

3.2 Водный режим почвы и эрозионная опасность дождя

Величина плотности в сочетании с влажностью почвы определяет соотношение твердой и жидкой фаз, характеризующих водные свойства пахотного слоя.

Для выяснения зависимости водных свойств почвы от ее плотности нами проводился лабораторный модельный опыт (приложение 1). Установлено, что влажность устойчивого завядания растений (ВУЗ), выраженная в процентах к объему почвы, изменяется пропорционально плотности, составляя 13,3 % при плотности 0,9 и 23,6 % при плотности 1,5 г/см^3.

Величина наименьшей влагоемкости в процентах от массы почвы наибольших значений достигает при плотности почвы 0,9–1,0 г/см^3. Некоторое снижение наименьшей влагоемкости при увеличении ее плотности объясняется, видимо, сокращением объема внутриагрегатных пустот. Наименьшая влагоемкость в процентах от объема почвы возрастает по мере нарастания плотности.

Плотность почвы оказывает влияние и на содержание доступной влаги. Так, диапазон активной влаги с 15,8 % от объема при плотности почвы 0,9 г/см^3 возрастает до 20,0 % при плотности 1,5 г/см^3.

В связи с этим можно полагать, что плотность почвы оказывает существенное влияние на соотношение между доступной и недоступной водой в единице объема, а, следовательно, и на влагообеспеченность растений.

Плотность темно-каштановых почв, отличающихся тяжелым гранулометрическим составом, в условиях орошения порой возрастает до 1,45–1,50 г/см^3. В уплотненной почве почти вся вода оказывается в зоне действия поверхностных сил почвенных частиц, что приводит к переходу ее в состояние, не доступное для растений. Силы связи молекул воды с почвенными частицами при таких условиях превышают силы корневого сосания, что вызывает необходимость более частых вегетационных поливов.

Таким образом, нашими исследованиями установлено, что при организации рационального режима орошения возделываемых культур необходимо учитывать наличие тесной связи между плотностью почвы и ее водными свойствами. Оптимальное проявление их наблюдается при плотности 1,20–1,30 г/см^3.

Одной из причин дефицита в настоящее время надежных методов прогноза ирригационной эрозии является отсутствие теоретически и экспериментально обоснованной методики определения эрозионной опасности дождей и способов количественного их выражения. Оценка энергии выпадающих дождей и массы стекающей воды по поверхности почвы в строгих рамках классической механики сама по себе выполнена, и в этом направлении трудностей принципиального характера практически нет (Иванов, 1985; Мирцхулава, 1979; Сластихин, 1964; Швебс, 1968, 1974, 1981, 1989).

Однако использование указанных подходов осложняется тем, что не вся энергия дождей расходуется на отрыв и перемещение почвенных частиц вниз по склону. Дожди небольшой интенсивности, несмотря на их значительную продолжительность, не приводят к формированию поверхностного стока и смыва почвы. Такие дожди считаются неэрозионными. Очевидно также, что эрозионная опасность дождей не может быть определена безотносительно объекта его воздействия – почв, состояния поверхности, растительности, агротехники и т.д.

Изложенное дает основание продолжить поиск в оценке эрозионной опасности дождей с использованием косвенных методов, лежащих за пределами классических представлений, но отражающих физическую и энергетическую сущность процесса эрозии. Один из таких подходов был использован американскими исследователями (Wichmeier, Smith, 1958, 1965, 1978). Эрозионный индекс (эрозийность) дождя они характеризовали произведением кинетической энергии дождя на среднюю максимальную его интенсивность 30-минутной продолжительности. Аналогичный подход в определении эрозионного индекса дождей использован в работах ряда других авторов (Ла-

рионов, 1993). Остается невыясненным – чем вызвана необходимость умножать кинетическую энергию на его интенсивность?

Если в смелом отходе от классических представлений в определении эрозийности дождя американских исследователей стоит солидная широкая сеть многолетних наблюдений на стоковых площадках, выполненных по единой программе, то в условиях отсутствия такой сети длительных наблюдений за смывом почвы возникает необходимость систематизации обширного разнородного материала полевых наблюдений на качественно новой методической основе. Наличие разнообразных экспериментальных наблюдений за смывом почвы определяет необходимость разработки таких приемов и средств в определении показателей эрозионной опасности дождей, которые могли быть использованы в качестве рациональной методической основы для систематизации и обобщения имеющихся сведений и накопления новой информации.

Существенный недостаток описанного метода оценки эрозионной опасности дождей заключается в чрезмерной обособленности определяемых показателей и в отсутствии связи с почвенным фактором, с объектом воздействия, которые в их совокупности и определяют специфические зональные особенности проявления эрозионных процессов (Иванов, 1985, Попов, 2006).

Представляется маловероятным сам факт определения потенциала эрозионной опасности дождей вне связи с объектом воздействия – почвами. Эрозионная опасность дождей определяется не только силой их воздействия, но и свойствами конкретной почвенной разности, условиями ее состояния и увлажнения. Один и тот же дождь в зависимости от свойств и состояния объекта воздействия может и должен иметь различную оценку его эрозионной опасности. В противном случае неизбежны дальнейшие осложнения в определении показателей эродируемости почв и прогноза их потерь со склонов. В качестве альтернативного интегрального показателя свойств почв, отражающих их генезис и условия определения эрозионной опасности дождей, может быть использована их водопроницаемость.

Поскольку показатель эрозионной опасности дождя призван отражать его способность вызывать смыв и размыв почвогрунтов, постольку он и должен определяться с учетом свойств и состояния объекта воздействия. Совершенно очевидно, что дожди с абсолютно одинаковыми физическими и энергетическими характеристиками будут иметь различную эрозионную опасность в зависимости от начальной интенсивности водопоглощения, установившейся скорости фильтрации почвогрунтов, их противоэрозионной стойкости и других внешних условий. Применительно к конкретным условиям эрозионная опасность дождя определяется сопряженным взаимодействием во времени двух функций интенсивности дождя и водопроницаемости почвогрунтов.

Анализ функционального взаимодействия интенсивности дождя во времени и водопроницаемости почвогрунта в одной системе координат (рис. 3) позволили выявить следующие положения:

1. Неэрозионноопасными являются дожди любой продолжительности, интенсивность которых равна или ниже установившейся скорости фильтрации почвогрунтов (на рис. 3 ниже линии ДВ). Дожди с интенсивностью, превышающей установившуюся скорость фильтрации почвогрунтов, являются эрозионноопасными (на рис. 3 выше линии ДВ). В данном случае влажность почвогрунтов соответствует или близка их наименьшей влагоемкости, что может иметь место после предшествующего выпадения дождей или произведенного полива.

2. Эрозионноопасные дожди могут приводить или не приводить к поверхностному стоку воды или смыву почв в зависимости от начальной скорости водопоглощения, предшествующей степени увлажнения почвогрунтов, их состояния и свойств (на рис. 3 выше начальной и конечной точек Д и В: точка С соответствует максимальной интенсивности дождя).

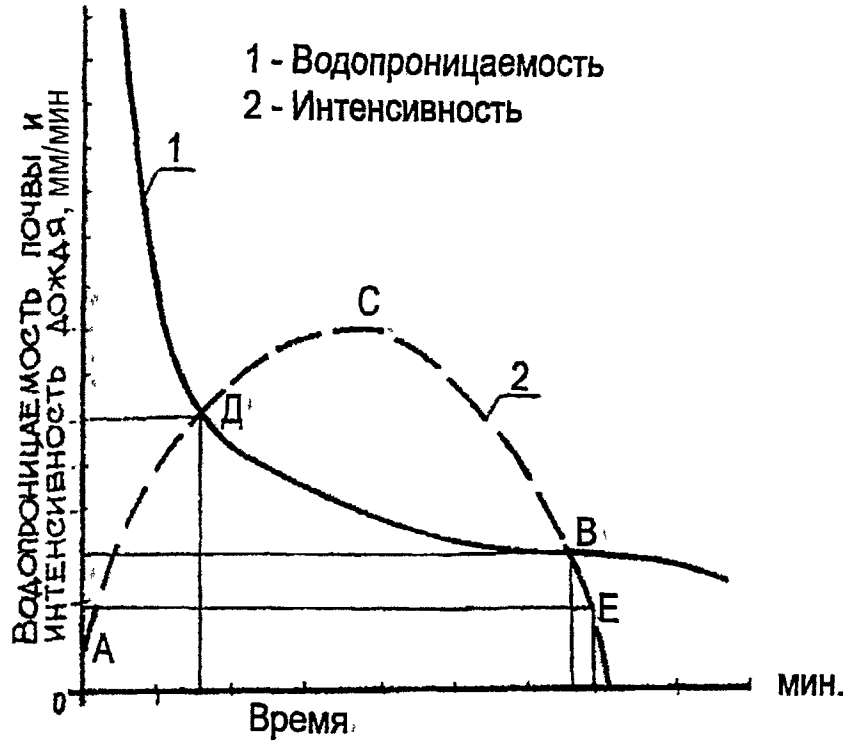

Рис. 3. Физическая сущность эрозионной опасности дождя

3. Наложение кривых интенсивности дождя и водопроницаемости почвогрунта во времени в единой системе координат и масштабе позволяет с достаточной точностью определить эрозионный слой дождя как произведение его средней эрозионноопасной интенсивности на соответствующий отрезок времени и определить его эрозионноопасную массу на единице площади.

4. На основе определения массы эрозионноопасной части дождя и скорости падения капель, связанных с его интенсивностью и диаметром капель, может быть вычислена кинетическая энергия той части дождя применительно к конкретным почвогрунтам, которая совместно с энергией стекающей массы воды по склону и будет определять соответствующую величину смыва.

С помощью величины удельного смыва или эродированности почв можно систематизировать и обобщить имеющийся в нашей стране большой разрозненный материал, выполнить специальные исследования, установить применительно к различным почвам показатели эродируемости, осуществить прогноз ирригационной и ливневой эрозии.

Такова в общих чертах теоретическая основа, позволяющая решать двуединую задачу – дать объективную характеристику эрозионноопасной части дождя и через показатель удельного смыва перейти к расчету потерь воды в результате эрозии.

3.3 Почвоулучшающая роль системы лесных полос

Почвоулучшающая роль лесных пород подчеркнута в ряде работ (Арманд, 1961; Бирюкова, 1958; Кретинин, 1994; Кружилин, 1998; Кулик, 2001; Павловский, 1995; Петров, 2001; Проездов, 1999; Попов, 2006 и др.).

Лесные полосы способны обеспечить наиболее эффективные потоки энергии, круговорот веществ и создать наибольшую продуктивность сельскохозяйственных культур. Под их влиянием улучшается микроклимат, гидрогеологические условия и плодородие почв.

Наши исследования показывают стабильное увеличение мощности генетических горизонтов по мере приближения к лесным насаждениям (табл. 5).

Таблица 5 – Динамика морфогенетических показателей темно-каштановой почвы под влиянием лесооросительной мелиорации

Варианты опыта	Мощность генетических горизонтов, см		
	А	В	С
Контроль	0–32	32–96	от 96
Л П	1,5–37	34–101	от 101
1 Н	0–34	34–100	от 100
3 Н	0–34	34–98	от 98
10 Н	0–32	32–98	от 98
20 Н	0–32	32–94	от 94

Мощность горизонта А в лесной полосе увеличивается за счет разложения лесной подстилки и большей растворимости органических веществ вследствие повышенной увлажненности почв под лесными насаждениями. Горизонт В увеличивается также за счет перемещения гумусовых кислот в горизонт С.

В мелиоративной зоне (1–3–10Н) горизонты А и В увеличиваются в меньшей степени, чем в лесной полосе, так как с лесной полосы выносится часть опада листвы и увлажненность почвы становится ниже по мере удаления от лесной полосы. По сравнению с контролем увеличение мощности происходит из-за разложения более мощных корневых остатков.

По экспериментальным данным построены математические модели:

для горизонта А $y = 0{,}0122x^2 - 0{,}4041x + 65{,}113$;

для горизонта В $y = 0{,}02161x^2 - 0{,}47777 + 35{,}122$.

$$R^2 = 0{,}7182 - 0{,}9439,$$

где у – мощность горизонта, см; х – расстояние от лесных полос, Н (высота насаждения, м).

Полученные коэффициенты детерминации позволяют с высокой степенью точности использовать данные зависимости для прогнозирования и изменения мощности генетических горизонтов до 20 Н от лесных полос.

Гранулометрический анализ почвенных образцов показал, что количество частиц < 0,01 мм в горизонтах А и В орошаемой темно-каштановой почвы составляет 33,5–34,4 %, что позволяет отнести ее к среднесуглинистой песчано-крупно-пылеватой (табл. 6, рис. 4–8). Содержание физической глины в горизонтах А и В под лесополосой составило 50,1–50,4 % и оставалось почти на таком же уровне до 3 Н и лишь при 10 и 20 Н снизилось до 45–48 % (рис. 4–6). Таким образом, орошаемые темно-каштановые почвы в лесной полосе являются тяжелосуглинистыми. Содержание физической глины в горизонте С под лесной полосой и на расстоянии до 3 Н составляет 41–43 %, что характеризует его как среднесуглинистый, на расстоянии 10 и 20 Н ее количество возрастает до 46 %.

Фракция физической глины состоит из устойчивых продуктов выветривания, обладающих коллоидными свойствами. Обладая пониженной капиллярностью и способностью к свертыванию и набуханию, придает почве свойства связности и пластичности.

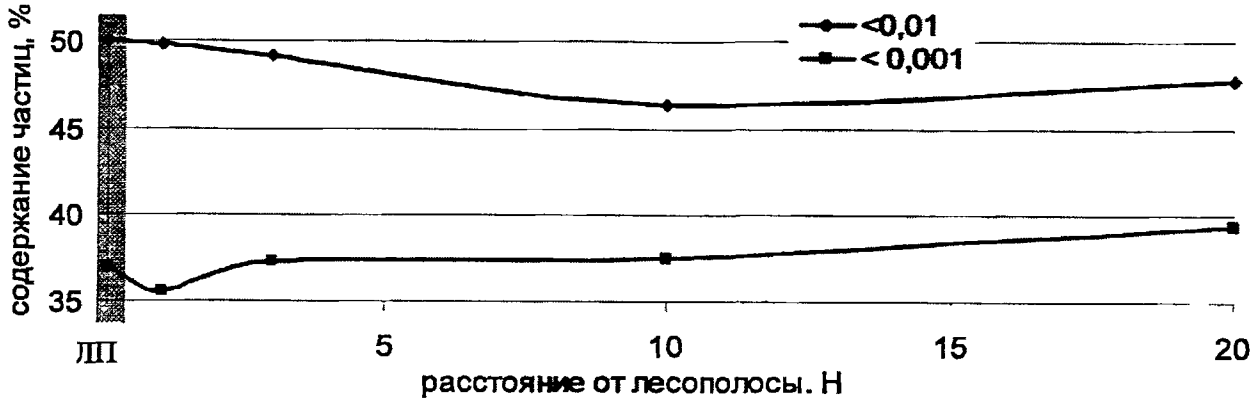

Рис. 4. Содержание физической глины и ила в почвенном горизонте А на различном расстоянии от лесополосы

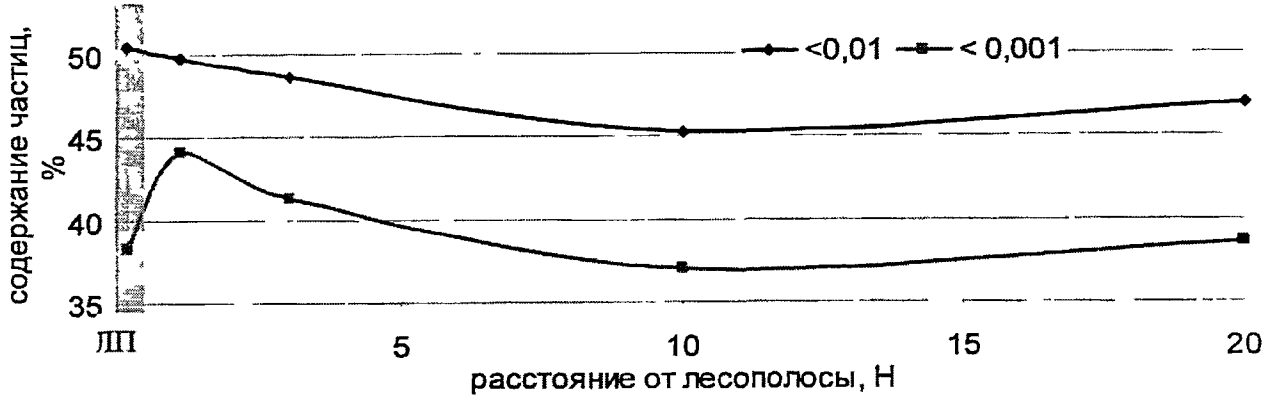

Рис. 5. Содержание физической глины и ила в почвенном горизонте В на различном расстоянии от лесополосы

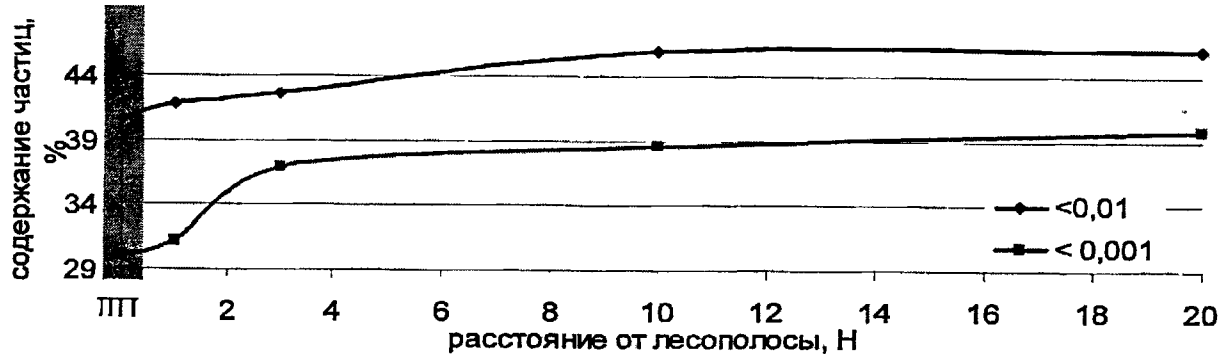

Рис. 6. Содержание физической глины и ила в почвенном горизонте С на различном расстоянии от лесополосы

Таблица 6 – Агрофизические свойства орошаемой темно-каштановой почвы в зоне влияния лесных полос

№ почвенных разрезов	Место	Горизонт	Гранулометрический состав, %		Структурный состав, %			Критерии водопрочности	Плотность сложения, г/см^3	Плотность твердой фазы, г/см^3	Порозность, %
			<0,01 мм	<0,001 мм	> 10 мм	Рассев 10–0,25 мм					
						сухой	мокрый				
1	Орошение без ЛП	A	34,4	19,3	35,4	51,2	24,1	0,47	1,30	2,63	50,5
		B	33,5	23,2	44,8	47,2	22,5	0,48	1,38	2,59	46,7
		C	–	–	–	–	–	–	1,45	2,65	45,2
2	ЛП	A	50,1	37,0	33,7	64,3	37,8	0,59	1,11	2,50	55,6
		B	50,4	38,3	31,0	63,7	28,5	0,45	1,21	2,56	52,7
		C	40,6	30,1	–	–	–	–	1,38	2,58	46,5
3	1 Н	A	49,8	35,5	44,2	51,3	29,0	0,57	1,23	2,61	52,9
		B	49,7	44,2	45,4	52,7	28,2	0,53	1,35	2,60	48,1
		C	41,8	31,2	–	–	–	–	1,42	2,60	45,4
4	3 Н	A	49,1	37,3	46,1	49,0	26,1	0,53	1,22	2,59	52,9
		B	48,6	41,3	44,5	54,6	23,9	0,44	1,34	2,62	48,9
		C	42,7	36,9	–	–	–	–	1,40	2,61	46,4
5	10 Н	A	46,3	37,5	45,1	51,7	23,3	0,45	1,26	2,61	51,7
		B	45,2	37,0	49,3	46,7	24,0	0,51	1,36	2,59	47,5
		C	45,9	38,5	–	–	–	–	1,44	2,61	44,8
6	20 Н	A	47,7	39,3	52,8	43,4	21,2	0,49	1,28	2,63	51,3
		B	47,0	38,6	67,9	30,2	20,2	0,67	1,39	2,60	46,5
		C	46,0	39,8	–	–	–	–	1,44	2,61	44,8

Фракция ила в горизонтах А и В орошаемой темно-каштановой почвы составила 19–23, а в лесной полосе и на расстоянии до 20 Н от нее 35–44 % (рис. 7–10).

Агрономически ценных агрегатов (0,25–10 мм) в горизонтах А и В орошаемой темно-каштановой почвы найдено 47–51, в лесной полосе 64 и на расстоянии до 3 Н от нее 49–55 % (рис. 7–10).

Особенно заметно под влиянием лесных полос изменилась водопрочность почвы. Если на орошаемом контроле содержание водопрочных агрегатов в горизонте А составило 24,1, то в лесной полосе 37,8 или была в 1,6 раза выше. На расстоянии от лесополосы до 3 Н количество водопрочных агрегатов держалось на уровне 29-26–29, а 10 и 20 Н – 21–23 %.

Критерий водопрочности по мере приближения к лесополосе в горизонте А повысился с 0,47–0,49 до 0,57–0,59 (рис. 11–14).

Плотность почвы в горизонте А под лесополосой составила 1,11, на расстоянии до 3 Н – 1,22 и без влияния лесополос – 1,30 г/см^3 (рис. 12, 15).

Содержание глыбистых агрегатов (> 10 мм) по мере приближения к лесополосе снизилось в горизонте А с 53 до 34 и В – с 68 до 31 %.

В лесной полосе более высокое содержание частиц размером < 0,01 и < 0,001 мм в горизонте В, мы увязываем не только с изменчивостью гидравлических параметров поверхностного стока в лесной полосе и на прилегающей территории, но и биохимическим и биомеханическим воздействием на почвенный субстрат лесного сообщества и продуктов его жизнедеятельности. Илистая фракция в большей степени подвержена такому воздействию. Разрушается кристаллическая решетка высокодисперсных минералов, слагающих фракцию. За счет повышения гидратации еще более диспергированных механических частичек активизируются их коллоидное состояние, создаются благоприятные условия для глубокопрофильного лессивирования (суспензионный перенос), которое в легких почвах при больших объемах инфильтрующейся воды может достигнуть глубины 100–120 см.

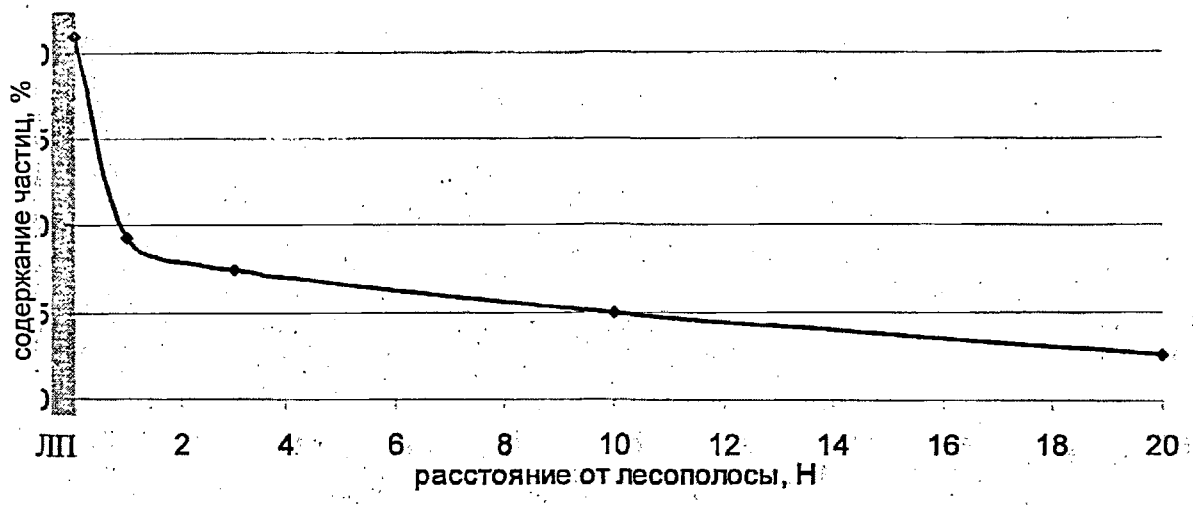

Рис. 7. Распределение особо ценных агрегатов 1–5 мм в горизонте А на различных расстояниях от лесополосы

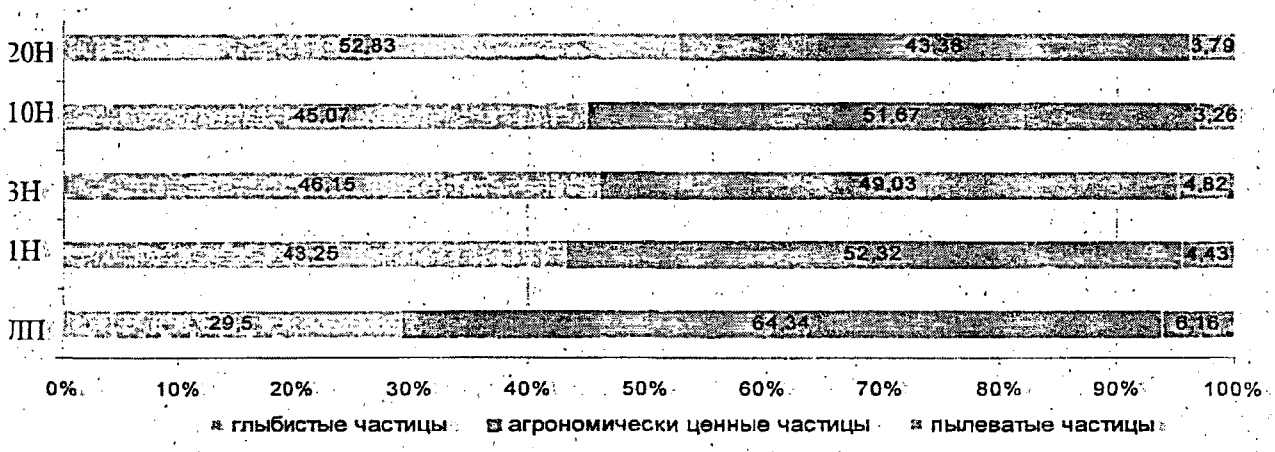

Рис. 8. Распределение фракций в горизонте А под влиянием системы лесоросительных мелиораций

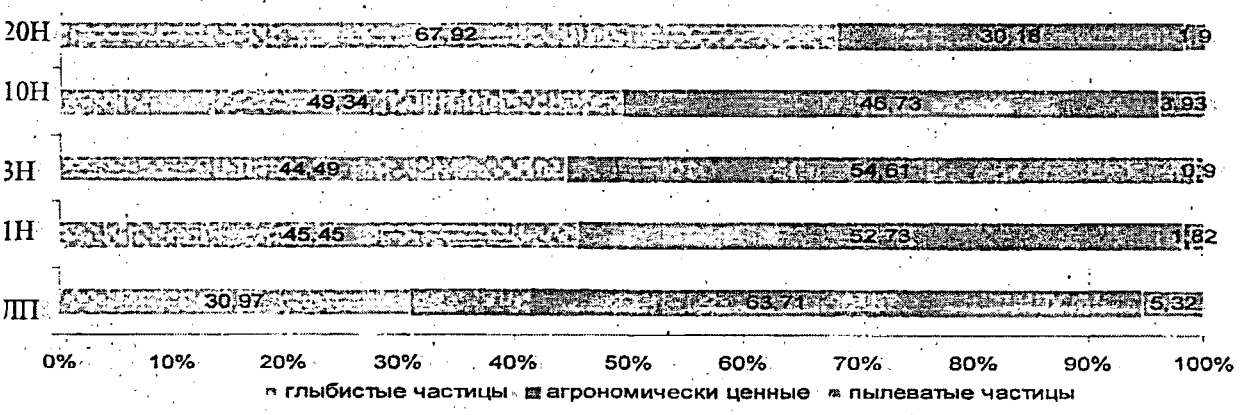

Рис. 9. Распределение фракций в горизонте В под влиянием системы лесоросительных мелиораций

Рис. 10. Распределение особо ценных агрегатов 1–5 мм в горизонте В на различных расстояниях от лесополосы

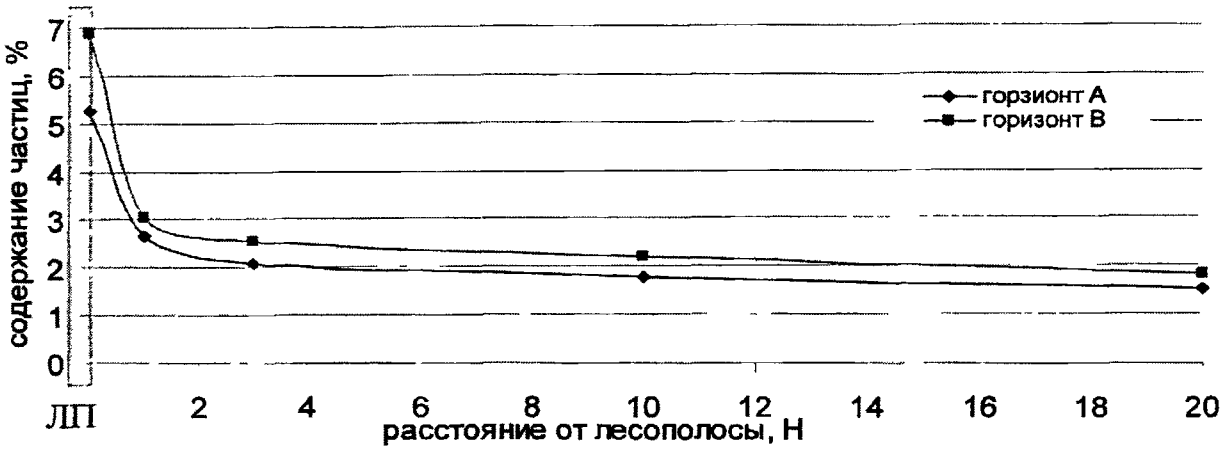

Рис. 11. Распределение водопрочных агрономически ценных агрегатов размером 1–5 мм под влиянием лесных полос

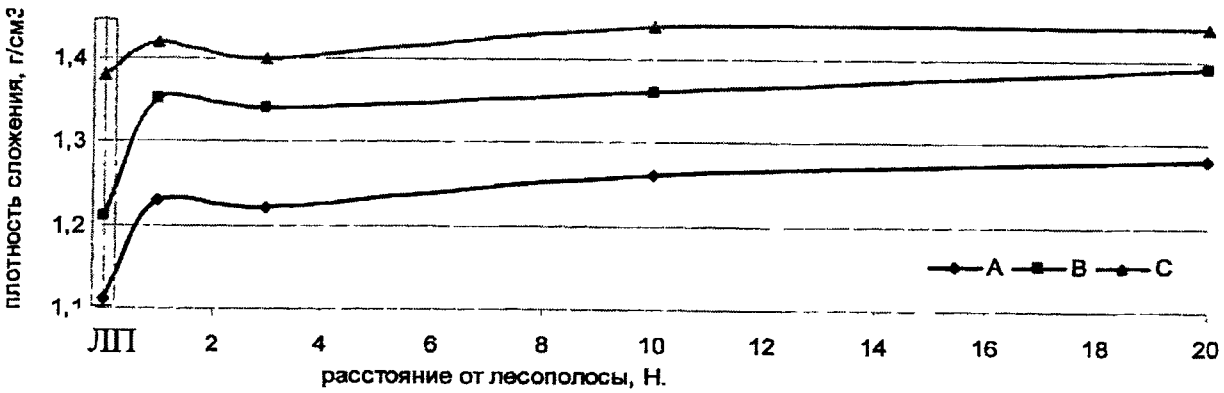

Рис. 12. Динамика плотности сложения почвы в системе лесооросительных мелиораций

Уменьшение глыбистых частиц с приближением к лесополосе связано со снижением илистых фракций, плотности почвы, и увеличением содержания органического вещества в почве за счет опада листвы и более мощной корневой системы растений.

Порозность почвы коррелировала с плотностью сложения, увеличиваясь по мере приближения к лесной полосе. Отмеченные закономерности пространственного изменения агрофизических свойств орошаемой темно-каштановой почвы в зоне влияния системы лесных полос отражены в рис. 13–15.

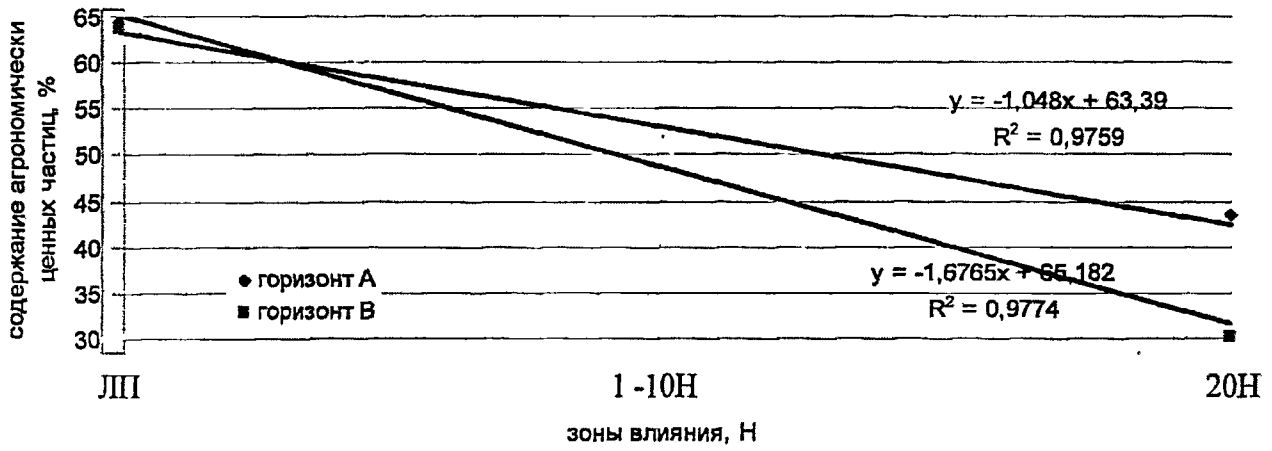

Рис. 13. Зависимость содержания агрономически ценных агрегатов под влиянием лесных полос

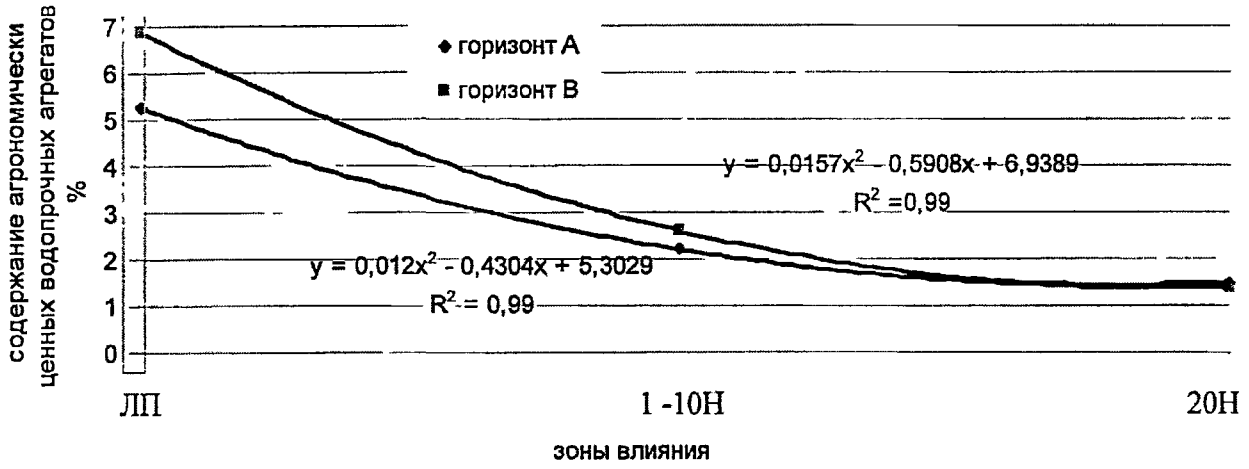

Рис. 14. Зависимость содержания водопрочных агрегатов под влиянием лесных полос

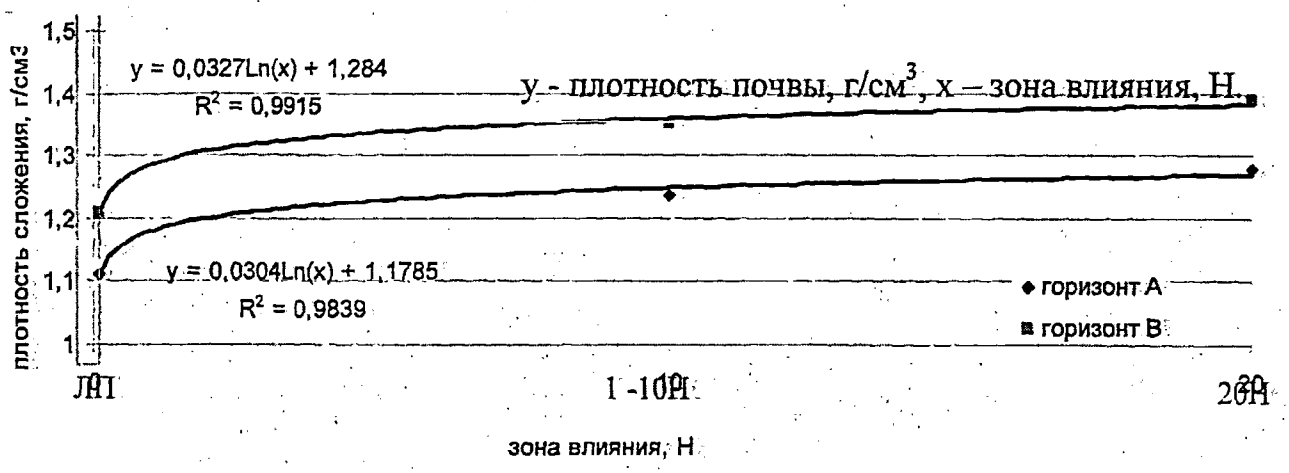

Рис: 15. Зависимость плотности сложения почвы под влиянием лесных полос

В целом, исследуемые нами агрофизические свойства орошаемых темно-каштановых почв, находящихся под влиянием лесных полос улучшаются. Происходит увеличение физической глины, агрономически ценных и водопрочных частиц, снижение плотности сложения и увеличение порозности почвы.

Высокий коэффициент детерминации позволяет с большой степенью достоверности использовать их для оценки снижения плотности сложения почвы, содержания водопрочных и агрономически ценных агрегатов в зоне лесооросительных мелиораций.

Лесные полосы влияют на накопление гумуса и энергетический потенциал почвы. В почве под лесной полосой в горизонте А идет активное гумусонакопление за счет разложения лесной подстилки и отпада корневой системы древесно-кустарниковой и травяной растительности. Более высокое содержание гумуса в горизонтах А и В в системе полос и на некотором расстоянии от них, по сравнению с открытым полем, обуславливается млиоративным влиянием насаждений посредством формирования микроклимата, выноса листьев, агрохимических и биогеохимических процессов в почве.

Содержание гумуса в горизонте А орошаемой темно-каштановой почвы открытого поля и на расстоянии 20 Н от лесных полос было минимальным и довольно близким 2,54–2,68 против 2,33–2,42 % на богарных участках (табл. 7).

Таблица 7 – Распределение гумуса и энергетический потенциал орошаемой темно-каштановой почвы в зоне влияния лесных полос

№ почвенных разрезов	Место	Горизонты	Мощность, см	Гумус, %	Запасы гумуса, т/га	Энергия, ГДж/га
1	Орошение без ЛП	А	32	2,68	111	2,6
		В	64	2,31	204	4,7
		А+В	96	2,50	316	7,3
2	ЛП	А	35,5	4,87	192	4,4
		В	64	2,96	229	5,3
		А+В	99,5	3,64	421	9,7
3	1 Н	А	34	3,49	146	3,4
		В	66	2,45	218	5,0
		А+В	100	2,80	364	8,4
4	3 Н	А	34	2,71	112	2,6
		В	64	2,52	216	5,0
		А+В	98	2,59	329	7,6
5	10 Н	А	32	2,61	105	2,4
		В	62	2,38	201	4,6
		А+В	94	2,46	306	7,0
6	20 Н	А	32	2,54	103	2,3
		В	62	2,35	203	4,7
		А+В	94	2,45	306	7,0

По мере приближения к лесополосе оно увеличивалось, а в ней самой достигло рекордной отметки – 4,87 %. Содержание гумуса в пахотном горизонте неорошаемой лесополосы составило 3,65 %. При сопоставлении этих данных почвоулучшающая роль лесных полос становится особенно очевидной.

Орошение усиливает действие лесных полос, а лесные полосы повышают эффективность орошения. Накопление гумуса в верхнем слое почвы под лесополосой от орошения составило 0,12–0,35, а от влияния системы лесных полос в богарных условиях 1,23–1,32 и при орошении 2,19–2,33 %. То есть орошаемые лесные полосы по своему влиянию на накопление органического вещества почти вдвое эффективнее богарных. Совместное применение лесных полос и орошения увеличило содержание гумуса на 2,45–2,54 %. Долевое участие в этом процессе лесных полос 89–92 %.

Запасы гумуса в горизонте А открытого поля и на расстоянии 3–20 Н от лесополосы составили 103–112 против 146 (1 Н) и 192 т/га в самой лесополосе. Запасы энергии в гумусе верхнего слоя почвы по мере приближения к лесополосе увеличились с 2,3–2,6 до 4,4, а в гумусе двух горизонтов А + В с 7,0–7,3 до 9,7 ГДж/га.

Таким образом, агрофизические свойства орошаемых темно-каштановых почв под защитой лесных полос, по основным характеристикам, являются более ценными по сравнению с почвами, находящимися в таких же условиях, но без защиты лесных полос.

3.4 Агрофизические свойства почвы

Эрозионная опасность дождя, как было показано нами выше, зависит от сопряженного взаимодействия во времени двух функций – интенсивности дождя и водопроницаемости почвогрунта.

Среднесуточный диаметр капель и интенсивность дождя ДМ-454-100 «Фрегат» непрерывно увеличиваются по мере удаления от оси дождевателя и достигают максимального значения в конце струи (приложение 2).

Аппараты первых трех серий создают дождь с интенсивностью 0,2–0,4 мм/мин. Такой дождь в целом приемлем для почвы и растений. Исследования показали, что допустимая интенсивность дождя для каштановых почв составляет 0,06–0,22 мм/мин, а допустимая поливная норма 30–49 мм (Попов, 2006). Растительный покров на поверхности почвы позволяет увеличить достоковую поливную норму на темно-каштановых почвах на 7–17 мм.

Диаметр капель у аппарата первой серии составляет 0,2–0,9, второй – 0,2–1,34 и третьей 0,2–2,10 мм. И по этому показателю дождь, формируемый аппаратами первых трех серий приемлем, поскольку окружность его капель не превышает допустимого значения (2 мм).

Однако двухконсольный аппарат серии № 4 подает дождь большой интенсивности, показатели которой возрастают по мере удаления от оси дождева-

теля, достигая в конце дождевой струи 2,66–3,14 мм. На расстоянии 10 м от оси она составляет 0,56, а 18 м – 0,98 мм/мин. Диаметр капель на расстоянии 26 м составляет в среднем 2,30, 30 м – 3,80 и 34 м – 4,30 мм.

В процессе дождевания под разрушительным действием крупнокапельного дождя непрерывно уменьшается водопроницаемость почвы, что усиливает капельную и ливневую поверхностную эрозию.

Водопроницаемость почвы – альтернативный показатель определения эрозионной опасности дождя, также обладает большой спецификой и динамикой даже в пределах одного поля, что обусловлено состоянием поверхности поля, различным уплотнением пахотных и подпахотных слоев почвы, различной степенью иллювиированности переходных горизонтов, наличием трещин, кротовин и т.д.

Средневзвешенная из 75 определений, водопроницаемость почвы в различных точках опытного поля составила через первые десять минут 0,89 мм/мин; через полчаса она уменьшилась в 2,3, час – 3,0 и через два часа – 6,8 раз (приложение 3). Ее абсолютные величины были равны, соответственно 0,38; 0,30 и 0,13 мм/мин. Амплитуда колебаний в первые десять минут составила 0,17–1,57, через час 0,07–0,71 и через два часа 0,03–0,43 мм/мин. Максимальные величины превосходили минимальные в 9–14 раз. Это указывает на необходимость более строгого подхода и использования средневзвешенных характеристик водопроницаемости почвы применительно к конкретному участку.

Исследования, проведенные при колошении озимой пшеницы, показали, что водопроницаемость почвы существенно повышается под воздействием лесополос и применения сухого гранулированного птичьего помета (табл. 8). Наилучшие результаты получены при использовании помета в дозе 5,4 т/га.

В среднем за три года водопроницаемость на этом варианте через первые десять минут составила 0,81, а без применения лесных полос 0,75 мм/мин. При окончании эксперимента водопроницаемость почвы на контрольном варианте (без применения лесных полос и удобрений) была равна 0,13, с при-

менением лесных полос 0,15 и совместном применении лесных полос и помета в дозе 5,4 т/га – 0,22 мм/мин.

Таблица 8 – Влияние лесных полос и различных доз сухого гранулированного птичьего помета на водопроницаемость пахотного слоя темно-каштановой почвы (2008–2010 гг.), мм/мин

Дозы СГПП, т/га	Интервал наблюдения, мин			
	10	30	60	120
Без лесных полос				
0	0,50	0,40	0,25	0,13
1,8	0,55	0,45	0,29	0,15
3,6	0,62	0,50	0,31	0,16
5,4	0,75	0,60	0,39	0,19
С лесными полосами				
0	0,51	0,43	0,27	0,15
1,8	0,57	0,45	0,30	0,19
3,6	0,68	0,55	0,33	0,18
5,4	0,81	0,65	0,40	0,22

Для сохранения почвенной структуры при поливе дождеванием необходимо знать причины ее разрушения. К ним относятся механическое воздействие дождевых капель и физико-химическое воздействие воды на почву. При вытеснении водой воздуха, заключенного в порах и капиллярах, разрушаются крупные структурные отдельности и расположенные на поверхности коллоиды – микроагрегаты. Полив без разрушения почвенной структуры не вызывает стокообразования. Наличие разрушения ведет к снижению водопроницаемости почвы и влечет за собой образование стока раньше выдачи поливной нормы. Кроме того, орошение с минимальным разрушением почвенной структуры способствует более интенсивному росту и развитию растений и тем самым повышает урожайность сельскохозяйственных культур.

Сопротивление почвы смывающему действию дождевых потоков и разрушающему воздействию капель дождя называется противоэрозионной стойкостью почвы. Важным фактором противоэрозионной стойкости почв является водопрочность почвенной структуры. Она зависит от величины и

состава гумуса, гранулометрического состава, емкости поглощения оснований, влажности почвы и других факторов.

Отношение суммы агрегатов более 0,25 мм при мокром и сухом просеивании почвы определяется как критерий водопрочности.

Н.Ф. Бондаренко (1975), изучая водопрочность почвенных агрегатов, пришел к выводу, что разрушающее действие воды на почвенную структуру проявляется в следующем: в механическом разрушении агрегатов падающими дождевыми каплями; в изменении концентрации и состава электролитов, обусловливающих коагуляцию и слипание частиц и в разрушении почвенных агрегатов защемленным воздухом. Им же выделены 2 типа агрегатов:

1) условно водопрочные, сохраняются в воде лишь при предварительном медленном увлажнении;

2) безусловно водопрочные – сохраняются при любом воздействии воды.

Разрушение дождевыми каплями крупных почвенных агрегатов вызывает заиление пор мелкими частицами, образовавшимися после разрушения крупных агрегатов. И, как следствие этого, на поверхности почвы образуется слой с повышенной плотностью и низкой водопроницаемостью.

Степень изменения плотности поверхностного слоя почвы в процессе полива зависит от интенсивности разрушения почвенных агрегатов.

Чем сильнее они разрушаются и меньше размер водопрочных агрегатов, слагающих самый верхний слой почвы, тем выше становится его плотность.

Поэтому для косвенной оценки возможного уплотнения поверхности почвы после полива может применяться величина водопрочных агрегатов после воздействия дождя.

Самая высокая водопрочность почвенных агрегатов достигнута при совместном применении лесных полос и сухого гранулированного птичьего помета. С повышением дозы органических удобрений возрастала и водопрочность, достигнув своего максимума при внесении 5,4 т/га помета.

Содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое темно-каштановой почвы в среднем за три года на контрольном варианте по фазам развития

озимой пшеницы составляло 30,2–33,9, при использовании лесных полос 31,2–35,3, внесении 5,4 т/га помета 34,1–35,6 и совместном их применении – 35,2–38,0 (табл. 9).

Таблица 9 – Влияние лесных полос и различных доз сухого гранулированного птичьего помета на содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое темно-каштановой почвы (2008–2010 гг.), %

Дозы СГПП, т/га	Всходы	Колошение	Полная спелость
Без лесных полос			
0	30,2	33,8	33,9
1,8	30,6	33,3	33,5
3,6	32,0	34,5	34,9
5,4	34,1	35,3	35,6
С лесными полосами			
0	31,2	35,3	35,1
1,8	31,3	35,5	35,3
3,6	34,9	36,4	37,1
5,4	35,2	37,1	38,0

Модельные опыты показали, что формирование поверхностного стока находится в тесной зависимости от водопроницаемости почвы и ее плотности. При плотности почвы 0,9–1,0 г/см^3 и высокой водопроницаемости 1,13–1,07 мм/мин поверхностный сток не формировался.

При водопроницаемости 0,51 мм/мин (плотность 1,3 г/см^3) поверхностный сток составил 50,7 мм, а при 0,14 мм/мин и плотности 1,5 г/см^3 – 66,9 мм. Поливная норма во всех случаях составляла 60 мм, интенсивность дождя 0,25–0,41 мм/мин. При плотности 1,3 г/см^3 было потеряно 63,3 %, при 1,5 г/см^3 – 83,6 % общего количества поданной воды.

Разрушение почвы происходило в соответствии с водопрочностью ее структуры. Наиболее интенсивным оно было на менее уплотненной почве (плотность 1,1–1,3 г/см^3). Количество водопрочных агрегатов в этих случаях было относительно небольшим (38,5–39,3 %). При плотности 1,4–1,5 г/см^3 почва отличалась хорошо выраженной структурой, поэтому разрушение ее

было минимальным, что привело к уменьшению смыва почвы по сравнению с менее уплотненными вариантами (приложение 5).

Как известно, почвенные комочки, формирующие структуру почвы, состоят из механических элементов, склеенных органическими и минеральными коллоидами почв. Поэтому распад микроагрегатов при орошении дождеванием происходит не только за счет механическою воздействия дождевых капель, но и за счет растворения водой склеивающих почвенные частицы компонентов. В связи с этим их количественный учет представляет определенный интерес для расшифровки сложной и подчас противоречивой динамики почвенных процессов, протекающих при орошении и влекущих за собой формирование ирригационной эрозии почв.

Работы А.Г. Бондарева (1982, 1985), М.С. Кузнецова (1981), Н.П. Чижиковой (1995), Е.А. Даниловой, С. И. Сысоева (1974) показали, что многие неблагоприятные водно-физические свойства почвы обусловлены содержанием в ней гидрофильных коллоидов.

Под действием поливной воды происходит частичный гидролиз частиц твердой фазы почвы, вследствие чего возрастает содержание предколлоидной и коллоидной фракций. Н.Е. Синицына (1999) высокодисперсную часть почвы именует воднопептизируемым илом, подразделяя его на 2 фракции – низко- и высокоагрегированную.

Наши исследования показали, что полив приводит к заметному увеличению количества воднопептизируемого ила в верхнем слое почвы, при котором сумма фракций низко- и высокоагрегированной возрастает на 1,9–4,7 % относительно массы почвы. По исследованиям П. В. Вершинина (1958, 1964), такого количества ила вполне достаточно, чтобы обеспечить связывание всех частичек, складывающих верхний слой почвы, что является одной из причин образования корки после полива.

Внесение в почву сухого гранулированного птичьего помета способствовало уменьшению воднопептизируемого ила. Особенно сильное влияние ор-

ганические удобрения оказывают на снижение наиболее активной низкоагрегированной фракции, обладающей повышенной способностью к связыванию частиц между собой (табл. 10).

Таблица 10 – Влияние лесных полос и различных доз сухого гранулированного птичьего помета на содержание воднопептизируемого ила в пахотном слое темно-каштановой почвы (2008–2010 гг.), %

Дозы СГПП, т/га	Фракции		
	Низкоагрегированные	Высокоагрегированные	Сумма
Без лесных полос			
0	4,2	12,1	16,3
1,8	3,2	10,0	13,2
3,6	2,5	9,3	11,8
5,4	2,2	8,1	10,3
С лесными полосами			
0	4,5	14,1	21,6
1,8	3,5	10,0	16,5
3,6	2,0	4,9	14,4
5,4	2,1	8,3	12,8

Положительная роль лесных полос и сухого гранулированного птичьего помета в создании водопрочной структуры и усилении впитывающей способности почв благоприятно отразилась на процессе формирования ирригационной эрозии. Лесные полосы уменьшили поверхностный сток за годы исследований на 10,2–12,8 м^3/га, или на 15,2–17,9 % по сравнению с контролем (табл. 11).

Действие сухого гранулированного птичьего помета находилось в тесной зависимости от его доз.

Максимальный эффект получен при совместном применении лесных полос и сухого гранулированного птичьего помета. Поверхностный сток в среднем за три года на контрольном варианте составил 68,2, при использовании лесных полос 56,9 и совместном применении 5,4 т/га сухого гранулированного птичьего помета и лесных полос 39,2 м^3/га. Совместное применение

лесополос и самой высокой дозы помета в среднем за три года уменьшили поверхностный сток на 42,5 %.

Таблица 11 – Влияние лесных полос и различных доз сухого гранулированного птичьего помета на формирование поверхностного стока при дождевании озимой пшеницы ДМ-454-100 «Фрегат», $м^3$/га

Дозы СГПП, т/га	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Средний
Без лесных полос				
0	67,1	71,6	66,0	68,2
1,8	62,8	66,4	64,7	64,7
3,6	61,0	55,0	59,8	58,6
5,4	51,7	49,6	52,8	51,4
С лесными полосами				
0	56,9	58,8	55,0	56,9
1,8	46,1	44,8	49,6	46,9
3,6	49,8	48,8	44,0	47,5
5,4	38,5	37,1	41,8	39,2

Лесные полосы и органика сдерживали также процессы разрушения почв под воздействием дождевания (табл. 12).

Таблица 12 – Влияние лесных полос и различных доз сухого гранулированного птичьего помета на смыв темно-каштановой почвы при дождевании озимой пшеницы ДМ-454-100 «Фрегат», т/га

Дозы СГПП, т/га	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Средний
Без лесных полос				
0	0,22	0,22	0,24	0,23
1,8	0,19	0,22	0,19	0,20
3,6	0,17	0,20	0,15	0,17
5,4	0,13	0,16	0,13	0,14
С лесными полосами				
0	0,15	0,13	0,16	0,15
1,8	0,09	0,11	0,08	0,09
3,6	0,04	0,06	0,06	0,05
5,4	0,02	0,03	0,02	0,02

Смыв почвы в среднем за три года при дождевании нормой 600 м3/га на контрольном варианте составил 0,23, при использовании лесных полос 0,15, а совместном применении их с удобрением в дозах 3,6–5,4 т/га – 0,02–0,06 т/га.

Эколого-энергетическая оценка показателей ирригационной эрозии почв, проведенная на основе предложенного нами графоаналитического метода путем наложения кривых интенсивности дождя и водопроницаемости почв показала его хорошую сопоставимость с результатами полевых экспериментов (приложение 4).

4. АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

4.1 Эколого-агрохимическая оценка сухого гранулированного птичьего помета

Нормативные показатели качества птичьего помета разработаны ТУ 9849–008–00008064–95 (Лысенко, 1998). Данный нормативный документ (табл. 13) дает право компетентным организациям выдавать сертификат качества на помет, как побочную продукцию птицефабрик. Помет классифицируется на три вида: помет птичий с подстилкой (ПП), от молодняка (ПМ) и взрослого поголовья (ПВ).

Таблица 13 – Основные показатели качества птичьего помета

Показатель	Норма по видам		
	ПП	ПМ	ПВ
1. Массовая доля влаги, % не более	45	65	75
2. Массовая доля общих форм, % на нормативную влажность, не менее:			
азот	1,8	1,4	1,2
фосфор	0,7	0,4	0,3
калий	0,6	0,5	0,3
3. Содержание посторонних включений на нормальную влажность, не более: с высокой удельной массой (камни, щебень, металл и др.) размером более 50 мм	1,5	1,5	1,5
4. Содержание тяжелых металлов, мг/кг сухого вещества, не более:			
свинец	30	30	30
марганец	1000	1000	1000
медь	40	40	40
кобальт	15	15	15
никель	50	50	50
цинк	80	80	80
5. Содержание пестицидов (остаточное количество), мг/кг*	Ниже или на уровне ПДК почвы		
6. Титр кишечной палочки, г, не менее	0,1	0,1	0,1
7.Патогенные микроорганизмы	отсутствуют		
8. Яйца и личинки гельминтов	отсутствуют		

* номенклатура контролируемых пестицидов определяется конкретными условиями их применения

Наши исследования показали, что содержание питательных веществ в птичьем помете высокого качества изменяется в соответствии с его влажностью (табл. 14)

Таблица 14 – Содержание питательных веществ в птичьем помете хорошего качества, % на естественную влажность

Влажность, %	N	P_2O_5	K_2O
15	4,7	3,1	2,1
20	4,5	3,7	1,8
65	1,9	1,9	0,9
70	1,8	1,7	0,7
75	1,5	1,4	0,5

Общий азот колеблется в пределах 1,5–4,7, фосфор – 1,4–3,1 и калий – 0,5–2,1 % на естественную влажность. Сравнив полученные данные с нормативом, убеждаемся в том, что птичий помет действительно высокого качества. Образцы с влажностью 65 и 75 % превосходят нормативные показатели по азоту в 1,3–1,4 , калию – в 1,7–1,8 и фосфору – в 4,7 раза.

В абсолютно сухом веществе птичьего помета хорошего качества зарегистрированы следующие концентрации элементов питания: азота – 5,4–6,0, фосфора – 3,6–7,7 и калия – 2,0–2,5 %. По содержанию азота он превосходит навоз крупного рогатого скота в 3–4, а фосфора – в 4–8 раз. Многолетние анализы качества помета на птицефабриках Саратовской области показали, что его влажность колеблется в очень широких пределах – от 32 до 97 % (табл. 15).

В нашем эксперименте концентрация питательных веществ подстилочного помета при близкой влажности (32–35 %) различалась в 6,0–7,7 раз. Крайние величины у помета плотной консистенции при 52–75 % влажности разнились по азоту и фосфору в 2,5–2,6, а по калию – в 16 раз, что свидетельствует о грубых нарушениях в технологии хранения (табл. 15).

Таблица 15 – Содержание питательных веществ в птичьем помете при нарушенной технологии хранения, % на естественную влажность

Влажность, %	N	P_2O_5	K_2O
32	2,66	0,69	0,06
35	0,44	5,00	0,46
52	1,68	2,70	0,31
55	1,09	1,22	0,11
57	0,91	0,75	0,06
62	1,08	1,33	0,19
62	1,01	0,26	0,02
68	0,80	1,21	0,28
71	0,68	0,71	0,10
75	0,64	1,07	0,25
77	0,29	0,60	0,29
97	0,045	0,03	0,005

В среднем помет птичий имел влажность 62, азота – 0,94, фосфора – 1,30, а калия всего лишь 0,18 %. По нормативу при данной влажности он должен содержать не менее 1,51 % азота, 0,43 % фосфора и 0,54 % калия. Таким образом, птичий помет в Энгельсском районе оказался беднее по азоту в 1,6 и калию – в 3 раза.

В абсолютно сухом веществе найдено следующее количество питательных веществ: азота 0,68–3,91, фосфора 1,00–7,70 и калия 0,05–1,26 % (табл. 16). Среднее содержание азота было равно 2,35, фосфора – 3,08 и калия – 0,50 %. По сравнению с высококачественным пометом было безвозвратно утрачено 59 % азота, 38 % фосфора и 78 % калия. Столь значительные потери элементов пищи растений обесценивают помет птичий как органическое удобрение, создают серьезную угрозу окружающей среде и требуют изыскания надежных методов его переработки и утилизации, наиболее существенным из которых является высокотемпературная сушка.

Необходимость производства сухого гранулированного помета усиливается в настоящее время в связи с тем, что из общего количества помета, получаемо-

го на птицефабриках, около 80% составляет бесподстилочный со сверхнормативной влажностью 75 % и выше (Новиков, Хохлов, Рябков, 1989).

Таблица 16 – Содержание питательных веществ в птичьем помете при нарушенной технологии хранения, % на сухое вещество

Влажность помета, %	N	P_2O_5	K_2O
32	3,91	1,01	0,09
35	0,68	7,70	0,71
52	3,49	5,62	0,65
55	2,42	2,71	0,25
57	2,11	1,74	0,15
62	2,84	3,50	0,50
62	2,66	0,68	0,05
68	2,48	3,75	0,87
71	2,31	2,41	0,34
75	2,56	4,28	1,00
77	1,26	2,61	1,26
97	1,48	1,00	0,17

Значительная часть элементов питания в сухом гранулированном птичьем помете находится в водорастворимой форме. В исследованных образцах в водную вытяжку переходило азота 47–70, фосфора – 4–20 и калия – 60–90 % от общего их содержания в удобрениях. Для полевых опытов нами использовался сухой гранулированный птичий помет с влажностью 12 %, содержанием азота 5,0, фосфора 3,7 и калия 2,1 %.

Удобрение является экологически безопасным. Ртуть в исследованных образцах обнаружена лишь в виде следов. Содержание кадмия и мышьяка незначительно. Концентрация свинца и никеля в 1,5–2,0 раза ниже установленного регламента. В сухом гранулированном птичьем помете полностью погибли семена сорняков, отсутствовали пестициды, патогенные микроорганизмы, яйца и личинки гельминтов.

Следовательно, подготовленное при строгом соблюдении технологии на основе бесподстилочного птичьего помета сухое гранулированное удобрение является высококонцентрированным и экологически безопасным, пригодным для удобрения различных сельскохозяйственных культур.

4.2 Гумус

Процессы формирования ирригационной эрозии почв по мере их нарастания и увеличения продуктов жидкого и твердого стоков, в которых содержится значительное количество элементов пищи растений, не могут не оказывать своего пагубного влияния на потенциальное и эффективное плодородие почвы, приводя порой к их заметному снижению.

Положение усугубляется тем, что поверхностный сток, как показано в предыдущей главе, увлекает за собой наиболее тонкие почвенные частицы, поэтому перемещению (или смыву) подвергается в основном наиболее ценная органическая часть почвы.

Возникающая вследствие этого пестрота почв орошаемого массива приводит к значительному недобору урожая сельскохозяйственных культур и ухудшению качества растениеводческой продукции.

В данной главе обобщены многолетние материалы по содержанию гумуса, валовых и подвижных соединений макро- и микроэлементов в темно-каштановой почве и продуктах смыва. Дается сравнительная оценка химического состава почв, слагающих ее почвенных агрегатов и почвенных коллоидов, склеивающих агрегаты. Выявленные закономерности по многим из затронутых вопросов публикуются впервые.

В результате ирригационной эрозии почв вместе с ростом величины твердого стока возрастает и вынос гумуса с орошаемых полей.

Гумус – основной показатель потенциального плодородия почвы и главный, хотя и утрачивающий по мере химизации земледелия свою роль, источник ее эффективного плодородия, поэтому его потери крайне нежелательны.

В условиях современного интенсивного орошаемого земледелия гумус рассматривается не только как источник питания растений, но и как средство поддержания хороших физических, коллоидно-химических и биологических свойств почвы. Органическое вещество и микробиологические процессы, протекающие в почве, имеют решающее значение в процессе структурообразования.

Наши исследования показали, что при орошении в результате ирригационной эрозии почв наблюдаются значительные потери гумуса. Ввиду того, что смытый материал, как было показано выше, представлен в основном частицами физической глины или ила, его химический состав существенно отличается от самой почвы (табл.17).

Таблица 17 – Влияние комплексной мелиорации на содержание гумуса в почве, твердом стоке и воднопептизируемом иле (2008–2010 гг.), %

Варианты опыта	Почва	Твердый сток	Коллоиды	
			1	2
С лесными полосами				
Контроль	2,46	2,71	2,90	7,91
СГПП, т/га				
1,8	2,48	2,85	3,05	8,04
3,6	2,51	3,05	3,18	8,43
5,4	2,55	3,03	3,38	8,51

Фракции ила: 1 – низкоагрегированная, 2 – высокоагрегированная

Содержание гумуса в твердом стоке при дождевании кукурузы ДМ–454–100 «Фрегат» в среднем за три года на контрольном варианте было на 0,25, а при использовании сухого гранулированного птичьего помета на 0,32–0,44 % выше, чем в темно-каштановой террасовой слабосолонцеватой почве.

При изучении содержания гумуса в воднопептизируемом иле темно-каштановой почвы при использовании сухого гранулированного птичьего помета под озимую пшеницу отмечено его значительное накопление в обеих фракциях и особенно высокоагрегированной.

Содержание гумуса в пахотном слое почвы за три года исследований (2008–2010 гг.) на контрольном варианте составило 2,46, низкоагрегированная фракция коллоидов имела 2,90, а высокоагрегированная – 7,91 % гумуса. Сухой гранулированный птичий помет способствовал дополнительному накоплению гумуса в почвенных коллоидах.

Таким образом, содержание гумуса в коллоидных частицах значительно выше, чем в макроагрегатах почвы. Поэтому можно считать, что гумус играет важную роль в создании микроагрегатов почвы, обладающих более высокой водопрочностью, чем макроагрегаты.

Среднее содержание гумуса в пахотном слое темно-каштановой почвы без влияния лесных полос составило 2,40, при использовании лесных полос 2,46, комплексном применении лесных полос и сухого гранулированного птичьего помета в дозах 3,6–5,4 т/га – 2,49–2,57% (табл. 18).

Таблица 18 – Влияние лесных полос и различных доз сухого гранулированного птичьего помета на содержание гумуса в пахотном слое темно-каштановой почвы при орошении озимой пшеницы ДМ-454-100 «Фрегат», среднее за один полив, %

Дозы СГПП, т/га	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Среднее за три года
Без лесных полос				
0	2,28	2,47	2,45	2,40
1,8	2,32	2,43	2,40	2,38
3,6	2,33	2,54	2,43	2,43
5,4	2,41	2,52	2,52	2,48
С лесными полосами				
0	2,45	2,46	2,47	2,46
1,8	2,50	2,53	2,41	2,48
3,6	2,51	2,51	2,45	2,49
5,4	2,64	2,55	2,55	2,57

Повышение противоэрозионной стойкости почв на вариантах с использованием сухого гранулированного птичьего помета и влияние лесных полос способствовало значительному снижению потерь гумуса. На контрольном

варианте без применения лесных полос потери гумуса в среднем за три года составили 7, а с их использованием – 4,5 кг/га (табл. 19).

Таблица 19 – Потери гумуса с твердым стоком при орошении озимой пшеницы ДМ–454–100 «Фрегат», среднее за один полив, %

Дозы СГПП, т/га	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Среднее за три года
Без лесных полос				
0	6,77	6,77	7,32	6,95
1,8	5,98	7,12	5,98	6,36
3,6	5,79	6,10	5,18	5,69
5,4	4,54	5,45	4,24	4,74
С лесными полосами				
0	4,61	4,06	4,88	4,52
1,8	2,85	3,42	2,56	2,94
3,6	1,52	2,13	2,13	1,93
5,4	0,60	0,90	0,60	0,70

Применение сухого гранулированного птичьего помета в дозах 3,6–5,4 т/га позволило снизить потери гумуса до 5–5,7 кг/га без применения лесных полос и до 0,7–1,9 кг/га с их использованием.

Таким образом, комплексное применение удобрения и лесополос не только повышает содержание гумуса в пахотном слое почвы, но и способствует большей его сохранности при орошении дождеванием.

В формировании водопрочной структуры и в связи с этим снижении ирригационной эрозии почв большое значение имеет качественный состав гумуса.

Количественная зависимость между размерами почвенных агрегатов и содержанием в них гумуса наблюдается довольно часто, но не всегда. В.Р. Вильямс В.Р. (1935, 1949) установил, что количество органического вещества не играет существенной роли в образовании водопрочных агрегатов. По мнению автора, лишь вновь синтезированные гуминовые кислоты, пропитывая почвенные частицы, участвуют в структурообразовании. А.Н. Соколовский (1956) в своих исследованиях отмечал, что водопрочность агрегатов приоб-

ретается за счет перехода «активного» гумуса в «пассивный». Гуминовые кислоты, содержащие большое число карбоксильных групп, играют наиболее активную роль в создании прочной структуры.

Таким образом, в образовании почвенной структуры решающую роль играет не столько количество гумуса в почве, сколько его качественный состав.

Исследованиями Н.Е. Синициной (1983, 1999), проведенными в тех же условиях, установлена прямая связь глыбистости структуры почвы с количеством фульвокислот и обратная с негидролизуемым остатком. Фульвокислоты, склеивая и пропитывая почвенные комочки, приводят к формированию слитного вида структуры, усиливают глыбистость почв.

Коэффициенты корреляции указали также на прямую зависимость водопрочности агрегатов от содержания гуминовых кислот. Следует отметить, что корреляционная зависимость содержания гуминовых кислот в низкоагрегированном иле более тесная, чем в высокоагрегированном и в самой почве, что указывает на более высокое действие на формирование водопрочных агрегатов качественного состава гумуса низкоагрегированного ила.

Автор приводит параметры качественного состава гумуса почв и ила, при которых формируется хорошая водопрочная структура: негидролизуемый остаток должен быть не более 40–45 %, гуминовых кислот – не менее 25–30 % от общего углерода со сложностью строения их ароматического ядра ($E_4 : E_6$) в пределах 3,1–3,3.

4.3 Макроэлементы

Создание благоприятных условий минерального питания имеет большое значение для повышения урожайности культур, возделываемых в орошаемом земледелии. Орошение, с одной стороны, создавая оптимальные условия роста и развития растений, способствует значительному увеличению их потребности в питательных веществах и обусловливает высокую эффективность

применения минеральных и органических удобрений, с другой – резко изменяя ход физических, химических и биологических процессов, вызывает значительные колебания в пищевом режиме почвы.

Сильное влияние на характер превращения элементов питания на поливных землях оказывает также ирригационная эрозия почв. Можно представить, что успешное регулирование режима орошения и питания растений возможно только на основе глубокого изучения особенностей влияния различной дождевальной техники, удобрений и возделываемых культур на характер превращения валовых и усвояемых форм азота, фосфора, калия и других элементов, перемещения их в пространстве и выноса с твердым и жидким стоками. Эта проблема в настоящее время приобретает особую важность и актуальность в связи с эколого-экономической экспертизой водной мелиорации.

Нашими исследованиями установлено, что общее содержание основных питательных веществ в твердом стоке имело тенденцию к повышению по сравнению с их количеством в пахотном слое темно-каштановой почвы (табл. 20).

Таблица 20 – Влияние сухого гранулированного птичьего помета и лесополос на общее содержание питательных веществ в почве и твердом стоке (2008–2010 гг.), %

Дозы СГПП, т/га	Почва			Твердый сток		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Без лесных полос						
0	0,24	0,06	1,04	0,26	0,07	1,16
1,8	0,27	0,06	1,04	0,28	0,07	1,20
3,6	0,30	0,07	1,11	0,33	0,08	1,23
5,4	0,31	0,07	1,26	0,35	0,08	1,25
С лесными полосами						
0	0,25	0,06	1,07	0,32	0,07	1,20
1,8	0,28	0,07	1,07	0,30	0,07	0,25
3,6	0,34	0,07	1,08	0,35	0,08	1,30
5,4	0,36	0,07	1,26	0,37	0,09	1,35

Низкоагрегированная фракция воднопептизируемого ила в фазу колошения озимой пшеницы по содержанию азота, фосфора и калия практически не отличалась от самой почвы, однако, высокоагрегированная была обогащена ими в 2–3 раза выше.

Таким образом, между накоплением гумуса и содержанием азота в почве имеется определенная зависимость. Содержание гумуса, связанное с накоплением органического углерода в значительной степени определяется аккумуляцией азота.

Содержание общего азота в твердом стоке и почве изменялось адекватно гумусу.

Устойчивые формы гумуса характеризуются довольно постоянным содержанием азота в почве (Тюрин; 1957), Азотный режим почвы зависит от запасов гумуса и общего азота в ней.

В связи с применением сухого гранулированного птичьего помета оценивать данный прием в повышении почвенного плодородия необходимо как с точки зрения пополнения почвы органическим веществом (гумусом), так и азотом. Наши исследования показали также возможность увеличения в связи с нарастанием гумуса общего содержания фосфора, калия и микроэлементов (табл. 21).

Таблица 21 – Общее содержание макроэлементов в коллоидах пахотного слоя темно-каштановой почвы при использовании лесных полос и сухого гранулированного птичьего помета (2008–2010 гг.), %

Дозы СГПП, т/га	Почва			Твердый сток		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Без лесных полос						
0	0,24	0,07	1,16	0,63	0,18	2,16
1,8	0,24	0,07	1,21	0,64	0,18	2,19
3,6	0,26	0,08	1,25	0,67	0,20	2,26
5,4	0,27	0,08	1,25	0,68	0,21	2,30
С лесными полосами						
0	0,25	0,08	1,21	0,64	0,18	2,17
1,8	0,28	0,08	1,27	0,65	0,18	2,19
3,6	0,35	0,09	1,33	0,68	0,21	2,30
5,4	0,37	0,09	1,37	0,70	0,21	2,29

Как было показано выше, при дождевании происходит разрушение крупных почвенных агрегатов на более мелкие и смыв последних поливной водой. Отмеченная нами высокая концентрация подвижных соединений фосфора, азота и отчасти калия в мелких почвенных агрегатах соответственно приводит к повышенному содержанию этих элементов в твердом стоке (табл. 22).

Таблица 22 – Влияние комплексной мелиорации на содержание доступных форм питательных веществ в почве и твердом стоке (2008–2010 гг.), мг/кг

Дозы СГПП, т/га	Почва			Твердый сток		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Без лесных полос						
0	2,41	14,1	347	6,72	31,1	37,5
1,8	11,2	18,0	353	12,3	32,4	397
3,6	15,5	21,6	359	20,1	41,8	412
5,4	15,6	30,3	364	28,7	45,1	423
С лесными полосами						
0	2,87	20,5	377	7,00	33,1	377
1,8	14,7	21,3	364	16,2	35,5	412
3,6	18,0	25,4	368	23,4	45,7	450
5,4	19,5	34,0	384	29,1	55,0	510

Азот является типичным биофильным элементом и его поведение в почве в первую очередь связано с биологическими факторами. Он является подвижным элементом, быстро реагирующим на разнообразные явления в агроценозе, к числу которых можно отнести осадки, температуру, ритмичность в поглотительно-выделительной деятельности растений, микроорганизмов и др. Это затрудняет выявление общих закономерностей формирования азотного режима почв. Уровень накопления подвижных соединений азота в почве является важным показателем при агроэкологической оценке различных систем удобрений.

В наших опытах содержание нитратного азота на контрольном варианте в пахотном слое темно каштановой почвы при возделывании озимой пшеницы характеризовалось как низкое и очень низкое (табл. 23).

Таблица 23 – Влияние сухого гранулированного птичьего помета на содержание нитратного азота в пахотном слое темно-каштановой почвы (2008–2010 гг.), мг/кг

Дозы СГПП, т/га	Кущение	Трубкование	Колошение	Молочная спелость
Без лесных полос				
0	5,1	0,5	2,4	1,8
1,8	7,0	15,2	15,5	6,4
3,6	8,4	18,5	17,0	8,7
5,4	9,1	20,7	18,0	10,2
С лесными полосами				
0	6,8	12,4	11,2	5,4
1,8	7,5	18,7	15,6	6,5
3,6	8,8	20,4	17,7	9,6
5,4	10,8	21,0	19,5	10,5

Внесение в почву сухого гранулированного птичьего помета позволило поднять уровень нитратного азота до степени средней и повышенной обеспеченности. Особенно эффективными были дозы 3,6 и 5,4 т/га. Под влиянием лесных полос действие удобрений усиливалось.

Содержание подвижного фосфора в почве в течение вегетации на контрольном варианте поддерживалось практически на одном уровне (табл. 24).

Таблица 24 – Влияние сухого гранулированного птичьего помета на содержание подвижного фосфора в пахотном слое темно-каштановой почвы (2008–2010 гг.), мг/кг

Дозы СГПП, т/га	Кущение	Трубкование	Колошение	Молочная спелость
Без лесных полос				
0	15,6	15,2	19,1	18,5
1,8	16,8	16,5	21,0	21,5
3,6	17,6	17,8	27,5	22,0
5,4	20,4	18,4	35,0	24,3
С лесными полосами				
0	18,5	16,5	21,0	19,0
1,8	19,6	17,6	27,2	21,9
3,6	21,0	19,1	35,8	24,8
5,4	25,5	23,7	38,4	25,1

Сухой гранулированный птичий помет в дозе 5,4 т/га повысил содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы в среднем за три года до 18–24 мг/кг почвы в фазы кущения, трубкования и молочной спелости зерна. В фазу колошения, из-за бурной микробиологической деятельности и адекватно высокой ферментативной активности почвы, содержание подвижного фосфора достигло своего пика – 35–38 мг/кг. Растения в эту наиболее ответственную фазу имели «роскошное» фосфорное питание, затем концентрация этого элемента несколько снизилась, но оставалась достаточно высокой до конца вегетации.

Влияние сухого гранулированного птичьего помета на динамику обменного калия было менее заметным, что обусловлено высокими запасами этого элемента в пахотном слое темно-каштановой и ее тяжелым гранулометрическим составом (табл. 25).

Таблица 25 – Влияние сухого гранулированного птичьего помета на содержание обменного калия в пахотном слое темно-каштановой почвы (2008–2010 гг.), мг/кг

Дозы СГПП, т/га	Кущение	Трубкование	Колошение	Молочная спелость
Без лесных полос				
0	343	347	377	340
1,8	343	352	363	351
3,6	352	359	637	363
5,4	365	364	379	369
С лесными полосами				
0	352	353	354	361
1,8	359	359	359	368
3,6	364	364	373	364
5,4	365	350	384	367

Наряду с определением питательных веществ в твердом стоке, нами был подвергнут тщательному анализу жидкий сток с орошаемых полей. Сведения по данному вопросу в научной литературе единичны, хотя актуальность его с каждым годом возрастает в связи с интенсивным химическим загрязнением

водостоков. Особую опасность представляют нитраты, их количество в питьевой воде не должно превышать 45 мг/л.

Содержание нитратов в жидком стоке с орошаемых полей при использовании ДМ–454–100 «Фрегат» колеблется от 1,3 до 2,1 мг/л (табл. 26).

Таблица 26 – Содержание основных питательных веществ в жидком стоке при орошении ДМ–454–1 00 «Фрегат» (2008–2010 гг.), мг/л

Дозы СГПП, т/га	NO_3	NH_4	P_2O_5	K_2O
Без лесных полос				
0	1,5	0,2	0,1	4,9
1,8	1,3	0,2	0,3	6,8
3,6	1,3	0,3	0,7	8,8
5,4	1,6	0,4	0,8	8,1
С лесными полосами				
0	1,5	0,1	0,2	4,6
1,8	1,8	0,2	0,3	6,3
3,6	1,8	0,3	0,8	8,5
5,4	2,1	0,3	0,9	9,4

Аммиачного азота в жидком стоке значительно меньше нитратного – 0,1–0,3 мг/л. Концентрация фосфора в жидком стоке колеблется от 0,1 до 0,9, а калия от 4,6 до 9,4 мг/л.

Сухой гранулированный птичий помет в дозах 3,6 и 5,4 т/га способствовал некоторому росту концентрации химических веществ в жидком стоке, однако во всех случаях их количество было значительно ниже биологически допустимого уровня.

4.4. Микроэлементы

В настоящее время все большее внимание уделяется сбалансированному питанию растений, включающему в себя необходимые макро- и микроэлементы. Сведения о потерях микроэлементов в результате ирригационной эрозии почв единичны, а в условиях Поволжья отсутствуют, что побудило нас уделить серьезное внимание данному вопросу.

Необходимость этого мероприятия усиливалась тем, что при малом содержании в биологических объектах микроэлементы выполняют важную роль в питании растений, а через них благотворно воздействуют на организм животных и человека. При избыточных концентрациях они, как и все тяжелые металлы, оказывают сильное токсическое воздействие на живые организмы, и поэтому нужен постоянный контроль за их содержанием в почвах, водах, растениях и продуктах животного и растительного происхождения.

Учение о микроэлементах является одним го крупных достижений современной сельскохозяйственной науки. Существенный вклад в его разработку внесли М.Я. Школьник (1974), В.А. Ковда (1959), Г.Н. Попов (1984) и др.

В настоящее время проблема микроэлементов приобрела общебиологическое значение и с каждым годом вызывает все возрастающий интерес у многих специалистов в области как прикладных, гак и фундаментальных наук. Особенно большое внимание ей уделяется в связи с активной разработкой учения о биосфере и охране окружающей среды (Вернадский, 1934; Ковальский, 1974).

Сельское хозяйство в перспективе будет испытывать все большую потребность в микроэлементах. Прежде всего, это связано с увеличением производства сложных и концентрированных удобрений, которые в отличие от простых не содержат примесей микроэлементов. Кроме того, под влиянием азотных, фосфорных и калийных удобрений заметно повышается урожай основных полевых культур, что ведет к увеличению выноса всех элементов питания и усиливает потребность в микроудобрениях. Этому же способствует прогрессивная технология возделывания сельскохозяйственных культур с использованием интенсивных методов, орошение, внедрение высокопродуктивных сортов, расширение посевов технических и овощных культур, использование передовых приемов защиты растений от сорняков, болезней и вредителей и другие мероприятия, повышающие урожай, а, следовательно, и вынос микроэлементов.

Учение о микроэлементах стало разрабатываться только во второй половине 20-го века, и поэтому многие вопросы этого научного направления до сих пор остаются слабо освещенными.

Не изучено, в частности, поведение микроэлементов в условиях орошения в связи с применением различных доз сухого гранулированного птичьего помета раздельно и в системе лесных полос при выращивании озимой пшеницы.

Наши исследования показали, что почва опытного участка бедна цинком, кобальтом, молибденом и медью. Содержание подвижного марганца, в большинстве случаев, также было низким, и только обеспеченность озимой пшеницы водорастворимым бором оказалась средней (табл. 27).

Содержание подвижных форм микроэлементов в течение вегетационного периода подвержено серьезным колебаниям – наибольшие их количества обнаружены в начальные фазы развития растений.

Таблица 27 – Динамика подвижных соединений микроэлементов в пахотном слое темно-каштановой почвы в связи с применением сухого гранулированного птичьего помета, мг/кг сухого вещества (2008–2010 гг.)

Микроэлементы	Кущение	Трубкование	Колошение	Молочная спелость
Контроль				
B	0,51	0,39	0,44	0,35
Mn	34,8	28,5	25,4	25,0
Zn	0,20	0,15	0,10	0,05
Cu	3,51	3,45	3,37	2,10
Co	1,01	0,55	0,50	0,45
Mo	0,14	0,12	0,10	0,05
Сухой гранулированный птичий помет 5,4 т/га				
B	0,85	0,71	0,65	0,51
Mn	35,7	36,1	31,5	25,0
Zn	0,25	0,21	0,08	0,05
Cu	4,00	3,55	3,50	2,21
Co	0,90	0,75	0,60	0,50
Mo	0,20	0,15	0,10	0,05

Особая ценность тонкой, илистой фракции почв побудила нас исследовать в ней содержание микроэлементов в сравнении с почвой в целом. По нашим данным, в илистой фракции темно-каштановой почвы накапливаются значительные количества катионов: меди, кобальта, цинка и марганца (табл. 28). Эти элементы аккумулируются во фракции воднопептизируемого ила в концентрациях, превышающих почву в 1,6–3,0 раза. Анионы микроэлементов (бор и молибден) сосредоточиваются в почвенных коллоидах в меньших количествах.

Таблица 28 – Содержание микроэлементов в почве, твердом стоке и воднопептизируемом иле (2008–2010 гг.), мг/кг

Микроэлементы	Почва	Твердый сток	Коллоиды	
			1	2
Общее содержание				
Mn	600	700	1000	1000
Zn	50	60	100	80
Cu	20	30	60	40
Co	5,0	7,0	10	10
B	30	40	35	40
Mo	3,1	3,5	4,0	4,0
Подвижные соединения				
Mn	35,4	44,4	49,6	42,4
Zn	0,15	0,21	0,28	0,29
Cu	3,08	3,82	4,29	4,30
Co	0,79	1,22	1,31	1,30
B	0,41	0,52	1,30	2,60
Mo	0,11	0,16	0,21	0,19

Фракции ила: 1 – низкоагрегированная, 2 – высокоагрегированная.

Объяснение полученным данным мы находим в работе В.А. Ковды с сотрудниками (1959). Почва является полидисперсной системой частиц, которые в большинстве своем несут отрицательный заряд. Поэтому поглощение почвенными коллоидами анионов микроэлементов (бор, молибден) выражено очень слабо. Катионы микроэлементов (медь, кобальт, цинк и марганец) входят в состав кристаллической решетки вторичных глинных минералов.

Кроме того, в результате изоморфного замещения возможно поглощение их из почвенного раствора на правах обменных катионов.Однако подвижные формы анионов, в частности бор, способны

концентрироваться в воднопептизируемом иле, что, очевидно, связано с их высокой гумусностью. Роль органического удобрения в определении уровня концентрации является бесспорной. В почвенных коллоидах содержание водорастворимого бора по сравнению с самой почвой увеличивалось в 2,5–5,0 раз. Повышенное содержание отдельных микроэлементов в почвенных коллоидах убедительно подчеркивает роль гумуса и гранулометрического состава в определении содержания микроэлементов в почвах.

Высокая поглотительная способность почвенных коллоидов (частиц меньше 0,00025 до 0,001 мм), способствующая повышенному накоплению в них микро- и макроэлементов, обусловлена несколькими причинами. Прежде всего, установлена прямая связь между степенью дисперсности почвенных частиц и их адсорбирующей способностью. В тонкодисперсных фракциях снижаются миграция и вынос микроэлементов, происходит их накопление. И наоборот, во фракциях песка и грубой пыли, отличающихся более низкой поглотительной способностью, миграция микроэлементов по почвенному профилю и за его пределы заметно усиливается. Кроме того, частицы различного размера обладают неодинаковой минералогической основой. Минералы глин, как известно, характеризуются наибольшей поглотительной способностью и максимальной аккумуляцией микроэлементов, что также приводит к повышенному накоплению их в тонкой илистой фракции. Наконец, воднопептизируемый ил характеризуется максимальным содержанием гумуса, который, бесспорно, является одним из самых мощных факторов поглотительной способности почв.

Положительное влияние гумуса на накопление микроэлементов в почвенных коллоидах объясняется тем, что растительные остатки и плазма микроорганизмов, как источники гумуса, богаты микроэлементами. Кроме того,

гумусовые вещества имеют сильную поглотительную способность и могут поглощать ионы микроэлементов из окружающей среды.

Сухой гранулированный птичий помет не оказывал существенного влияния на валовое содержание микроэлементов в низкоагрегированном иле, но повышал их концентрацию в высокоагрегированной фракции, что связано, по-видимому, с высоким накоплением в ней гумуса.

Существующие ГОСТы предусматривают следующие предельно допустимые количества микроэлементов в жидком стоке, мг/л: для бора 0,5, марганца 0,1, цинка 1,0, меди 1,0, молибдена 0,25, кобальта 0,1.

Проведенные исследования показали, что содержание микроэлементов в жидком стоке при орошении озимой пшеницы ДМ–454–100 «Фрегат» на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья колеблется в следующих пределах: для бора 0,03–0,07, марганца 0,1–0,4 цинка 1,0–1,2. меди 0,1–0,3, молибдена 0,01–0,04, кобальта 0,05–0,07 мг/л (табл. 29).

Таблица 29 – Влияние сухого гранулированного птичьего помета на содержание микроэлементов в жидком стоке при орошении озимой пшеницы ДМ–454–100 (2008–2010 гг.), мг/л

Дозы СГПП, т/га	Mn	Zn	Cu	Co	B	Mo
Без лесных полос						
0	0,2	1,0	0,1	0,05	0,04	0,01
1,8	0,2	1,2	0,2	0,05	0,04	0,01
3,6	0,3	1,5	0,2	0,06	0,05	0,02
5,4	0,4	2,0	0,2	0,07	0,07	0,03
С лесными полосами						
0	0,1	1,2	0,1	0,05	0,03	0,02
1,8	0,2	1,0	0,2	0,05	0,05	0,02
3,6	0,2	1,0	0,2	0,06	0,05	0,03
5,4	0,3	1,0	0,3	0,06	0,05	0,4

Сравнение аналитической информации с ПДК показывает, что все изученные элементы не превышают установленной предельной нормы их концентраций, однако заметно разнятся между собой в количественном отношении.

Смытый почвенный материал, образованный при формировании ирригационной эрозии в результате разрушения почвенных агрегатов особенно более крупных фракций, способствовал заметному выносу с элементарных стоковых площадок отдельных макро- и микроэлементов и последующему перемещению их по поверхности, вызывая значительную пестроту в обеспеченности ими различных участков орошаемого поля.

Суммарные потери азота при ирригационной эрозии составили 107 г в среднем за один полив. Совместное влияние лесных полос и удобрений снизило потери нитратного и аммиачного азота до 84–92 г за счет более высокой противоэрозионной стойкости почв.

Суммарные потери подвижного фосфора с жидким и твердым стоками на контроле составили 14 г в среднем за один полив. При использовании сухого гранулированного птичьего помета потери увеличились до 25–45 г, однако при совместном влиянии лесных полос и удобрений они были ниже – 16–37 г с 1 га.

Аналогичная зависимость отмечена для обменного калия – его суммарные потери при ирригационной эрозии почв на контрольном варианте в среднем за один полив составили 314 г, а при использовании лесополос – 244 г с 1 га. На удобренных вариантах без лесополос потери калия равнялись 385–409, а с ними – 272–370 г с 1 га. Суммарные потери макро- и микроэлементов в большинстве случаев под влиянием совместного применения лесополос и удобрений заметно снижались (приложение 6, 7). В структуре потерь питательных веществ при ирригационной эрозии почв основная доля приходится на жидкий сток.

Таким образом, химический анализ продуктов стока и смыва показал большую обогащенность их гумусом, макро- и микроэлементами по сравнению с исходной почвой, что вызывает снижение потенциального и эффективного плодородия и приводит к пестроте почвенного покрова.

Содержание гумуса в коллоидных частицах значительно выше, чем в макроагрегатах почвы, что подчеркивает роль органического вещества в создании водопрочной структуры.

Совместное применение сухого гранулированного птичьего помета и лесополос повышает не только плодородие, но и противоэрозионную стойкость почв, что в итоге приводит к меньшей потере гумуса, макро- и микроэлементов.

5. ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

5.1 Фотосинтетическая деятельность посевов

Урожай растений определяется, прежде всего, размерами ассимиляционной поверхности, продолжительностью и интенсивностью ее работы (Бегишев, 1953; Листопад, 1975; Ничипорович, 1966; Чаповская, Замараев, 1975). Однако при чрезмерном увеличении листовой поверхности начинается затенение листьев нижних ярусов верхними, баланс между приходом и расходом органического вещества ухудшается; что приводит к снижению общего урожая (Листопад, 1975; Ничипорович, 1963, 1966; Шатилов и др., 1969).

В засушливом Поволжье дефицит влаги и недостаток минерального питания приводят к подавлению ростовых процессов, что является основной причиной недобора урожая.

Для зерновых культур оптимальным индексом листовой поверхности считается 40–50 тыс. м^2/га, а оптимальным фотосинтетическим потенциалом – не менее 2 млн./м^2/дней/га (Ничипорович, 1963; Листопад, 1975). В условиях орошения вопрос о наиболее производительной ассимиляционной поверхности приобретает важное значение. В связи с этим в задачу наших исследований входило изучить особенности формирования листовой поверхности озимой пшеницы, ее продуктивности в зависимости от применения различных дох сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос.

Результаты наших исследований по совместному действию изучаемых приемов (табл. 30) свидетельствуют, что наибольший эффект на формирование листовой поверхности оказывает сухой гранулированный птичий помет в дозах 3,6–5,4 т/га.

Анализируя показатели площади листьев в зависимости от изучаемых приемов, необходимо отметить, что в начальный период весенней вегетации (кущение) на удобренных вариантах с высокой влагообеспеченностью почвы листообразование у озимой пшеницы проходило заметно быстрее, чем на

фоне естественного плодородия почвы. Причем нарастание ассимиляционной поверхности во все годы исследований отмечалось до фазы колошения – цветения. Затем площадь листьев постепенно снижалась в результате старения и отмирания сначала нижних листьев, а затем и средних ярусов. На неудобренном контроле площадь листьев снижалась значительно быстрее, чем при внесении удобрений.

Таблица 30 – Основные показатели фотосинтетической деятельности орошаемой озимой пшеницы в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос (2008–2010 гг.)

Дозы СГПП, т/га	Максимальная площадь листьев, тыс. т/га	Фотосинтетический потенциал посева, тыс.м^2/дней/га	Продуктивность фотосинтеза, г/м^2/сутки	Урожайность, т/га	
				Сухая биомасса	Зерно
Без лесных полос					
0	22,5	1657	4,53	5,76	3,20
1,8	24,5	1805	4,60	6,30	3,50
3,6	29,0	2137	4,49	7,43	4,13
5,4	34,2	2519	5,31	8,78	4,88
С лесными полосами					
0	24,1	1812	4,55	6,05	3,36
1,8	26,7	1905	4,91	6,64	3,69
3,6	31,5	2338	4,85	8,12	4,51
5,4	38,0	2721	5,18	9,38	5,21

Для определения связи между площадью листьев и урожаем зерна озимой пшеницы нами рассчитан коэффициент корреляции, который составил + 0,976. Поэтому приемы, приводящие к улучшению развития площади листьев посевов, являются главным средством достижения урожая.

Одним из важных показателей характеризующих ассимиляционную мощность посевов, служит фотосинтетический потенциал, который дает представление о суммарной величине листовой поверхности и продолжительности ее активной работы в течение вегетации (Иванов, Филин, 1971). Во мно-

гих работах отмечается наличие прямой связи между урожаем и величиной фотосинтетического потенциала, формирующейся при разных режимах орошения и уровнях минерального питания.

В наших исследованиях фотосинтетический потенциал посева на контрольном варианте составил 1657, а при использовании сухого гранулированного птичьего помета в дозе 5,4 т/га без использования лесных полос 2519, а с ними – 2721 тыс./м^2/дней/га. Корреляционный и регрессионный анализ показали высокую прямолинейную зависимость урожаев сухой биомассы и зерна озимой пшеницы от величины фотосинтетического потенциала.

Коэффициенты корреляции между этими показателями составили 0,518 ± 0,005 и 0,985 ± 0,001, а уравнения регрессии имели вид: $y = 17,306 + 0,012x$ и $y = -3,414 + 0,045x$.

Высокая урожайность озимой пшеницы зависит не только от величины листовой поверхности и хода ее формирования, но и от суточных приростов продуктивности фотосинтеза.

В наших опытах сухой гранулированный птичий помет в большинстве случаев повышал продуктивность фотосинтеза, особенно в дозе 5,4 т/га.

Урожай сухой биомассы на лучших вариантах поднялся до 7,4–8,8, а с применением системы лесных полос до 8,1–9,4 против 5,8–6,0 т/га на контроле. Урожай зерна рос пропорционально увеличению дозы удобрения, достигнув на лучших вариантах 4,9–5,2 против 3,2–3,4 т/га на контроле (табл. 27).

5.2 Формирование биомассы

Наблюдения за формированием биомассы показали, что этот процесс идет одновременно с формированием листового аппарата практически до конца вегетации (табл. 31).

В ряде случаев к фазе созревания наблюдается некоторое снижение сухой биомассы, что объясняется опадением старых листьев. На удобренных вариантах растения создавали значительно больше сухой биомассы, чем на не-

удобренных. При этом четко прослеживается закономерность: чем выше уровень насыщенности удобрениями, тем больше формировалось сухой биомассы. В соответствии с этим более низкая доза сухого гранулированного птичьего помета (1,8 т/га) позволяла накопить ее значительно меньше, чем более высокие (3,6 и 5,4 т/га).

Таблица 31 – Динамика нарастания сухого вещества посевами озимой пшеницы в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос (2008–2010 гг.), т/га

Дозы СГПП, т/га	Кущение	Трубкование	Колошение	Полная спелость
Без лесных полос				
0	0,43	2,99	4,55	5,76
1,8	1,47	3,28	4,98	6,30
3,6	1,55	3,86	5,87	7,43
5,4	0,61	4,56	6,94	8,78
С лесными полосами				
0	0,45	2,13	4,78	6,05
1,8	0,50	3,45	5,24	6,64
3,6	0,61	4,22	6,41	8,12
5,4	0,70	4,87	7,41	9,38

В среднем за три года в фазу кущения озимая пшеница наращивала на контрольном варианте 0,43 т/га сухого вещества, а при основном внесении 5,4 т/га сухого гранулированного птичьего помета – 0,66 т/га.

Усиленная минерализация органического вещества удобрения во второй половине вегетации, обеспечившая повышенное накопление питательных веществ в почве, привела к особенно энергичному формированию надземной биомассы, начиная с фазы трубкования.

В среднем за три года растения на контрольных вариантах сформировали в фазу трубкования 2,99–3,15, и на хорошо удобренных 3,86–4,87 т/га сухого вещества.

Наиболее заметный прирост сухого вещества зафиксирован в фазу колошения озимой пшеницы. При внесении 1,8 т/га сухого гранулированного птичьего помета прирост сухого вещества в среднем за три года составил 0,43–0,46, при использовании 3,6 т/га – 1,32–1,63 и 5,4 т/га удобрения – 2,39–2,63 т/га биомассы по сравнению с неудобренным контролем.

В фазу полной спелости на контрольном варианте без влияния лесных полос было сформировано 5,76, а с ними – 6,05 т/га сухого вещества.

Эффект от влияния лесных полос наиболее полно проявился при хорошей удобренности поля. Сухая биомасса озимой пшеницы под влиянием лесных полос в фазу полной спелости увеличилась на 0,29, при внесении сухого гранулированного птичьего помета в дозе 1,8 т/га на 0,34, а удвоенная и утроенная дозы удобрений довели этот показатель до 0,60–0,70 т/га по сравнению с аналогичным вариантом вне зоны влияния лесных полос.

Суммируя полученные данные по влиянию сухого гранулированного птичьего помета на ростовые процессы в растениях, можно сделать вывод, что оно благоприятно сказалось на всех показателях роста, причем ход ростовых процессов не изменялся по сравнению с неудобренными растениями, а изменялись только качественные параметры роста: высота растений, размеры и площадь листьев, фотосинтетический потенциал, величина биомассы. Применение помета улучшило эти параметры, что подтвердило известную динамическую взаимосвязь и взаимозависисмость указанных показателей роста растений.

5.3 Урожайность зерна и ее структура

Максимальная продуктивность озимой пшеницы отмечена при совместном применении сухого гранулированного птичьего помета в оптимальной дозе и системы лесных полос (табл. 32).

Средняя прибавка урожая зерна от применения сухого гранулированного птичьего помета в дозе 1,8т/га составила 0,3 т/га или 9,4 % по сравнению с орошаемым контролем. Удвоенная доза помета повысила урожайность зерна

на 0,93, а утроенная на 1,68 т/га, что составляет соответственно 2,91 и 52,5 % по сравнению с контролем.

Таблица 32 – Урожайность зерна орошаемой озимой пшеницы в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос на темно-каштановых почвах Заволжья, т/га

Дозы СГПП, т/га	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Средняя	Прибавка	
					т/га	%
Без лесных полос						
0	3,32	3,23	3,06	3,20	–	–
1,8	3,59	3,55	3,38	3,50	0,30	9,37
3,6	4,06	4,30	4,02	4,13	0,93	29,1
5,4	4,94	5,06	4,63	4,88	1,68	52,5
$НСР_{05}$	0,14	0,16	0,16	0,20		
С лесными полосами						
0	3,37	3,38	3,32	3,36	–	–
1,8	3,70	3,75	3,60	3,69	0,33	9,82
3,6	4,45	4,70	4,38	4,51	1,15	34,2
5,4	5,28	5,45	4,90	5,21	1,85	55,0
$НСР_{05}$	0,16	0,15	0,16	0,20		

Прибавка урожая на участках с влиянием лесных полос была еще более значительная. За счет лесных полос на контроле и минимальной дозе удобрения дополнительно получено в среднем 0,16–0,19 т/га зерна озимой пшеницы.

Особенно заметный синергизм совместного воздействия изученных факторов проявился при использовании сухого гранулированного птичьего помета в дозах 3,6 и 5,4 т/га. На этих вариантах прибавка урожая зерна озимой пшеницы под влиянием лесных полос возросла до 0,33–0,38 т/га.

Абсолютная урожайность зерна озимой пшеницы в среднем за три года на контроле составила 3,2, при внесении в почву гранулированного птичьего помета в дозе 5,4 т/га – 4,88, а при совместном влиянии этой дозы удобрения и лесных полос – 5,2 т/га. На лучшем варианте относительное долевое участие влияния удобрений составило 55 и лесных полос – 9,8 %.

Эквивалентные дозы бесподстилочного помета и полного минерального удобрения по своему влиянию на урожайность зерна озимой пшеницы на орошаемых темно-каштановых почвах Заволжья были близки к сухому гранулированному птичьему помету (табл. 33).

Таблица 33 – Влияние эквивалентных доз бесподстилочного птичьего помета и минеральных удобрений на урожайность зерна озимой пшеницы, т/га

Варианты опыта	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Средняя	Прибавка	
					т/га	%
Бесподстилочный птичий помет, т/га						
Контроль	3,38	3,21	3,13	3,24	–	–
1,8	3,55	3,57	3,31	3,48	0,24	7,4
3,6	4,12	4,28	4,08	4,16	0,92	28,4
5,4	5,05	5,01	4,65	4,90	1,66	51,2
$НСР_{05}$	0,15	0,12	0,17	0,21		
Минеральные удобрения						
Контроль	3,38	3,19	3,30	3,29	–	–
$N_{90}P_{67}K_{38}$	3,66	3,71	3,65	3,67	0,38	11,5
$N_{180}P_{134}K_{76}$	4,41	4,78	4,40	4,53	1,24	37,7
$N_{270}P_{201}K_{114}$	5,21	5,55	5,00	5,25	1,96	59,5
$НСР_{05}$	0,16	0,14	0,18	0,25		

Для установления более тесной зависимости и условий управления продуктивностью посевов нами определены элементы структуры урожая, способствующие увеличению количественных и качественных показателей урожайности озимой пшеницы при комплексном действии изучаемых факторов.

Данные полученные в опытах, убедительно свидетельствуют о том, что решающее значение в улучшении структуры урожая озимой пшеницы имеет внесение оптимальных доз сухого гранулированного птичьего помета в сочетании с оптимальным уровнем влагообеспеченности на фоне влияния лесных полос (табл. 34).

Плотность продуктивного стеблестоя при внесении самой низкой дозы сухого гранулированного птичьего помета (1,8 т/га) увеличилась на 74, а при удвоенной и утроенной нормах на 192–201 шт./м^2. В зоне влияния лесных

полос эти показатели были еще более значимыми, достигнув, соответственно, 94 и 253–312 шт./м^2.

Таблица 34 – Показатели структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от различных доз сухого гранулированного птичьего помета, (2008–2010 гг.)

Дозы СГПП, т/га	Высота растений, см	Число продуктивных стеблей, шт./м^2	Длина колоса, см	Количество колосков в колосе, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна в колосе, г
Без лесных полос						
0	64,7	456	6,1	20,0	16,0	0,66
1,8	70,2	530	6,5	21,2	16,7	0,74
3,6	86,5	648	7,2	22,3	17,1	0,85
5,4	92,3	657	7,6	24,0	17,5	0,90
С лесными полосами						
0	71,2	465	6,3	21,4	16,0	0,72
1,8	72,4	559	6,8	22,1	16,7	0,74
3,6	92,2	777	7,7	24,7	18,2	0,92
5,4	95,8	718	7,7	25,3	17,8	0,91

Количество колосков в колосе на лучших вариантах увеличивалось до 1,8–2,2, а зерен до 3,3–4,0 шт. по сравнению с соответствующими контролями.

Масса зерна с колоса в зоне влияния лесных полос составила 0,72 г против 0,66 г на контроле; при внесении сухого гранулированного птичьего помета в дозе 1,8 т/га она оставалась неизменной (0,74 г), а удвоенная и утроенная норма удобрений довела этот показатель до 0,85–0,92 г.

Рассчитанная степень сопряженности между урожаем и количеством продуктивных стеблей озимой пшеницы показывает наличие сильной корреляционной связи между изучаемыми признаками. Коэффициент корреляции в среднем за 2008–2010 гг. равнялся + 0,969.

Таким образом, гармоничное сочетание уровня питания, режима орошения (не ниже 75 % НВ) и системы лесных полос обеспечивает резкое улучшение всех показателей структуры агрофитоценозов озимой пшеницы, что в конечном итоге обуславливает ее продуктивность.

Необходимо отметить, что на величину и соотношение элементов структуры урожая значительное влияние оказывали агрометеорологические условия, складывающиеся в период вегетации озимой пшеницы.

Густота стояния растений и плотность продуктивного стеблестоя, главным образом, определялись условиями перезимовки растений. Наилучшая перезимовка посевов озимой пшеницы была в 2008 г. В результате успешной перезимовки и благоприятных условий вегетационного периода озимая пшеница хорошо раскустилась. В этот год густота продуктивного стеблестоя на вариантах с применением сухого гранулированного птичьего помета в дозе 5,4 т/га колебалась от 812 до 905 против 510–550 шт./м^2 на контроле.

В 2009 году и особенно в 2010 г. в период налива зерна была сильная воздушная засуха, усугубившаяся суховеями, что негативно повлияло на продуктивность колоса и явилось причиной снижения урожайности.

5.4. Качество зерна

В последние десятилетия многие исследователи активно занимаются изучением действия удобрений на качество урожая сельскохозяйственных культур. Имеется целый ряд солидных работ, в которых рассматриваются вопросы влияния удобрений на качество зерна пшеницы (Суднов, 1965; Коданев, 1970; Тарасенко, 1973; Минеев, 1973; Минеев и др., 1975; Созинов, 1976; Степанов, Пономарев, 1977; Никитенко, Русков, 1978; Алексеев, 1978; Авдонин, 1979; Чуб, 1980; Минеев и др., 1980; Атрашкова и др., 1980; Минеев, Павлов, 1981; Созинов, Жемела, 1983; Павлов, 1984; Суднов, 1986; Панников, Минеев, 1987; Губанов, Иванов, 1988; Кореньков, 1990; Дзаганов, 1999; Бокарев, 2000 и др.).

Все исследователи отмечают, что рациональное применение удобрений является важнейшим и наиболее эффективным агротехническим приемом повышения качества зерна пшеницы.

Основными показателями качества зерна пшеницы являются содержание белка и клейковины. Важнейшим фактором, обуславливающим уровень накопления белка в зерне, является обеспеченность растений азотом. Отмечается высокая эффективность дробного внесения азота, особенно поздних подкормок посевов раствором мочевины.

Значительное положительное действие дробного внесения высоких доз азотного удобрения под озимую пшеницу на белковость и технологические качества зерна установлено и зарубежными исследователями (Pontailler, 1972).

На качество зерна пшеницы оказывают влияние не только минеральные, но и органические удобрения; однако материалов по этому вопросу в литературе крайне мало. Поэтому в наших опытах с сухим гранулированным птичьим пометом мы решили восполнить этот пробел.

Качество зерна пшеницы характеризуется физическими, биохимическими, технологическими свойствами. Наши исследования показали, что они заметно варьируют в зависимости от погодных условий и различных доз сухого гранулированного птичьего помета (табл. 35).

Таблица 35 – Показатели качества зерна орошаемой озимой пшеницы в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета (2008–2010 гг.)

Дозы СГПП, т/га	Объемная масса, г/л	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %
Без лесных полос					
0	731	37,0	60,8	13,7	27,5
1,8	740	37,1	61,1	14,2	28,4
3,6	765	38,0	63,4	14,5	29,0
5,4	783	39,2	65,5	14,9	30,1
С лесными полосами					
0	735	37,0	61,2	13,9	27,9
1,8	747	37,5	62,4	14,4	28,8
3,6	769	38,3	68,7	14,7	29,5
5,4	787	39,7	69,0	15,1	30,3

Масса 1000 семян, характеризующая крупность зерна, увеличивается по мере улучшения условий влажности. В этом плане особенно жестким был 2010 г., когда масса 1000 семян была наименьшей – 26–28 г. против 40–42 г. в остальные годы исследования. Сухой гранулированный птичий помет в ряде случаев позволяет получать более выполненное зерно.

Крупность зерна и его форма оказывают влияние на выход продукции. Хорошо известно, что в крупном зерне эндосперма больше, чем в мелком; при помоле мелкого и тем более щуплого зерна выход и количество муки значительно снижаются. Округлое зерно с неглубокой бороздкой разламывается легче, чем удлиненное и ребристое. Выход муки тесно связан с натурой зерна, чем выше натура, тем в среднем больше выход продукции. Поэтому натура зерна положена в основу товарной классификации зерна. На международном рынке пшеница расценивается по натурной массе зерна. Чем выше натура, тем дороже она оплачивается. Технические требования к сортам сильных и твердых пшениц определяют натуру зерна в 785 г/л (Самсонов, 1967).

Натура зерна в наших опытах сильно зависела от погодных условий. На контрольном варианте в засушливом 2010 году она оказалась минимальной – 738 г/л, а во влажном 2009 г. максимальной – 803 г/л. Сухой гранулированный птичий помет в дозах 3,6–5,4 т/га устойчиво повышал этот показатель на 34–52 г/л.

Хлебопекарная сила пшеницы по общему признанию большинства исследователей, в основном связана с белковым комплексом зерна, количеством и качеством клейковины. Сильная пшеница должна содержать не менее 14 % (на сухое вещество) белка и не меньше 28 % сырой клейковины в зерне, а в муке первого сорта – не менее 32 % и по качеству должна быть не ниже первой группы, то есть с хорошей упругостью и нормальной растяжимостью.

Решающее влияние на накопление сырого белка оказали погодные условия.

Максимум его был отмечен в более засушливые 2009 и 2010 годы – 14,7–15,0 %. В среднем за три года на контрольном варианте содержание сырого белка составило 13,7 %.

Сухой гранулированный птичий помет в дозе 3,6 т/га повысил содержание сырого белка на 1,1 %. Более высокие дозы помета не способствовали адекватному приросту белка. Под влиянием лесных полос наблюдалась тенденция к повышенному накоплению белка в зерне на всех вариантах.

При использовании сухого гранулированного птичьего помета за счет значительного повышения урожайности озимой пшеницы существенно возрастает сбор белка с каждого гектара посева.

Он имеет явную тенденцию к увеличению по мере повышения уровня удобренности. Максимальный сбор белка превышает неудобренный контроль в 1,6–1,7 раза. В среднем за три года на контрольном варианте валовой выход белка составил 438, а при внесении 5,4 т/га сухого гранулированного птичьего помета 727 кг/га. Еще более заметные результаты получены на вариантах, испытывающих благотворное воздействие лесных полос – на них выход белка составил соответственно, 467 и 787 кг/га. В первом случае сбор белка с каждого гектара посева увеличился на 29, а во втором на 60 кг – только за счет влияния лесных полос на лучшем варианте сбор белка увеличился на 31 кг/га.

Количество и качество сырой клейковины в большой степени определяет качество выпеченного хлеба. Без удобрений в среднем за три года содержание сырой клейковины составило 27,5 %, а на удобренных вариантах 28,4–30,4 %, что соответствует стандарту на сильные пшеницы. Качество клейковины имело тенденцию к уменьшению. Стекловидность зерна коррелировала с величиной сырой клейковины.

Сила муки наибольшей была на хорошо удобренных вариантах. С возрастанием уровня питания разжижение теста уменьшалось, а валориметрическая оценка имела тенденцию к увеличению (приложение 8).

Суммирующими показателями хлебопекарных свойств муки (зерна) являются объемный выход хлеба и общая хлебопекарная оценка. Как показали

результаты исследований, наибольший объемный выход хлеба 1000–1050 мл получается на хорошо удобренных вариантах.

По вопросу влияния удобрений на аминокислотный состав белка зерна пшеницы в литературе имеются разногласия, а может быть и разночтения. Одни исследователи (Caumate, Popesen, 1970; Elonen, Aho, Koivistoinen, 1972; Минеев, 1973; Толстоусов, 1974; Минеев и др., 1975; Чуб, 1980; Минеев, Павлов, 1981; Панников, Павлов, 1982; Плешков, 1982; Павлов, 1984; Панников, Минеев, 1987; Павлов, 1989) считают, что аминокислотный состав каждой белковой фракции постоянен. Азотные удобрения повышают содержание суммарного белка и изменяют соотношение белковых фракций. Поскольку их аминокислотный состав различен, то изменяется аминокислотный состав суммарного белка зерна. По мнению Толстоусова (1974) снижение содержания лизина под действием азотного удобрения происходит не из-за уменьшения его синтеза в зерне, а является следствием усиления синтеза глиадина, отличающегося очень низким содержанием аминокислоты. По нашим данным в зерне озимой пшеницы среднее содержание лизина в глиадине составило 0,73 , а в глютенине – 1,68 %.

Павлов (1989) считает, что «пытаться изменить, улучшить аминокислотный состав белка – дело бесполезное, бессмысленное». По мнению Панникова, Павлова (1982); Павлова (1984) усилением азотного питания растений можно значительно поднять содержание белка в зерне, но содержание белковых фракций и аминокислот путем улучшения питания изменить нельзя.

Другие авторы (Тарасенко, 1973; Авдонин, 1979; Суднов, 1986; Иванов, 1989) утверждают, что удобрения улучшают фракционный и аминокислотный состав белка.

На наш взгляд, эти разногласия кажущиеся, на самом деле результаты исследований аналогичны. Бесспорным следует считать, по-видимому, неизменность аминокислотного состава отдельных фракций белка. В то же время эти фракции различаются между собой по содержанию аминокислот. В связи с тем, что под влиянием удобрений соотношение белковых фракций изменяется, изменится

также и содержание аминокислот в суммарном белке. Чаще всего происходит снижение содержания лизина и увеличение глутаминовой кислоты, пролина и других аминокислот, преобладающих в проламинах. Когда же содержание аминокислот рассчитывается на массу зерна или муки, то количество их в разной степени повышается вследствие увеличения суммарного белка.

Аминокислотный состав белка является очень важным показателем качества и биологической ценности продукции (Попов, 1966; Томмэ, 1972; Плешков, 1982). Как известно, белки образуются из отдельных аминокислот; многие из них, но далеко не все, синтезируются в организме человека и животных. Неспособные синтезироваться в живом организме получили название биологически незаменимых. К ним относятся лизин, лейцин, изолейцин, валин, метионин, фенилаланин, треонин и триптофан. Человек и животные должны получать их в составе пищи. Недостаток или отсутствие хотя бы одной из них нарушает обмен веществ и вызывает тяжелые заболевания.

Многие белки растительного происхождения биологически неполноценны, так как не содержат в достаточном количестве полного набора незаменимых аминокислот. Поэтому так важно повысить их содержание. Минеев, Павлов (1981) отмечают, что биологическая ценность белка зависит от содержания нескольких незаменимых аминокислот, которые в данном белке являются лимитирующими; для пшеницы к ним относится, прежде всего, лизин, затем метионин, изолейцин и треонин.

В наших опытах в среднем за три года содержание незаменимых аминокислот на удобренных вариантах в большинстве случаев оставалось неизменным (приложение 9).

Зерно, выращенное в 2008–2010 гг. на опытном поле подверглось анализу на содержание вредных соединений нитратов и нитритов. Установлено, что при внесении сухого гранулированного птичьего помета в дозах 3,6 и 5,4 т/га в зерне озимой пшеницы эти соединения не превышают ПДК, что дает возможность использовать зерно для любых нужд.

5.5 Потребление озимой пшеницей воды и питательных веществ

5.5.1 Водопотребление

Исследованиями, проведенными в различных зонах установлено, что оптимальная влажность в активном слое почвы, при которой формируется наибольший урожай, не должна опускаться ниже 70–75 % НВ (Адиньяев, 1977; Багров, 1965; 1970, 1971; Бокарев, 1976; Коровин, 1973; Кружилин, 1976; Филимонов, Барановский, 1974).

Внесение удобрений способствует более экономному расходовании почвенной влаги (Кузьмина и др., 1979; Петинов, 1976; Филимонов, 1972; Шатилов, 1971). Совместное действие оросительной воды и удобрений значительно превосходит эффект от их раздельного применения. Орошение создает предпосылки, для наиболее эффективного использования удобрений, в свою очередь удобрения способствуют более продуктивному использованию воды (Костин, 1971; Собко, 1976, 1983; Турулев, Турулева, 1973; Филимонов, 1983). Исходя из того, нами ставилась задача выяснить влияние различных доз сухого гранулированного птичьего помета, примененного раздельно и в системе лесных полос, на продуктивность использования оросительной воды при оптимальной влагообеспеченности почвы.

Нижний порог влажности в активном слое почвы (0–70 см) в весенне-летний период вегетации поддерживался на уровне 70–75 % НВ. В осенний период перед посевом озимой пшеницы проводились влагозарядковые поливы нормой 1000–1200 м^3/га. В годы исследований погодные условия резко отличались по температуре воздуха и количеству выпавших осадков в период вегетации озимой пшеницы. В связи с этим для поддержания заданного уровня предполивной влажности почвы потребовалось различное число поливов (табл. 36, приложения 10–12)

Таблица 36 – Сроки и нормы вегетационных поливов озимой пшеницы в зависимости от погодных условий на темно-каштановых почвах Заволжья, м^3/га

Годы	Поливы					Оросительная норма
	1	2	3	4	5	
2008	17.V / 500	14.VI / 600	27.VI / 600	–	–	1700
2009	4.V / 400	21.V / 500	10.VI / 650	26.VI / 500	–	2050
2010	12.V / 450	23.V / 500	13.VI / 550	23.VI / 500	3.VII / 350	2350

В 2008 г. потребовалось три, в 2009 г. – четыре и в 2010 г., наиболее засушливом, – пять поливов. По сравнению с наиболее влажным 2008 г. оросительная норма в 2009 г. увеличилась в 1,2, а в 2010 – в 1,4 раза.

Слагаемые и величина суммарного водопотребления посевов озимой пшеницы в зависимости от складывающихся погодных условий конкретного года исследований представлена в таблице 37.

Таблица 37 – Суммарное водопотребление озимой пшеницы в зависимости от погодных условий на темно-каштановых почвах Заволжья

Годы	Осадки		Расход воды из почвы		Оросительная норма		Суммарное водопотребление, м^3/га
	м^3/га	%	м^3/га	%	м^3/га	%	
2008	1690	37,6	102	2,27	2700	60,1	4492
2009	1355	30,1	90,1	2,01	3050	67,9	4495
2010	1110	23,4	86,5	1,82	3550	74,8	4746

Суммарное водопотребление озимой пшеницы в разные по погодным условиям годы колебалось в пределах 4492–4746 м^3/га. Наибольшую долю в суммарном расходе влаги имеет оросительная вода – 60,1–74,8 %. Осадки, выпадающие в течение вегетационного периода, также играют существенную роль во влагообеспечении озимой пшеницы. Во влажном 2008 г. на их долю

приходилось 37,6, в среднезасушливом 2009 г. – 30,1 и в острозасушливом 2010 – 23,4 % от общей величины суммарного водопотребления. Расходы воды за счет запасов почвенной влаги в общем суммарном водопотреблении колеблятся от 1,82 до 2,27 %.

Наряду с определением суммарного водопотребления посевами озимой пшеницы нами рассчитаны коэффициенты водопотребления, поскольку эффективность орошения определяется не только величиной получаемого урожая, но и затратами воды на формирование единицы товарной продукции. Величина коэффициентов водопотребления изменяется под влиянием многих факторов, к которым относятся условия влагообеспеченности, естественное плодородие почвы и применение удобрений, приемы технологии, погодные условия вегетационного периода, уровень урожайности возделываемой культуры (Багров, 1965, 1970; Грошев, 1986; Костин, 1971; Костяков, 1960; Кузник, 1979; Льгов, 1966, 1967; Филимонов, 1983; Шумаков, 1962).

Самые высокие затраты воды на формирование одной тонны зерна озимой пшеницы получены на контрольных вариантах (табл. 38). В среднем за три года коэффициент водопотребления без применения лесных полос на контрольном варианте составил 1432, а с ними на 68 м^3/т меньше.

Таблица 38 – Коэффициенты водопотребления орошаемой озимой пшеницы в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос, м^3/т

Дозы СГПП, т/га	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Среднее за три года
Без лесных полос				
0	1353	1392	1551	1432
1,8	1251	1266	1404	1307
3,6	1106	1045	1181	1111
5,4	909	888	1025	941
С лесными полосами				
0	1333	1330	1429	1364
1,8	1214	1199	1318	1244
3,6	1009	956	1083	1016
5,4	851	825	968	881

В несение сухого гранулированного птичьего помета способствовало повышению продуктивности использования влаги растениями, особенно в дозах 3,6 и 5,4 т/га. Лесные полосы усиливали эффект. Средний расход воды на формирование тонны зерна и соответствующего количества побочной продукции при внесении 1,8 т/га сухого гранулированного птичьего помета снизился на 125, 3,6 т/га – 321 и 5,4 т/га – 491 $м^3$/га. В зоне влияния лесных полос показатели коэффициентов водопотребления снизились еще на 60–95 $м^3$/га.

5.5.2. Потребление питательных элементов растениями

Процесс потребления питательных элементов растениями в течение вегетации имеет важное значение для формирования урожая и его качества. В большой степени он зависит от концентрации этих элементов в почве. Как недостаток, так и избыток какого-либо элемента питания приводит к изменениям в поглощении элементов, торможению процессов жизнедеятельности и снижению продуктивности. При этом изменяется и концентрация питательных элементов в растениях. Ринькис и др. (1989) считают, что поглощение всех элементов минерального питания растениями находится в тесной взаимосвязи; повышение концентрации какого-либо элемента в субстрате приводит к увеличению его концентрации в растениях; отклонение от оптимума концентрации одного элемента на 30–100 % вызывает изменение поглощения остальных элементов.

Для суждения об обеспеченности растений питательными веществами в течение вегетации требуются данные оптимальной их концентрации в целых растениях или их органах. Под оптимальными концентрациями обычно понимают количество элементов, которые обеспечивают более высокую продуктивность культуры при изучении различных доз одного или нескольких элементов питания в определенных условиях. Это, как правило, концентрация питательных элементов в растениях того варианта удобрения, который

обеспечивает максимальный урожай выращиваемой культуры при нормальных условиях влажности, агротехники и др.

Таким образом, изучение динамики потребления питательных элементов растением в течение вегетации в зависимости от применяемых удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях является актуальной задачей. Полученные данные необходимы для диагностики питания растений и расчета доз удобрений на запланированный урожай.

Проведенные нами исследования показали, что потребление питательных элементов озимой пшеницей происходит согласно закономерности, состоящей в постепенном убывании от начала вегетации к ее концу относительного содержания их в целом растении и одновременном нарастании абсолютного накопления по мере прохождения фаз вегетации. Но каждый элемент имеет свою специфику.

Наибольшее содержание азота в растениях озимой пшеницы отмечается в начале весенней вегетации (табл. 39)

Таблица 39 – Содержание азота в растениях озимой пшеницы в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос (2008–2010 гг.), %

Дозы СГПП, т/га	Кущение	Трубкование	Колошение	Полная спелость	
				зерно	солома
Без лесных полос					
0	2,75	1,55	1,07	2,22	0,50
1,8	3,12	1,71	1,18	2,35	0,53
3,6	3,75	1,90	1,30	2,48	0,55
5,4	3,80	1,98	1,38	2,55	0,58
С лесными полосами					
0	2,90	1,61	1,08	2,28	0,51
1,8	3,81	1,83	1,21	2,37	0,51
3,6	4,05	1,95	1,39	2,50	0,55
5,4	4,38	1,98	1,41	2,57	0,60

В среднем за три года в фазу кущения на контрольных вариантах обнаружено 2,75–2,90 % азота. Оптимальные дозы сухого гранулированного птичьего помета (3,6 и 5,4 т/га) позволяют повысить его концентрацию в биомассе до 3,75–4,38 % или в 1,4–1,5 раза.

Концентрация азота в биомассе озимой пшеницы в фазу трубкования составила в среднем за три года на контрольных вариантах 1,55–1,61 %, а при оптимальных дозах помета –1,90–1,98 %.

Содержание азота в растениях озимой пшеницы на контрольных вариантах в среднем за три года в фазу колошения снизилось до 1,07–1,08 %, в то время как на хорошо удобренных вариантах оно находилось в пределах – 1,30–1,41.

Зерно характеризовалось повышенным накоплением азота. Средняя концентрация его в зерне контрольных вариантов оставляла 2,22–2,28 %, хорошо удобренных пометом вариантах – 2,48–2,57 %; в соломе концентрация азота была значительно ниже.

Уменьшение относительного содержания азота в растениях по мере вегетации происходит из-за усиления ростовых процессов, формирования биомассы и соответствующего разбавления концентрации азота в растении. В период налива зерна происходит усиленное усвоение азота из почвы для синтеза белковых молекул. Даже в период минимального накопления азота, в озимой пшенице удобренные пометом варианты отчетливо превосходили неудобренный контроль, притом преимущество имели более высокие дозы удобрения – 3,6 и 5,4 т/га.

В среднем за три года (табл. 40) в фазу кущения на контрольных вариантах озимой пшеницей было накоплено 14,1–14,4 % от потребленного за вегетацию азота.

На контрольных вариантах общий вынос азота урожаем озимой пшеницы был равен в среднем за три года 83,78–90,3 кг/га, при внесении сухого гранулированного птичьего помета в дозах 3,6 и 5,4 т/га – 120–159 кг/га.

В азотном питании пшеница больше всего нуждается в первую половину вегетации, особенно от кущения до колошения. За это время ею усваивается основное количество азота. В последующие фазы накопление азота незначительно и в основном продолжается перераспределение его из вегетативных органов в генеративные. Помет оказывает существенное положительное влияние на потребление азота растениями.

Таблица 40 – Потребление азота озимой пшеницей в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос (2008–2010 гг.), кг/га

Дозы СГПП, т/га	Кущение	Трубкование	Колошение	Полная спелость		
				зерно	солома	общий вынос
Без лесных полос						
0	11,8	46,3	48,8	71,0	12,8	83,8
1,8	14,7	56,1	58,8	82,2	14,8	97,0
3,6	20,6	73,3	76,3	102	18,1	120
5,4	23,2	90,3	95,8	124	22,6	147
С лесными полосами						
0	13,0	50,7	51,6	76,6	13,7	90,3
1,8	19,0	63,1	63,4	87,4	15,0	102
3,6	24,7	82,3	89,1	113	19,8	133
5,4	30,7	96,4	104	134	25,0	159

Большая часть азота концентрируется в зерне. В среднем за три года вынос азота с основной продукцией составил на контрольных вариантах 71–76,6, а при внесении помета в дозе 5,4 т/га 147–159 кг/га.

С побочной продукцией вынос азота в среднем за три года составил на контроле 12,8–13,7, а при использовании помета в дозе 3,6 и 5,4 т/га – 18,1–25,0 кг/га.

Относительное содержание фосфора в растениях озимой пшеницы в течение вегетации изменялось аналогично азоту. На неудобренном контроле в фазу кущения в целом растении концентрация фосфора составляла 0,51–0,60 %, при колошении она снизилась до 0,38 %. Влияние помета на на-

копление этого элемента было менее заметным – тенденция к некоторому повышению его концентрации в вегетативной массе отмечена лишь в ранних фазах (табл. 41).

Вынос фосфора урожаем озимой пшеницы на контроле в среднем за три года составил 27–30 кг/га (табл. 42).

Таблица 41 – Содержание фосфора в растениях озимой пшеницы в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос (2008–2010 гг.), %

Дозы СГПП, т/га	Кущение	Трубкование	Колошение	Полная спелость	
				зерно	солома
Без лесных полос					
0	0,51	0,57	0,38	0,70	0,18
1,8	0,55	0,59	0,39	0,79	0,20
3,6	0,60	0,60	0,40	0,80	0,20
5,4	0,67	0,60	0,40	0,82	0,25
С лесными полосами					
0	0,60	0,60	0,38	0,75	0,18
1,8	0,67	0,61	0,40	0,79	0,20
3,6	0,70	0,60	0,42	0,85	0,20
5,4	0,71	0,68	0,45	0,85	0,25

Таблица 42 – Потребление фосфора озимой пшеницей в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос (2008–2010 гг.), кг/га

Дозы СГПП, т/га	Кущение	Трубкование	Колошение	Полная спелость		
				зерно	солома	общий вынос
Без лесных полос						
0	2,19	17,0	17,3	22,4	4,61	27,0
1,8	2,58	19,3	19,4	27,6	5,60	33,2
3,6	3,30	23,2	23,5	33,0	6,60	39,6
5,4	4,09	27,4	27,8	40,0	9,75	49,7
С лесными полосами						
0	2,70	18,9	18,2	25,2	4,84	30,0
1,8	3,35	21,0	21,0	29,1	5,90	35,0
3,6	4,27	25,3	26,9	38,3	7,22	45,5
5,4	4,97	33,1	33,3	44,3	10,4	54,7

В фазу кущения растения на контроле потребляли фосфора в среднем 8,1–8,9 %, а при колошении 60–64 % от всего поглощенного фосфора за вегетационный период.

Большая часть фосфора поглощается зерном. На неудобренных контролях в среднем за три года с зерном было вынесено из почвы 27–30 кг/га фосфора, а с соломой 4,61–4,84 кг/га. При внесении в почву 5,4 т/га сухого гранулированного помета вынос фосфора зерном составил 40–44, а с соломой 9,7–10,4 кг/га. Общий вынос фосфора при внесении этой дозы помета составил 50–55 против 27–30 кг/га на контрольных вариантах.

Молодые, сочные растения имели максимальную концентрацию калия, которая составила в среднем за три года в фазу кущения на неудобренных вариантах 3,61–3,65 % на абсолютно сухое вещество биомассы (табл. 43).

Таблица 43 – Содержание калия в растениях озимой пшеницы в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос (2008–2010 гг.), %

Дозы СГПП, т/га	Кущение	Трубкование	Колошение	Полная спелость	
				зерно	солома
Без лесных полос					
0	3,61	2,15	1,55	0,60	2,03
1,8	,368	2,18	1,58	0,61	2,07
3,6	3,60	2,29	1,62	0,64	2,15
5,4	3,68	2,33	1,73	0,65	2,17
С лесными полосами					
0	3,65	2,19	1,57	0,62	2,05
1,8	3,68	2,21	1,59	0,65	2,09
3,6	3,65	2,36	1,60	0,67	2,18
5,4	3,63	2,37	1,71	0,75	2,21

При выколашивании растений на контрольных вариантах в среднем за три года концентрация этого элемента уменьшилась до 1,55–1,58 %, а при созревании – до 1 ,40 %. Действие помета на увеличение содержания этого элемента проявилось только при внесении высоких доз – 3,6 и 5,4 т/га.

Потребление растениями калия существенно отличалось от азота и фосфора (табл. 44).

Таблица 44 – Потребление калия озимой пшеницей в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос (2008–2010 гг.), кг/га

Дозы СГПП, т/га	Кущение	Трубкование	Колошение	Полная спелость		
				зерно	солома	общий вынос
Без лесных полос						
0	15,5	64,3	70,5	19,2	52,0	71,2
1,8	17,3	71,5	78,7	21,3	58,0	79,3
3,6	19,8	88,4	95,1	26,4	70,9	97,3
5,4	22,4	106	120	31,7	74,6	116
С лесными полосами						
0	16,4	69,0	75,0	20,8	55,1	75,9
1,8	18,4	76,2	83,3	24,0	61,6	85,6
3,6	22,3	99,6	102	30,2	78,7	109
5,4	25,4	115	127	39,8	92,1	132

Калий быстро накапливался в начальный период роста растений. Уже в фазу трубкования озимой пшеницей потреблялось в среднем за три года 90–91 % от всего накопленного за вегетацию калия, а к фазе колошения он был усвоен растениями почти полностью. При этом на удобренных фонах растения потребляли его в 1,1–1,3 раза больше, чем на контроле.

В отличие от азота и фосфора, калий в основном выносится из почвы с побочной продукцией. Если на контрольном варианте в среднем за три года с зерном было вынесено только 119–21 кг/га калия, то с соломой – 52–55 кг/га.

При внесении 5,4 т/га сухого гранулированного птичьего помета вынос калия с основной продукцией озимой пшеницы составил 32–40, а с побочной – 85–92 кг/га. Общий вынос калия на неудобренном контроле в среднем за три года составил 71–76 кг/га, а при внесении помета в дозе 5,4 т/га – 116–132 кг/га.

Изучение содержания микроэлементов в растениях актуально по ряду причин. Во-первых, учет концентраций химических элементов позволяет оценить условия минерального питания растений, определяющих количество и качество урожая. В процессе питания почва активно воздействует на растения и между ними часто наблюдается прямая связь.

Во-вторых, растения, являясь мощным фактором почвообразования, сами активно воздействуют на породу и почву. Изучение концентраций микроэлементов в растительных организмах позволяет глубоко понять процессы миграции и превращений химических соединений в различных типах почв, предвидеть их течение, а самое главное – управлять ими путем внесения соответствующих удобрений.

Для понимания эколого-агрохимической роли микроэлементов важное значение имеют сведения о поступлении их в растения на разных фазах развития. В наших опытах относительное накопление бора (на единицу вещества) в надземной массе озимой пшеницы от кущения до колошения постепенно уменьшалось, а затем стало возрастать вновь, достигнув максимума при созревании зерна (табл. 45). Относительное накопление марганца и цинка в течение вегетационного периода существенно не изменилось. Содержание меди, кобальта и молибдена изменялось однотипно – в надземной массе молодых растений оно было выше, чем у более старых.

Для оценки степени обеспеченности растений микроэлементами необходимо знать их пороговые концентрации, которые существенно меняются в зависимости от биологических особенностей растений, возраста, соотношения минеральных элементов в почвенном растворе, погодных условий и других факторов.

В.В. Ковальский (1974) считает, что нормальное содержание бора в корнях сахарной свеклы находится в пределах 10–52 мг/кг сухого вещества. При снижении его концентраций до 4–28 мг/кг корни поражаются гнилью сердечка. Физиологические процессы у зерновых культур протекают нормально при сле-

дующем содержании микроэлементов: меди – 5,2–18,0, молибдена – 0,41–3,9, цинка – 16,6–105,0, марганца – 50–82 мг/кг.

Таблица 45 – Влияние сухого гранулированного птичьего помета на содержание микроэлементов в растениях озимой пшеницы (2008–2010 гг.), мг/кг сухого вещества

Микроэлементы	Кущение	Трубкование	Колошение	Полная спелость		
				биомасса	зерно	солома
Контроль						
Бор	3,21	2,47	2,01	4,16	3,05	4,71
Марганец	38,0	28,4	26,5	30,5	23,6	34,0
Цинк	48,6	14,4	16,8	15,8	17,7	15,0
Медь	6,51	6,18	5,55	4,43	3,21	5,05
Кобальт	0,79	0,54	0,44	0,36	0,18	0,45
Молибден	0,32	0,28	0,20	0,13	0,21	0,19
Сухой гранулированный птичий помет 5,4 т/га						
Бор	3,91	3,12	2,33	4,87	3,51	5,55
Марганец	43,3	36,0	31,5	32,2	25,5	35,7
Цинк	26,0	20,1	23,5	25,3	24,8	25,5
Медь	8,41	8,08	7,21	5,54	4,50	6,06
Кобальт	0,70	0,70	0,54	0,40	0,20	0,50
Молибден	0,45	0,36	0,24	0,24	0,27	0,23

Более низкие их количества вызывают у растений различные заболевания. Для кормов за оптимальные приняты следующие концентрации микроэлементов: меди 7–12, марганца 40–122, цинка 20–96, кобальта 0,5–1,0, молибдена 0,6–2,0 мг/кг сухой массы.

Сравнив с этими показателями наши данные, приходим к выводу, что в большинстве случаев растения, произрастающие на темно-каштановых почвах Заволжья, недостаточно обеспечены микроэлементами.

В связи с этим крайне важно было проследить как влияет помет, содержащий в своем составе не только макро-, но и микроэлементы, на накопление последних в биомассе озимой пшеницы. Исследования проведены на вариантах с внесением оптимальной дозы сухого гранулированного помета 5,4 т/га

и без внесения удобрений. Прежде всего, было установлено, что большинство микроэлементов накапливается в вегетативной массе растений, за исключением цинка и молибдена, которые больше концентрируются в зерне.

На контрольном варианте, в среднем за пять лет, в соломе найдено больше, чем в зерне кобальта в 2,5, а бора, меди и марганца – в 1,4–1,6 раз.

Аналогичная закономерность отмечена и при внесении помета. Особенно заметно было накопление цинка. Зерно контрольного варианта, в среднем за три года, имело этого элемента 17,7, а солома – 15,0 мг/кг сухого вещества, что явно недостаточно для злаков. При внесении помета его концентрация поднялась до 24,8–25,5 мг/кг сухого вещества, что можно считать физиологически обоснованной нормой для озимой пшеницы.

От использования сухого гранулированного птичьего помета существенно повысилась в зерне также концентрация меди и молибдена. Менее заметно влияние удобрения на содержание кобальта, марганца и бора.

Существует тесная связь между содержанием микроэлементов в почве и поступлением их в растения, особенно на вариантах с внесением помета

Полученный нами материал подтверждает идеи В.И. Вернадского(1934), А.П.Виноградова, (1952, 1957) и В.В. Ковальского (1974) о неразрывном единстве живых организмов и условий их жизни. Расчет среднего химического состава различных природных объектов показал, что количественное соотношение микроэлементов, свойственное почвообразующим породам и почвам, сохраняется в основном и в растениях. При рассмотрении содержания микроэлементов в растениях как функции целого комплекса факторов, сложную взаимозависимость между ними можно установить только с помощью величин абсолютного и относительного накопления.

Менее благоприятный пищевой режим почв контрольного варианта ослабляет физиологические процессы в растениях, что приводит к ежегодному значительному недобору урожая по сравнению с внесением сухого гранулированного птичьего помета. С меньшими урожаями, естественно, выносится

меньшее количество микроэлементов. Связь между их абсолютным накоплением и содержанием в почве прослеживается в данном случае четко.

Однако при низких урожаях относительное содержание микроэлементов в растениях, как показали наши данные, может быть различным: меньшим, равным, а нередко – и большим, чем при высоких урожаях. Это приводит к тому, что связь между содержанием микроэлементов в растениях и почвах сглаживается, исчезает полностью или принимает отрицательный характер.

Аналогичные результаты получены нами при изучении зависимости концентраций микроэлементов в растениях от погодных условий.

Низкое количество микроэлементов, поступившее в растение из почвенного раствора в засушливые годы, идет на образование несравненно меньшей (в 2–5 раз) биомассы. Поэтому содержание их на единицу продукции (относительное накопление) может быть различным: равным, меньшим, или большим по сравнению со средним, и тем более высокими урожаями, получаемыми во влажные годы.

Вынос же микроэлементов урожаями (абсолютное накопление) в засушливые годы в большинстве случаев ниже, чем во влажные.

На этом основании можно сделать заключение об ограниченном поступлении микроэлементов в растения во время засухи, что затрудняет формирование урожая и нередко приводит к его биологической неполноценности.

Общая закономерность, выявленная нами при изучении влияния помета на потребление микроэлементов озимой пшеницей, заключается в том, что их абсолютное количество (в г/га за межфазный период) неуклонно возрастало в процессе роста и развития растений. Следовательно, микроэлементы поглощаются растениями на протяжении всей вегетации, хотя каждый из них имеет свою специфику.

Как относительное, так и абсолютное накопление бора убедительно свидетельствует о том, что потребность в этом элементе усиливается во второй половине вегетации, что связано, по-видимому, с его ролью в процессе цветения, оплодотворения и плодообразования (Школьник, 1950, 1974).

Озимая пшеница к моменту накопления 50% сухого вещества (фаза колошения) поглощала только 23,8 % бора.

Темпы накопления марганца и цинка наиболее полно совпадают с темпами формирования сухой биомассы. В фазу кущения потребление этих элементов, в среднем за три года, составляло 5,1–5,4, трубкования 28,2–28,9 и колошения 43–52 % от максимума. Напомним, что темпы накопления сухого вещества на контрольном варианте равнялись соответственно: 4,3; 31,0 и 49,5 %.

Потребление меди было более энергичным и во все фазы опережало накопление сухого вещества – во время кущения в растения поступило 6,4, при выходе в трубку 43,2 и выколашивании – 61,9 % элемента от максимума. Еще более энергично поступали в растения кобальт и молибден. На контрольном варианте в фазу кущения в растения поступило 11,1 % молибдена. Уже в фазу трубкования абсолютное накопление его поднялось до 68,1, а при колошении до 77,8 % от максимума (табл. 46).

Таблица 46 – Влияние удобрений на потребление микроэлементов озимой пшеницы в течение вегетации, г/га (2008–2010 гг.)

Микроэлементы	Кущение	Трубкование	Колошение	Полная спелость		
				биомасса	зерно	солома
Контроль						
Бор	1,47	8,12	10,5	44,1	10,8	33,3
Марганец	17,5	93,4	139	323	83,3	240
Цинк	8,56	47,4	88,2	168	62,5	106
Медь	2,99	20,3	29,1	47,0	11,3	35,7
Кобальт	0,36	1,78	2,31	3,82	0,64	3,18
Молибден	0,15	0,92	1,05	2,08	0,74	1,34
Сухой гранулированный птичий помет 5,4 т/га						
Бор	2,11	12,0	15,1	60,9	14,5	46,4
Марганец	23,4	139	205	403	105	298
Цинк	14,0	77,6	153	316	103	213
Медь	4,54	31,2	46,8	69,3	18,6	50,7
Кобальт	0,38	2,70	3,51	5,01	0,83	4,18
Молибден	0,24	1,39	1,56	3,04	1,12	1,92

Следовательно, молибден, кобальт и медь больше требуются растениям в первой половине вегетации. Что касается марганца и цинка, то на основании полученных нами материалов можно сделать заключение о том, что эти элементы равномерно потребляются на протяжении всего вегетационного периода. В боре растения особенно нуждаются во время цветения, налива и созревания зерна.

Общая потребность растений в микроэлементах определяется по выносу их из почвы урожаем. По этому показателю микроэлементы выстраиваются в следующий убывающий ряд: марганец – цинк – медь – бор – кобальт – молибден.

Больше микроэлементов выносится из почвы с побочной продукцией. Солома превысила зерно по выносу цинка и молибдена в 1,7–1,8 раза; бора, марганца и меди – в 2,9–3,2 раза и кобальта – в 5 раз.

Сухой гранулированный птичий помет, применяемый в дозе 5,4 т/га, повышал вынос цинка, меди и молибдена в 1,4–2,0, а бора, марганца и кобальта – в 1,2–1,3 раза по сравнению с неудобренным контролем.

Коэффициенты использования питательных веществ из сухого гранулированного птичьего помета представлены в таблице 42. Для азота они колебались от 13 до 25, фосфора – от 7,5 до 12,3 и калия – от 21,3 до 49,1 % (табл. 47).

Таблица 47 – Коэффициенты использования макроэлементов озимой пшеницей в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос (2008–2010 гг.), %

Дозы СГПП, т/га	N	P_2O_5	K_2O
Без лесных полос			
1,8	14,7	9,25	21,3
3,6	20,1	9,40	34,3
5,4	23,4	11,3	39,5
С лесными полосами			
1,8	13,0	7,47	25,5
3,6	23,7	11,6	13,4
5,4	25,4	12,3	49,1

Из микроэлементов рациональнее всех расходовался цинк – при внесении 5,4 т/га сухого гранулированного птичьего помета коэффициент использования этого элемента составил, в среднем за три года 18,5 %, в то время как медь кобальт, молибден, бор и марганец, усваивались только на 8,0–11,1 %.

6. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ СУХОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА

6.1 Экономическая эффективность

В настоящее время большое внимание уделяется повышению эффективности использования орошаемых земель путем внедрения ресурсо- и водосберегающих технологий возделывания культур, техники полива, защитных лесонасаждений.

Нашими исследованиями установлено, что окупаемость сухого гранулированного птичьего помёта прибавками урожая зерна озимой пшеницы повышается по мере увеличения дозы удобрения (табл. 48).

В среднем за три года она составила при внесении сухого гранулированного птичьего помета в дозе 1,8 т/га 169–181, 3,6 т/га – 256–320 и 5,4 т/га – 310–343 кг на каждую тонну удобрения или была выше оптимальных вариантах в 1,5–1,9 раза.

Таблица 48 – Окупаемость сухого гранулированного птичьего почёта и системы лесных полос прибавками урожая зерна озимой пшеницы, кг/т

Дозы СГПП, т/га	2008 г.	2009 г.	2010г.	Средняя
Без лесных полос				
1,8	150	178	178	169
3,6	205	297	267	256
5,4	300	339	291	310
С лесными полосами				
1,8	183	205	155	181
3,6	300	367	294	320
5,4	354	383	292	343

Условно чистый доход при внесении сухого гранулированного птичьего помета в дозе 3,6 т/га составил без применения лесных полос 1,19, а с ними 1,65

тыс. руб./га. Уровень рентабельности на этих вариантах в среднем за три года составил, соответственно, 74,4 и 91,7 %. Наибольшая экономическая эффективность выявлена при использовании гранулированного птичьего помета в дозе 5,4 т/га. Условно чистый доход на этом варианте без применения лесных полос составил 2,54, а в зоне их влияния – 2,85 тыс. руб./га. Этот же вариант отличался и максимальным уровнем рентабельности – 102–105 % (табл. 49).

Таблица 49 – Экономическая эффективность применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета под орошаемую озимую пшеницу (2008–2010 гг.)

Дозы СГПП, т/га	Прибавка урожая зерна, т/га	Стоимость продукции, тыс. руб./га	Затраты, тыс. руб./га	Условно чистый доход, тыс. руб./га	Уровень рентабельности, %
Без лесных полос					
1,8	0,30	0,90	0,70	0,20	28,6
3,6	0,93	2,79	1,60	1,19	74,4
5,4	1,68	5,04	2,50	2,54	102
С лесными полосами					
1,8	0,33	0,99	0,90	0,09	10,0
3,6	1,15	3,45	1,80	1,65	91,7
5,4	1,85	5,55	2,70	2,85	105

Традиционный метод расчета экономической эффективности применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета в системе лесных полос и без их участия основан на учете различий в урожайности сельскохозяйственных культур на контрольном и опытном вариантах. Все затраты по возделыванию орошаемой озимой пшеницы подсчитывалось по каждому варианту опытов в соответствии с технологическими картами, в которых отражены все фактические расходы на выполнение комплекса агротехнических приемов с учетом действующих нормативов и цен на семена, удобрения продукцию, оплату труда с начислениями, стоимость горюче-смазочных мате-

риалов, издержки на амортизацию, текущий ремонт, хранение дождевальной техники и др.

Для более полного учета экономической эффективности была принята во внимание экологическая составляющая – затраты для компенсации потерь оросительной воды с жидким поверхностным стоком и гумуса с твердым стоком (смывом твердых частиц почвы).

Убыль органического вещества за вегетацию определялась как потеря гумуса с твердым стоком. Затем была вычислена до помета, необходимая для его компенсации. При их расчете коэффициент гумификации принят равным 0,3, а содержание сухих веществ в сухом гранулированном птичьем помете – 80 %.

На основании проведенных исследований в современных условиях необходимо ввести оплату за оросительную воду, которая стимулировала бы инициативу руководителей хозяйств и специалистов с целью бережного расходования поливной воды и улучшения эколого-экономической ситуации в орошаемых регионах страны.

Разумеется, она должна быть дифференцированной для различных почвенно-климатических условий и для определения ее оптимального размера необходимы специальные изыскания.

Присовокупив к этому затраты, связанные с компенсацией убыли гумуса при смыве почвы, можно более объективно оценить общую сумму ущерба.

На контрольном и удобренном вариантах в наших опытах затраты для компенсации потерь гумуса уменьшались по мере увеличения доз удобрения. Аналогичная закономерность наблюдались и с жидким стоком. Суммарные затраты при внесении 1,8 т/га сухого гранулированного птичьего помета составили 44,4 руб./га без внесения лесных полос и 28,5 руб./га в зоне их влияния. При внесении 3,6 т/га удобрения затраты оставили 41,3 и 23,8, а 5,4 т/га – 36,4 и 17,3 руб./га (табл. 50).

В 2010 году на темно-каштановой почве в ООО «Нива» Энгельсского района осуществлено внесение гранулированного птичьего помета из расчета

5,4 т/га под орошенную озимую пшеницу Мироновская 808. Площадь опытного участка 212 га, контрольного 55 га.

Таблица 50 – Эколого-экономическая и энергетическая эффективность применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос с учетом затрат для компенсации потерь оросительной воды и гумуса (2008–2010 гг.)

Дозы СГПП, т/га	Затраты для компенсации потерь со стоком, руб./га			Условно чистый доход, руб. на 1 руб. затрат	Энергия в гумусе, ГДж/га
	жидким	твердым	сумма		
Без лесных полос					
1,8	25,5	18,9	44,4	0,27	0,12
3,6	23,8	17,5	41,3	0,72	0,11
5,4	21,0	15,4	36,4	0,98	0,09
С лесными полосами					
1,8	19,4	9,12	28,5	0,10	0,05
3,6	18,4	5,45	23,8	0,91	0,04
5,4	15,5	1,87	17,3	1,05	0,02

Урожайность зерна озимой пшеницы на контрольном участке составила 3,12, а на опытном – 5,05 т/га. Экономический эффект от внедрения приема 538 тыс. руб.

6.2 Энергетическая оценка

Для оценки эффективности возделывания агроценозов необходимо сопоставлять количество биологической и антропогенной энергии. Биологическая энергия, или накопленная в хозяйственно-полезной части урожая озимой пшеницы, рассчитывалась, исходя из энергетического эквивалента для зерна 13,0 соломы 5,86 МДж/кг, которые определяли опытным путем. Совокупная антропогенная энергия, израсходованная на возделывание культуры, включала затраты трудовых ресурсов, горюче-смазочных материалов, удобрений, сельхозмашин, электроэнергия и др.

В опытах установлена высокая энергетическая эффективность применения сухого гранулированного птичьего помета под орошаемую озимую пшеницу (табл. 51).

Обменная энергия на контрольном варианте без применения лесных полос в среднем за три года составила 56,6, а в зоне их влияния на 2,9 ГДж/га выше. Внесение самой низкой дозы (1,8 т/га) сухого гранулированного птичьего помета увеличило ее на 5,3, средней (3,6 т/га) – 16,4 и оптимальной (5,4 т/га) – 29,6 ГДж/га; в зоне влияния лесных полос эти показатели были выше, соответственно, 5,8, 20,2, и 32,6 ГДж/га.

Таблица 51 – Энергетическая оценка применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета (2008–2010 гг.)

Дозы СГПП, т/га	Урожай, т/га		Обменная энергия, ГДж/га	Антропогенная энергия, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
	зерно	солома			
Без лесных полос					
0	3,20	2,56	56,6	21,0	2,69
1,8	3,50	2,80	61,9	21,4	2,89
3,6	4,13	3,30	73,0	21,8	3,35
5,4	4,88	3,90	86,2	22,2	3,88
С лесными полосами					
0	3,36	2,69	59,5	21,1	2,82
1,8	3,69	2,95	65,3	21,5	3,04
3,6	4,51	3,61	79,7	21,9	3,64
5,4	5,21	4,17	92,1	22,3	4,13

Антропогенная энергия на контрольных вариантах в среднем за три года составила 21,0–21,1, а на удобрениях 21,4–22,3 ГДж/га. Энергозатарты, связанные с производством и применением сухого гранулированного птичьего помета, возрастали по мере нарастания доз удобрения. В соответствии с этим росли и энергозатраты на тонну прибавки урожая зерна и на 1 кг прибавки сбора белка (табл. 52).

Коэффициент энергетической эффективности в среднем за три года на контрольном варианте без применения лесных полос составил 2,69, а с ними

– 2,82. По мере нарастания дозы удобрения он повышался в первом случае с 2,89 до 3,88, а во втором – с 3,04 до 4,13. Сухой гранулированный помет повышал водопрочность агрегатов, что привело к уменьшению твердого стока (смыва) и потерь гумуса с ним.

Таблица 52 – Энергетическая эффективность применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета (2008–2010 гг.)

Дозы СГПП, т/га	Прибавка урожая зерна, т/га	Прибавка сбора белка, кг/га	Энергозатарты, ГДж/га		
			га	т зерна	кг белка
Без лесных полос					
1,8	0,30	59,0	21,4	6,11	0,043
3,6	0,93	161	21,8	5,28	0,036
5,4	1,68	289	22,2	4,55	0,031
С лесными полосами					
1,8	0,33	64,0	21,5	5,82	0,040
3,6	1,15	196	21,9	4,86	0,033
5,4	1,85	320	22,3	4,28	0,028

В связи с этим затраты энергии для компенсации потерь гумуса уменьшились по мере возрастания доз удобрения. Наиболее ярко выражен этот процесс в зоне влияния лесных полос, где затраты энергии для компенсации потерь гумуса на удобренных вариантах составили 0,02–0,05 против 0,09–0,12 ГДж/га без участия лесных полос.

6.3 Экологическая эффективность

Охрана природной среды от техногенных загрязнений сейчас приобретает огромное общечеловеческое значение. Особое место в ней занимает охрана почв. Почва является основным средством производства в сельском хозяйстве, и охрана экологической чистоты гарантирует ее плодородие и высокое качество растениеводческой продукции.

Накопление тяжелых металлов в почве отрицательно влияет на ее плодородие, микробиологическую деятельность, рост и развитие растений, качество продукции. Загрязнение окружающей среды в результате хозяйственной деятельности человека к настоящему времени достигло катастрофических размеров. Оно вызывается различными химическими средствами интенсификации сельскохозяйственного производства, твердыми, жидкими и газообразными отходами промышленности, органическими отходами животноводческих ферм, комплексов и крупных городов, детергентами, искусственными долгоживущими продуктами ядерного деления, продуктами сгорания топлива и т.д.

К тяжелым металлам относят химические элементы с плотностью более 5 г/см^3. Не все они обязательно токсичны. Сюда входят и микроэлементы, играющие важную биологическую роль в растениях. Постоянное поступление тяжелых металлов даже в малых количествах в течение продолжительного времени способно привести к существенному накоплению металлов в почве (Минеев, 1984, 1990; Алексеев, 1987; Кабата-Пендиас, 1989). К наиболее опасным тяжелым металлам относят ртуть, свинец и кадмий. Употребление человеком и сельскохозяйственными животными растений с высоким содержанием этих элементов является причиной появления у них различных заболеваний. Попадание в организм человека свинца ведет к нарушению сна, общей слабости, ухудшению настроения, нарушению памяти и снижению устойчивости к бактериальным инфекциям (Яблоков, Остроумова, 1985; Яблоков, 1988, 1990). Накопление в продуктах питания кадмия, токсичность которого в 10 раз выше свинца, вызывает разрушение эритроцитов крови, нарушение работы почек, кишечника, размягчение костной ткани. Парные и тройные сочетания тяжелых металлов усиливают токсический эффект.

Экспертным комитетом ВОЗ разработаны нормативы поступления в человеческий организм тяжелых металлов. Установлено, что каждую неделю здоровый человек массой 70 кг может получать с пищевыми продуктами без

вреда для своего здоровья, не более 3,5 мг свинца, 0,625 мг кадмия и 0,35 мг ртути (Kloke, 1983).

Фоновое содержание свинца в почвах равно примерно 30, а кадмия – 0,5 мг/кг. В растениях, выращиваемых на незагрязненных грунтах, соответственно 0,009–0,045 и 0,011–0,067 мг/кг сырого вещества (Wolnink u.a., 1985). При наличии тяжелых металлов в почве и последующем поступлении их в растения они концентрируются в основном в вегетативных органах, что объясняется защитной реакцией растений. Исключение составляет кадмий, легко проникающий как в стебли и листья, так и в генеративные части.

Обогащение растений тяжелыми металлами опасно для человека не только при употреблении растительной пищи, но при использовании их на кормовые цели. Скармливание коровам растений, выращенных на загрязненных почвах, привело к увеличению концентрации кадмия в молоке до 17–30 мг/л (Machacek, 1983).

Сейчас проводятся исследования по определению предельно допустимых концентраций (ПДК) тяжёлых металлов в почвах, а в ряде стран они уже приняты к исполнению. Так, в Германии ПДК по кадмию составляет 3, ртути – 2, свинцу – 100 мг/кг (Kloke, 1983).

Превышение указанных уровней содержания тяжелых металлов в почвах отражается на качестве и урожайности сельскохозяйственных культур: уменьшается содержание витаминов, ухудшается биологическая ценность белка, нарушается обмен веществ, уменьшается или чрезвычайно увеличивается скорость роста. Продуктивность основных культур при выращивании их на почвах, загрязненных тяжелыми металлами, снижается на 20–47 %. Тяжелые металлы влияют на генетические структуры растений. К сожалению, этот вопрос изучен крайне слабо, а в связи с использованием сухого гранулированного птичьего помета рассматривается нами впервые. Наши данные по изменению содержания тяжелых металлов в почве и растениях в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета по-

казали, что в большинстве случаев количество их в почвах и растениях снижается, что связано, на наш взгляд, с эффектом разбавления в связи с более энергичным наращиванием биомассы на хорошо удобренных вариантах.

По отрицательному воздействию на растения тяжелые металлы располагаются в следующий убывающий ряд: ртуть – кадмий – мышьяк – свинец – медь – никель – цинк. В почвах и растениях ртуть обнаружена лишь в виде следов. Концентрация кадмия в почве колеблется от 0,35 до 0,41, а мышьяка – от 1,2 до 1,5 мг/кг сухой почвы. Сравнение полученных данных с предельно допустимыми концентрациями свидетельствуют о высокой чистоте почв опытного участка – мышьяк соответствует 0,1, а кадмий – 0,2 ед. ОДК. Птичий помет не загрязняет почву этими элементами, наоборот, их концентрация имеет тенденцию к понижению, особенно на хорошо удобренных вариантах (табл. 53).

Свинец также является весьма токсичным загрязнителем окружающей среды. В наших опытах он обнаружен в количествах, равных 10–14 мг/кг сухой почвы, что соответствует 0,1 ед. ОДК. Хорошо удобренные варианты имели более низкие концентрации свинца – 10–12 мг/кг.

Таблица 53 – Содержание тяжелых металлов в темно-каштановой почве в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета (2008 – 2010 гг.), мг/кг.

Дозы СГПП, т/га	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Ртуть	Никель	Мышьяк
Без лесных полос							
0	14	0,41	24	10	сл	23	1,5
1,8	14	0,40	24	10	сл	23	1,5
3,6	12	0,35	22	9	сл	22	1,3
5,4	12	0,35	21	8	сл	21	1,2
С лесными полосами							
0	14	0,41	24	10	сл	23	1,5
1,8	14	0,40	24	10	сл	23	1,5
3,6	12	0,35	22	9	сл	22	1,3
5,4	10	0,35	20	8	сл	20	1,2
ОДК	130	2	220	132	2,1	80	10

Необходимость никеля растениям не доказана. Обычно он рассматривается как несущественный элемент. Если он и нужен растениям, то в очень малых концентрациях. Никель хорошо переходит в растения и его токсичность чаще проявляется на кислых почвах. В нашем эксперименте содержание никеля в почве колебалось от 20 до 23 мг/кг. При внесении сухого гранулированного птичьего помета наблюдалась тенденция к снижению его концентрации в почве. Полученные величины этого элементы соответствуют 0,3 ед. ОДК.

Таблица – 54. Содержание тяжелых металлов в растениях в зависимости от применения различных доз сухого гранулированного птичьего помета и системы лесных полос

Дозы СГПП, т/га	Свинец	Кадмий	Ртуть	Никель	Мышьяк
Зерно					
Без лесных полос					
0	1,10	0,03	сл	1,75	0,13
4,8	1,10	0,03	Сл	1,70	0,13
3,6	1,00	0,02	Сл	1,15	0,12
5,4	1,00	0,02	Сл	1,10	0,10
С лесными полосами					
0	1,10	0,03	Сл	1,75	0,13
1,8	1,10	0,03	Сл	1,70	0,13
3,6	1,00	0,02	Сл	1,12	0,12
5,4	1,00	0,02	Сл	1,00	0,10
Солома					
Без лесных полос					
0	1,80	0,05	Сл	2,42	0,15
1,8	1,50	0,05	Сл	2,25	0,15
3,6	1,20	0,04	Сл	2,00	0,14
5,4	1,00	0,04	Сл	2,00	0,14
С лесными полосами					
0	1,80	0,05	Сл	2,38	0,15
1,8	1,50	0,05	Сл	2,21	0,15
3,6	1,10	0,04	Сл	2,00	0,14
5,4	1,00	0,04	Сл	2,00	0,14

Цинка в почве найдено столько же, как и никеля – 20–24 мг/кг, с той же тенденцией снижения на хорошо удобренных участках. Эти количества соответствуют 0,1 ед. ОДК.

Медь обнаружена в концентрации 8 – 10 мг/кг, что меньше 0,1 ед. ОДК.

Цинк и медь относятся к микроэлементам, играющим существенную роль в жизни растений. В данном случае приходится говорить не об избытке, а о недостатке этих элементов в почве. Для оптимизации почвенного плодородия требуется дополнительное их применение. Помет практически не изменяя валового содержания этих элементов способен повысить концентрацию их подвижных соединений.

В зерне озимой пшеницы ртуть обнаружена в виде следов, кадмий найден в количестве 0,02–0,03, мышьяк 0,1–0,13, свинец – 1,0–1,1 и никель – 1,0–1,75 мг/кг сухого вещества (табл. 54).

В соломе тяжелых металлов накапливается больше, чем в зерне. Сухой гранулированный птичий помет не загрязняет зерно и солому тяжелыми металлами. Наоборот, на хорошо удобренных участках, в ряде случаев наблюдалась тенденция к уменьшению их накопления в биомассе озимой пшеницы.

ВЫВОДЫ

1. При существующей системе хранения птичьего помета из него безвозвратно теряется в среднем 59 % азота, 38 % фосфора и 78 % калия. Столь значительные потери элементов пищи растений обесценивают птичий помет как органическое удобрение, создают серьезную угрозу окружающей среде и требуют изыскания надежных методов его переработки и утилизации, наиболее существенным из которых является высокотемпературная сушка.

2. Сухой гранулированный птичий помет содержит азота 5,0–6,0, фосфора 3,5–7,7 и калия 2,0–2,5 % на абсолютно сухое вещество. На долю водорастворимых соединений приходится азота 47–70, фосфора 15–20 и калия 60–90 % от их общего количества.

3. Под влиянием сухого гранулированного птичьего помета улучшаются агрофизические и агрохимические свойства орошаемой темно-каштановой почвы: снижается плотность почвы до 1,2–1,3 г/см^3, увеличивается в 1,5–1,7 раза водопроницаемость. Содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое темно-каштановой почвы в фазу колошения озимой пшеницы в среднем за три года составило на контроле 33,8 %, при внесении сухого гранулированного птичьего помета в дозе 5,4 т/га без участия лесных полос – 35,3 % и в зоне их влияния – 37,1 %.

4. Формирование поверхностного стока и смыва почвы находится в тесной зависимости от водопроницаемости почвы и ее плотности. Сухой гранулированный птичий помет повышает противоэрозионную стойкость почвы. Максимальный эффект получен при его применении в дозе 5,4 т/га в зоне влияния лесных полос. Смыв почвы в среднем за три года на контроле составил 0,23, при использовании лесных полос – 0,15, а при совместном применении их с удобрениями в дозах 3,6–5,4 т/га – 0,05–0,02 т/га за один полив. Поверхностный сток от применения сухого гранулированного птичьего помета в до-

зе 3,6 т/га уменьшался в среднем за три года на 9,4–9,6, а в дозе 5,4 т/га – на 16,8–17,7 $м^3$га за один полив.

5. Темно-каштановая почва имеет очень низкую обеспеченность гумусом, нитратным азотом, подвижным фосфором и микроэлементами; среднюю и высокую – калием. Сухой гранулированный птичий помет в дозе 5,4 т/га оказал положительное действие на содержание гумуса; довел содержание подвижных соединений азота и фосфора до средней и повышенной обеспеченности.

Под влиянием удобрения в фазу колошения озимой пшеницы содержание водорастворимого бора в почве увеличилось в 1,5 раза, а подвижных соединений марганца и кобальта – в 1,2 раза.

6. Сухой гранулированный птичий помет, примененный раздельно и в системе лесных полос, оказывает положительное влияние на основные показатели фотосинтетической деятельности озимой пшеницы. Под его влиянием увеличивается площадь листьев, продуктивность фотосинтеза и фотосинтетический потенциал посева.

Продуктивность фотосинтеза в фазу колошения озимой пшеницы в среднем за три года на контроле составил 4,53, а на удобренных вариантах – 4,90–5,31 г/$м^2$/сутки.

7. Средняя прибавка урожая зерна от применения сухого гранулированного птичьего помета в дозе 1,8 т/га составила 0,3 т/га по сравнению с орошаемым контролем. Удвоенная доза удобрения повысила урожай зерна озимой пшеницы на 0,93, а утроенная – на 1,68 т/га; лесные полосы способствовали дополнительному сбору зерна до 0,33–0,38 т/га. Относительные прибавки урожая зерна при внесении 1,8 т/га удобрения составили 9,4–9,8; 3,6 т/га – 29,1–34,2 и 5,4 т/га – 52,5–55,0 %. Эквивалентные дозы сухого гранулированного бесподстилочного птичьего помета и полного минерального удобрений по своему влиянию на урожайность зерна озимой пшеницы оказались равноценными.

8. Сухой гранулированный птичий помет в дозах 3,6 и 5,4 т/га способствует существенному улучшению качества зерна озимой пшеницы. Под его влиянием в среднем за три года на 32–52 г/л повышалась натура зерна, на 0,8–1,2 % – содержание сырого белка, на 1,5–2,6 % – содержание клейковины.

Максимальный сбор белка превышал неудобренный контроль в 1,6–1,7 раза. На контроле валовой выход белка составил 438, при внесении 5,4 т/га сухого гранулированного птичьего помета без лесных полос 727, а с ними – 787 кг/га. Наибольший объемный выход хлеба 1000–1050 мл также получается на хорошо удобренных вариантах.

9. Средний расход воды на формирование тонны зерна и соответствующего количества побочной продукции при внесении 1,8 т/га сухого гранулированного птичьего помета снизился на 125, 3,6 т/га – 321 и 5,4 т/га – 491 $м^3$/га. В зоне влияния лесных полос эти показатели уменьшились еще на 60–95 $м^3$/га.

10. Вынос азота с урожаем основной и побочной продукции на контрольных вариантах составил 84–90, фосфора 27–30 и калия 71–76 кг/га. При внесении 5,4 т/га сухого гранулированного птичьего помета эти показатели возросли соответственно, до 147–159, 50–55 и 116–132 кг/га.

11. Выявлена высокая экономическая и энергетическая эффективность различных доз сухого гранулированного птичьего помета, примененных раздельно и в системе лесных полос. Окупаемость тонны удобрения прибавками урожая зерна составила в среднем за три года без применения лесных полос 169–310, а с ними 181–343 кг. Условно чистый доход при внесении 5,4 т/га удобрения был равен 2,54–2,85 тыс. руб./га, уровень рентабельности 102–105 %, коэффициент энергетической эффективности 3,88–4,13.

Бесподстилочный птичий помет и полное минеральное удобрение в эквивалентных дозах по своей экономической эффективности уступала сухому гранулированному птичьему помету.

12. Компенсация затрат на потери с жидким и твердым поверхностным стоком при орошении озимой пшеницы способствовала в среднем за три года

увеличению условно чистого дохода на 0,20–0,25 тыс. руб./га и уровня рентабельности на 19,3–30,4 % по сравнению с традиционным методом расчета экономической эффективности применения удобрений.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В сухостепной зоне Саратовского Заволжья на орошаемых темно-каштановых почвах для получения 4,5–5,0 т/га зерна озимой пшеницы, рационального расхода оросительной воды – снижения коэффициента водопотребления на 438–491 $м^3$/т зерна, окупаемости удобрений 310–343 кг зерна на одну тонну удобрения, получения прибыли 2,5–2,8 тыс.руб./га и рентабельности 102–105 %, сохранения благоприятных агрофизических и агрохимических свойств рекомендуется: вносить сухой гранулированный птичий помет в дозе 5,4 т/га на фоне орошения ДМ-454-100 «Фрегат» с поливной нормой не более 600 $м^3$/га.

Применение сухого гранулированного птичьего помета особенно эффективно в зоне влияния системы лесных полос плотной конструкции. Главная порода – вяз приземистый, высотой 12,5–15,8 м. Бонитет насаждений I–II. Существенную зону влияния лесополос на поддержание микроклимата, влагораспределение и урожайность принимать до 20 Н.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов А.М. Определение параметров впитывания в почву с учетом энергетических характеристик дождя /А.М. Абрамов // Почвоведение. – 1985. – № 6. – С. 137–143.

2. Абрамов А.Ф. Внесение средств химизации с поливной водой / А.Ф. Абрамов, В.И. Ивашкин. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 88 с.

3. Абрамов Ф.Г. Определение водопроницаемости почв дождевании / Ф.Г. Абрамов // Почвоведение. – 1954. – № 11. – С. 71–79.

4. Авдонин Н.С. Почвы, удобрения и качество растениеводческой продукции / Н.С. Авдонин. – М.: Колос, 1979. – 302 с.

5. Агафонов М.Н. Влияние сухого куриного помета при основном внесении на урожай и качество сахарной свеклы / М.Н. Агафонов // Бюлл. ВИУА. – 1981. – № 57. – . 59–61.

6. Агрохимическая, агроэкологическая характеристика и научно-обоснованная система удобрения. ОАО «Птицефабрика имени Карла Маркса». – Саратов, 2004. – 20 с.

7. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Изд-во АН СССР, 1964.

8. Агроэкологическая оценка технических средств и технологий управления водным режимом / В.М. Янюк [и др.] // Защитное лесоразведение и мелиорация земель в степных и лесостепных районах России. – Волгоград, 1998. –С. 135–136.

9. Адиньяев Э.Ф. Научные основы повышения высоких урожаев озимой пшеницы на орошаемых предгорьях Серного Кавказа: автореф. дис. …канд. с.-х. наук /Э.Ф. Адиньяев // Орджоникидзе, 1977. – 23 с.

10. Актуальные вопросы эрозиоведения / под ред. А.Н. Каштанова, М.Н. Заславского. – М.: Колос, 1984. – 224 с.

11. Алейникова М.М. Направления, основные этапы и результаты работ по изучению животного населения почв в агробиогеоценозах Среднего Поволжья. Формирование животного и микробного населения агроценозов / М.М. Алейникова, Н.М. Утробина. – М.: Наука, 1982. – С. 6–8.

12. Алексеев, Ю.В. Качество растениеводческой продукции / Ю.В. Алексеев. – Л: Колос, 1978 . – 256 с.

13. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 442 с.

14. Андреева Н. Новые технологии: использование помета / Н. Андреева // Птицеводство. – 1996. – № 4. – С. 35.

15. Андриенко В.А. Динамика численности и биомассы микроартпропод в черноземе типичном под культурами зерново-свекловичного севооборота / В.А. Андриенко // Проблемы почвенной экологии. – Минск: Наука и техника. – 1978. – С. 18–19.

16. Арманд Д.Л. Физико-географические основы проектирования сети полезащитных лесных полос / Д.Л. Арманд. – М.: Изд-во АН ССР, 1961. – 367 с.

17. Ахтырцев, Б.П. – Влияние интенсивности искусственного дождя на физические свойства и увлажнение черноземов / Б.П. Ахтырцев, И.А. Лепилин // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – № 3. – С. 42–43.

18. Багров М.Н. Механизация и автоматизация поливов / М.Н. Багров, И.П. Кружилин. – Волгоград, 1973. – 208 с.

19. Багров М.Н. Орошаемая пшеница / М.Н. Багров, П.Ф. Агапов. – Волгоград. – 1969. – 166 с.

20. Багров М.Н. Орошение полей / М.Н. Багров. – Волгоград. – 1965. – 254 с.

21. Багров М.Н. Особенности орошения зерновых культур в Нижнем Поволжье / М.Н. Багров, И.В. Бодаренков. – М.: Биологические основы орошаемого земледелия. – 1974.

22. Багров М.Н. Особенности орошения пшеницы в условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья / М.Н. Багров, И.Е. Бондаренков, В.В. Ряпоров // Доклады Поволжского регионального совещания. Волгоград. – 1971. – С. 237–243.

23. Багров М.Н. Прогрессивная технология орошения сельскохозяйственных культур / М.Н. Багров, И.П. Кружилин. – М.: Колос, 1980. – 208 с.

24. Багров М.Н. Режим орошения сельскохозяйственных культур (применительно к условиям Нижнего Поволжья) / М.Н. Багров // Обзорная информация ЦБНТИ МИНВОДХОЗА СССР. – 1975. – № 4. – 76 с.

25. Багров М.Н. Режим орошения сельскохозяйственных культур в степной зоне Нижнего Поволжья / М.Н. Багров // Гидротехника и мелиорация. – 1970. – № 7. – С. 76–78.

26. Бачило А.Н. Использование помета кур в условиях интенсивного земледелия / А.Н. Бачило // Земледелие и растениеводство в БССР / Сборник научных трудов. – М. – 1989. – Вып. 33. – С ....

27. Бегишев А.Н. Работа листьев различных сельскохозяйственных культур в полевых условиях / А.Н. Бегишев // Труды ин-та физиологии растений АН ССР. – М., 1953. – Т. 8. – С. 37–41.

28. Белоусов А.Н. Фотосинтетическая деятельность и физико-биохимические показатели сортов озимой пшеницы интенсивного типа в условиях орошения: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. / А.Н. Белоусов. – Волгоград, 1975. – 21 с.

29. Беляков А.Н. Воздействие компоста на основе куриного помета на плодородие почвы и сельскохозяйственные культуры / А.Н. Беляков, Д.В. Шаров // Тез. докл. межд. студ. конф. «Кризис почвенных ресурсов: причины и следствия». – С.-Пб, 1997. – С. 21–22.

30. Берестецкий О.А. Биологические основы плодородия почв / О.А. Берестецкий, Ю.М. Возняковская, Л.М. Доросинский и др. – М.: Колос, 1984. – С. 205.

31. Берестецкий О.А. Биологические факторы повышения плодородия почв / О.А. Берестецкий // Вестник с.-х. науки. – 1986. – № 3. – С. 29–38.

32. Бирюкова А.П. Роль лесонасаждений в расслоении почв при орошении / А.П. Бирюкова // Почвоведение. – 1958. – № 8. – С. 29–33.

33. Бокарев В.Г. Воспроизводство плодородия орошаемых темно-каштановых почв Поволжья и управление минеральным питанием сельскохозяйственных культур: автореф. дисс.... доктора с.х. наук / В.Г. Бокарев. – Саратов, 2000. – 46 с.

34. Бондарев, А.Г. Проблема обостряется / А.Г. Бондарев, В.А. Русанов, А.Я. Поляк // Земледелие. – 1985. – № 2. – С. 23–25.

35. Бондаренко, М.И. Сокращение приемов обработки почвы при возделывании пожнивных посевов на орошаемых землях Молдавии: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / М.И. Бондаренко. – Тирасполь, 1976. – 20 с.

36. Буров, Д.И. Динамика структуры и дисперсности обыкновенного чернозема при орошении / Д.И. Буров // Почвоведение. – 1949. – № 4. – С. 224–227.

37. Васильев, В.А., Филиппова, Н.В. Птичий помет. Справочник по органическим удобрениям. – М.: Россельхозиздат, 1984. – С. 165–171.

38. Вернадский, В.И. Очерки геохимии / В.И. Вернадский. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1934. – 380 с.

39. Вершинин, П.В. Почвенная структура и условия ее деформирования / П.В. Вершинин. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 47–52.

40. Виленский, Д. Г. Свойства почв, определение податливость их эрозии, и методы исследования почв / Д.Г. Виленский // Борьба с эрозией почв СССР. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1939. – С. 138–161.

41. Вильямс, В.Р. Собрание сочинений / В.Р. Вильямс. – М. – Л. : Сельхозгиз,1949. – Т. 7. – 648 с.

42. Гаврилица, А. О. Предупреждение эрозии почв при поливе дождеванием / А. О. Гаврилица, В. В. Сластихин. – Кишинев: Штиинца, 1985. – 28 с.

43. Гаврилица, А.О. Эрозионные процессы при поливе дождеванием и пути их минимизации / А.О. Гаврилица // Почвоведение. – 1993. – № 1. – С. 77–84.

44. Горчичко, Г.К. Влияние структуры дождя и почвы на процессы эрозии / Г.К. Горчичко // Почвоведение. – 1979. – № 2. – С. 130–134.

45. Гостищев, Д.П. Агроэкономические основы эффективного ведения орошаемого земледелия в Поволжье / Д.П. Гостищев // Сб. матер. научн. сессии РАСХН. – М.: 2001. – С. 434–448.

46. Грани гидрологии / под ред. Дж. К. Родды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 448 с.

47. Григоров, М. С. Влияние качества, объемов и интенсивности подачи воды на степень экологической безопасности орошения / М.С. Григоров, С.М. Григоров, А.Н. Полицимако // Тез. докл. на 4 Междунар. конф. Российского отд. междунар. общества экологической экономики (18ЕЕ). Саратов: ИКД «Пароход», 1999. – С. 39–41.

48. Григоров, М.С. Внутрипочвенное орошение / М.С. Григоров. – М.: Колос, 1983. – 128 с.

49. Григоров, М.С. Дискретный полив как почвоохранное мероприятие при поливе дождеванием люцерны на сено / М.С. Григоров, А.Л. Кальянов. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2001. – С. 68–70.

50. Григоров, М.С. Оптимальная схема щелевания глинистых почв при поливе дождеванием / М.С. Григоров, А. И. Хохлов, В.А. Столбушкин // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – № 3. – С. 22–23.

51. Григорьев, В.Л, Размывающие скорости водного потока для почв светло-каштанового комплекса / В.Л. Григорьев // Почвоведение. – 1974. – № 9. – С. 97–103.

52. Григорьев, В.Я. Интенсивность дождевого стока в стадии его формирования / В.Л. Григорьев, С.Ф. Краснов, Н.И. Маккавеев // Вестник МГУ. Серия 4. – География. – 1983. – № 1. – С. 38–45.

53. Григорьев, В.Я. Прогноз эрозии при поливе дождеванием и обоснование некоторых мер ее предупреждения / В. Я. Григорьев // Актуальные вопросы эрозиоведения. – М.: Колос, 1984. – С. 167–189.

54. Гришин П.Н. Восстановление нарушенных земель (агроэкологический аспект) / П.Н. Гришин и др.// СГАУ им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 2001. – 236 с.

55. Грошев, А.Н. Основные приемы возделывания озимой пшеницы для получения запланированных урожаем на светло-каштановых почвах в условиях орошения: автореф. дисс. канд. с.-х. наук / А.Н. Грошев. – Волгоград, 1986. – 21 с.

56. Грызлов, Е.В. Стокорегулирующая роль основных способов обработки почвы / Е.В. Грызлов, Е. В. Полуэктов // Земледелие. – 1979. – № 5. – С. 24–25.

57. Гудзон, Н. Охрана почвы и борьба с эрозией / Н. Гудзон. – М.: Колос, 1974. – 304 с.

58. Гусев С.П. Способ переработки фекалий и птичьего помета в концентрированный тук / С.П. Гусев // Химизация соц. земледелия, 1938. – № 5.

59. Гуссак, В.Б. Изучение процессов смыва и эрозии в лотке / В.Б. Гусак // Почвоведение. – 1945. – № 1. – С. 29–39.

60. Данилова, Е.А. Агрофизические свойства каштановых почв. Вопросы почвоведения и агрохимии в условиях Юго-Востока и Западного Казахстана / Е.А. Данилова, С.И. Сысоев // научные тр., 1974. – Т. 12. – С. 3–12.

61. Денисов, Е.П. Влияние орошения на свойства почвы и микроклимат / Е.П. Денисов // Орошаемое земледелие в Поволжье. – Саратов, 1978. – С. 16.

62. Денисов, Е.П. Химическая мелиорация и улучшение микроагрегатного состава почв / Е.П. Денисов, Е.Н. Кузин, В.Ф. Адаев // Тез. докл. Российской науч. конф., посвященной 100-летию И.А. Кузника; Саратовский госагроуниверситет. – Саратов, 1998. – С. 47–48.

63. Дзядевич, И.А. Предотвращение водной эрозии и борьба с ней на орошаемых землях / И.А. Дзядевич // Гидротехника и мелиорация. – 1970. – № 6. – С. 40–56.

64. Добровольский, Г.В. Охрана почв / Г.В. Добровольский, Э.А. Гришина. – М., 1985. – 224 с.

65. Добровольский, Г.В. Функции почв в биосфере и экосистемах / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин – М., 1990. – 262 с.

66. Докучаев, В.В. Наши степи прежде и теперь / В.В. Докучаев. – М.: Сельхозгиз, 1953. – 152 с.

67. Долгилевич, М.И. Научные основы прогнозирования и система предупреждения эрозионных процессов / М.И. Долгилевич, Г.И. Швебс, И.Г. Зыков. – М.: Колос, 1992. – 147 с.

68. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

69. Доспехов, Б.А. Научные основы интенсивного земледелия в нечерноземной зоне / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1976. – 208 с.

70. Дреймалова, Л.М. Эрозия почв при дождевании / Л.М. Дреймалова // Эродированные почвы и пути повышения их производительности. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 67–71.

71. Дубенок, Н. Н. Экологические аспекты создания мелиоративных систем нового поколения / Н.Н. Дубенок // Матер. междунар. конф. 100-летию М.Н. Багрова. – Волгоград, 2001. – С. 96–97.

72. Егоров, М.А. Методические указания к выполнению учебно-исследовательской работы студентов (УИРС) на тему «Характеристика гумусового состояния почв при их сельскохозяйственном использовании» / М.А. Егоров. – Харьков, 1985. – …с.

73. Ерхов Н.С. Энергетическое образование формулы для определения эрозионно-допустимых поливных норм при дождевании / Н.С. Ерхов. – Красноярск, 1982. – 34–42.

74. Ерхов, Н.С. Водопроницаемость суглинистых почв и допустимая интенсивность дождя / Н.С. Ерхов, О.В. Кантор // Гидротехника и мелиорация. – 1977. – № 7. – С. 48–55.

75. Ерхов, Н.С. Мероприятия по предупреждению ирригационной эрозии почв при дождевании / Н.С. Ерхов // Гидротехника и мелиорация. – 1981. – № 6. – С. 54–57.

76. Еськов А.И. Проблемы производства и использования органических удобрений / А.И. Еськов, М.Н. Новичков // Агрохимический вестник, – 1998. – № 4. – С. 29–32.

77. Ефремов А.В. Переработка органики в экологически чистое удобрение / А.В. Ефремов // Степные просторы, 1997. – № 5–6. – С.15.

78. Ефремов В.Ф. Влияние термической обработки помета на качество и эффективность его применения / В.Ф. Ефремов, Н.А. Слизовская // Бюлл. ВИУА. – 1976. – № 32. – С. 103–111.

79. Жаринов, Е.П. Эффект щелевания при орошении / Е.П. Жаринов, Е.П. Боровой // Земледелие. – 1991. – № 5. – С. 65–67.

80. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. – Кишинев, 1990. – 432с.

81. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства / А.А. Жученко, А.Д. Урсул. – Кишинев, 1983. – 304 с.

82. Зайченко, К.И. Влияние противоэрозионных лесных насаждений на морфологию и состав смытых почв / К.И. Зайченко // Экология защитных лесонасаждений. – Волгоград, 1984. – С. 31–37.

83. Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях / под ред. Н.И. Макавеева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. – 420 с.

84. Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях / под ред. Н. И. Макавеева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 434 с.

85. Заславский, М.Н. Эрозиоведение / М.Н. Заславский. – М., 1983. – 319 с.

86. Заславский, М.Н. Эрозиоведение. Основы противоэрозионного земледелия / М.Н. Заславский. – М.: Высш. шк., 1987. – 376 с.

87. Заславский, М.Н. Эрозия почв и земледелие на склонах / М.Н. Заславский. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1966. – 494 с.

88. Захаров, П.С. Эрозия почв и меры борьбы с ней / П.С. Захаров. – М., 1978. – 176 с.

89. Захаров, С.А. Изучение водопроницаемости почвы в поле при помощи дождевания / С.А. Захаров // Физика почв СССР. – М., 1936. – Т. 5. – С. 43–47.

90. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.

91. Звягинцев Д.Г. Успехи и современные проблемы почвенной микробиологии / Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1987. – № 10. – С. 44–52.

92. Иванов Ю.Д. Кормовые севообороты в Нечерноземной зоне РСФСР /Ю.Д. Иванов. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 190 с.

93. Иванов, А.Ф. Программирование урожая зерновых и кормовых культур в севооборотах с учетом специализации орошаемого земледелия / А.Ф. Иванов, В.И. Филин // Труды Волгоградского с.-х. ин-та. – Волгоград, 1978. – Т. 65. – С. 150–157.

94. Иванов, А.Ф. Технология программированного возделывания сельскохозяйственных культур при орошении / А.Ф. Иванов // Труды Волгоградского с.-х. ин-та. – Волгоград, 1975. – С. 311–327.

95. Иванов, В.Д. Эрозионная опасность дождя как сопряженная функция его интенсивности и водопроницаемости почвогрунтов / В.Д. Иванов, В.Г. Попов // Почвоведение. – 1990. – № 8. – С. – 106–117.

96. Иванова Т.И. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей / Т.И. Иванова. – М.: Агропромиздат, 1989. – 235 с,

97. Инструкция и нормативы по определению экономической и энергетической эффективности применения удобрений. – М., 1987. – 44 с.

98. Кантор, О.В. Влияние уклона поверхности на эрозионно-допустимые поливные нормы при дождевании / О.В. Кантор, Н.С. Ерхов // Гидротехника и мелиорация. – 1978. – № 11. – С. 46–49.

99. Карягина Л.А. Влияние различных систем удобрений на микробиологический режим дерново-подзолистой почвы / Л.А. Карягина, Е.М. Воробьева // Почвоведение. – 1980. – № 1. – С. 65–69.

100. Карягина Л.А. Микробиологические основы повышения плодородия почв / Л.А. Карягина. – Минск: Наука и техника, 1983. – 181 с.

101. Качинский, Н.А. Физика почвы / Н. А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. –Ч. 1. – 323 с.; 1970. – Ч. 2. – 358 с.

102. Каштанов, А.Н. Защита почв от ветровой и водной эрозии / А.Н. Каштанов. – М.: Россельхозиздат, 1974. – 208 с.

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

104. Каштанов, А.Н. Почвозащитное земледелие / А.Н. Каштанов, М.Н. Заславский. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 208 с.

105. Кивер, В.Ф. Борьба с ирригационной эрозией на склонах Молдавии / В.Ф. Кивер, К.Г. Калашников // Гидротехника и мелиорация. – 1976. – № 4. – С. 79–82.

106. Клачкова Ю.Ф. Ветеринарно-санитарные требования к утилизации отходов птицеводства / Ю.Ф. Клачкова // Птицеводство. – 1986. – № 10. – С. 27–29.

107. Ковальский, В.В. Геохимическая экология / В.В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 198 с.

108. Ковда, В.А. Как помочь нашим черноземам? / В.А. Ковда // Наш современник. – 1985. – № 7. – С. 117–128.

109. Коданев И.М. Повышение качества зерна / И.М. Коданев. – М.: Колос, 1976. – 303 с.

110. Конке, Г. Охрана почвы / Г. Конке, А. Бертран. – М., 1962. – 344 с.

111. Кононова М.М. Органическое вещество / М.М. Кононова. – М.: АН СССР 1963. –….с.

112. Кореньков Д.А. Азотные удобрения и пути их эффективного использования / Д.А. Кореньков // Агрохимия. – 1977. – № 10. – С. 138–153.

113. Коринец В.В. Системно-энергетический подход к оценке растительного генофонда / В.В. Коринец и др. – М., 1989. – 33 с.

114. Коровин, П.И. Влияние орошения и удобрения на формирование урожая и качество зерна озимой пшеница в Нижнем Поволжье: автореф. дисс. … канд. с.-х. наук / П.И. Коровин. – Волгоград, 1973 – 22 с.

115. Костин. И. С. Орошение в Поволжье / И.С. Костин. – М.: Колос, 1971. – 223 с.

116. Костычев, П.А. Избранные труды / П.А. Костычев. – Л.: АН СССР, 1951. – 664с.

117. Костяков, А.Н. Основы мелиорации / А.Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.

118. Кретинин, В.М. Биологическое земледелие в лесозащишенном агроценозе / В.М. Кретинин. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2001. – С. 41–43.

119. Кретинин, В.М. Лесомелиорация степных почв / В.М. Кретинин // Докл. РАСХН. – М., 1994. – № 1. – С. 21–24.

120. Кретинин, В.М. Лесопригодность почв агролесомелиоративных районов / В.М. Кретинин //: сб. науч. тр. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1993. – Вып. 1 (105). – С. 50–58.

121. Кретинин, В.М. Мониторинг плодородия почв лесоаграрного ландшафта Среднерусской равнины / В.М. Кретинин // Вестник с.-х. науки. – 1991. – №6. – С. 45–49.

122. Кретинин, В.М. Почвоулучшающая роль защитных лесных насаждений с семиаридных и аридных районах Северного Кавказа и Юго-Востока ЕТР / В.М. Кретинин // сб. науч. тр. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2001. – Вып. 1 (109). – С. 91–99.

123. Кружилин, И.П. Способы предотвращения эрозионной деградации орошаемых почв / И.П. Кружилин, А.Г. Болтин, Н.В. Кузнецова // Защитное лесоразведение и мелиорация земель в степных и лесостепных районах России. – Волгоград, 1998. – С. 116–118.

124. Кузин, Е.Н. Изменение структурного состояния чернозема выщелоченного и серой лесной почвы под влиянием полимерной и биологической мелиорации / Е.Н. Кузин, Т.А. Власова // Вестник Саратовского государственного университета. – № 2. – С 29–31.

125. Кузнецов, М.С. Ирригационная эрозия почв и ее предупреждение при поливах дождеванием / М.С. Кузнецов, В.Я. Григорьев, К.Ю. Хан. – М.: Наука, 1990. – 120 с.

126. Кузнецов, М.С. Ирригационная эрозия почв сероземной зоны и ее предупреждение / М.С. Кузнецов, В.Я. Григорьев, А.Д. Ким. – М.: Наука, 1985. –62 с.

127. Кузнецов, М.С. Противоэрозионная стойкость почв / М.С. Кузнецов. – М.: изд-во Моск. ун-та, 1981. – 413 с.

128. Кузнецов, М.С. Эрозия и охрана почв / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов. – М.: изд-во Моск. ун-та, 1996. – 335 с.

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

130. Кузник, И.А. Водная эрозия почв и воздействие на нее элементов противоэрозионного комплекса на Приволжской возвышенности / И.А. Кузник // тр. Сарат. с.-х. ин-та. – Саратов, 1970. – Т. 25. – С. 95–106.

131. Кузник, И.А. Катастрофические ливневые паводки в Нижнем Поволжье / И.А. Кузник, Г.В. Ласточкин // Метеорология и гидрология. – 1967. – № 10. – С. 89–94.

132. Кузник, И.А. Обоснование гидрологических расчетов при проектировании водохозяйственных мероприятий в Поволжье / И.А. Кузник. – Саратов, 1958. – 160 с.

133. Кузник, И.А. Орошение в Заволжье / И.А. Кузник. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 160 с.

134. Кузник, И.А. Противоэрозионная защита почв Приволжской возвышенности / И.А. Кузник, А.В. Лысов, П.Н. Проездов // Сб. науч. тр.: Сарат. СХИ. – Саратов, 1977. – С. 95–106.

135. Кузьмина, А.Н. Режим влажности почвы и продуктивность водопотребления кукурузы на выщелоченных черноземах при внесении удобрений / А.Н. Кузьмина, А.Ф. Стулин, М.С. Савина // Агрохимия. – 1979. – № 5. – С. 59–65.

136. Кулик, К.Н. Агролесомелиоративные исследования ВНИАЛМИ за 70 лет / К.Н. Кулик. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2001. – С. 14–21.

137. Кулик, К.Н. Агролесомелиорация в системе комплексных мероприятий по борьбе с деградацией, опустыниванием и засухами / К.Н. Кулик // сб. матер. Науч. Сессии. – М.: РАСХН, 2000. – С. 115–129.

138. Кулик, К.Н. Ландшафты Волгоградской области и их картографирование по космическим снимкам / К.Н. Кулик, А.С. Рулев // сб. науч. тр. – Волгоград, 1995. – Вып. 1 (106). – С. 41–55.

139. Кумаков, В.А. Эволюция показателей фотосинтетической деятельности яровой пшеницы в процессе селекции и их связь с урожайно-

стью и биологическими особенностями растений: автореф. дисс. … докт. с.-х. наук / В.А. Кумаков. – Саратов, 1971. – 54 с.

140. Ларионов, Г.А. Эрозия и дефляция почв / Г.А. Ларионов. – М., 1993. – 200 с.

141. Листопад, Г.Е. Программирование урожая / Г.Е. Листопад, А.А. Климов, А.Ф. Иванов, Г.П. Устенко // Труды Волгоградского с.-х. ин-та. – Волгоград, 1975. – Т. 5. – С. 104–150.

142. Лозановская, И.Н. Птичий помет. Теория и практика исследования органических удобрений / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, А.Д. Повов. – М.: Агропромиздат., 1987. – С. 35–37.

143. Ломакин, М.М. Мульчирующая обработка почвы на склонах / М.М. Ломакин. – М.: Агропромиздат, 1988. – 184 с.

144. Лысенко В.П. Какой помет должен поступать из птичников / В.П. Лысенко // Птицеводство, – 1999. – № 3. – С. 26.

145. Лысенко В.П. Очистка сточных вод: перспективные решения / В.П. Лысенко // Птицеводство. –2004. – № 10. – С. 28.

146. Лысенко В.П. Переработка отходов птицеводства / В.П. Лысенко. – Сергиев Посад, 1998. – 146 с.

147. Лысенко В.П. Перспективные технологии переработки птичьего помета / В.П. Лысенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1995. – № 1. – С. 7–9.

148. Лысенко В.П. Помет: доступная утилизация / В.П. Лысенко // Птицеводство. – 2000. – № 6. – с….

149. Лысенко В.П. Помет: решение проблемы / В.П. Лысенко // Птицеводство. – 1994. – № 6. – С. 31–38.

150. Лысенко В.П. Проблемы безотходной технологии / В.П. Лысенко // Птицеводство. – 1983. – № 1. – с …

151. Лысенко В.П. Термическая переработка птичьего помета / В.П. Лысенко // Сельский механизатор. – 1999. – № 9. – С. 26.

152. Лысенко В.П. Технологические и технические решения промышленной переработки помета и очистки сточных вод на птицефабриках: автореф. дисс.... докт. с.-х. наук / В.П. Лысенко. – 1994. – 42 с.

153. Лысенко В.П. Технология промышленной переработки помета / В.П. Лысенко // Птицеводство. – 1993. – № 2. – С. 24–26.

154. Лысенко В.П. Утилизация птичьего помета / В.П. Лысенко // Аграрная наука. – 1996. – № 5. – С. 29–30.

155. Лысенко, В.П. Внутренние ресурсы птицеводческих хозяйств / В.П. Лысенко // Птицеводство. – 2004. – № 7. – С. 20–22.

156. Лысенко, В.П. Материальные и теплоэнергетические затраты на птицефабриках: пути снижения / В.П. Лысенко // Птица и птицепродукты. – 2003. –№ 6. – С. 40–43.

157. Лысенко, В.П. Птицефабрики – поставщики ценных удобрений для АПК / В.П. Лысенко // Вестник РАСХН. – 2000. – № 1. – С. 26–27.

158. Лысенко, В.П. Утилизация отходов – проблема не новая/ В.П. Лысенко // Птицеводство. – 2003. – № 6. – С.....

159. Лысенко, В.П. Экологические и экономические перспективы птицеводческих хозяйств / В.П. Лысенко // Конъюнктурный журнал-каталог. – 2004. – № 4. – С. 24–29.

160. Лысов, А.В. Влияние комплекса противоэрозионных мероприятий на сток и эрозию на южном черноземе Саратовской области / А.В. Лысов, П.Н. Проездов // Науч.-техн. бюллетень ВНИИЗиЗПЭ. – Курск: ВАСХНИЛ, 1983. – С. 15–24.

161. Льгов, К.К. Биологическое обоснование поливного режима сельскохозяйственных культур в предгорьях Северного Кавказа / К.К. Льгов / Биологические основы орошаемого земледелия. – М.: Изд-во АН СССР, 1966. – С. 46–57.

162. Льгов, К.К. Орошаемого земледелие Северного Кавказа / К.К. Льгов. – Орджоникидзе, 1967. – 323 с.

163. Малофеев В. Эффективность гранулированного птичьего помета / В. Малофеев, Н. Лебедева, Н. Володарская, И. Чудинов // Сельское хозяйство России. – 1972. – №9. – С....

164. Малофеев В.И. Технология безотходного производства в птицеводстве / В.И. Малофеев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 80 с.

165. Малофеев В.И. Технология термической переработки помета / В.И. Малофеев. – М.: Колос, 1981. – 116 с.

166. Малыгин А.П. Лигнино-пометные компосты / А.П. Малыгин // Птицеводство. – 1986. – № 10. – С. 35–37.

167. Марзеев А.Н. Коммунальная гигиена / А.Н. Марзеев. – М.: Медицина, 1979. – С. 320–329.

168. Маштаков, Д.А. Влияние щелевания и полимера-структурообразователя на ирригационную эрозию обыкновенного чернозема Низкой Донской равнины: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Д.А. Маштаков. – Саратов, 1971. – 54 с.

169. Мерзлая Г.Е. Агроэкологическая характеристика осадков сточных вод предприятий по производству минеральных удобрений (на примере АО «Щекиноазот») / Г.Е. Мерзлая, Р.А. Афанасьев // Научно-техн. конф. «Почва, отходы производства и потребления: проблемы охраны и контроля». – Пенза, 1996. – С. 21–22.

170. Методика оценки эффективности систем земледелия на биоэнергетической основе. – М, 1989. – 10 с.

171. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. – Курск: Юмекс, 1999. – 47 с.

172. Методические рекомендации по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель. – М.: ВНИИГиМ, 1978. – 70 с.

173. Методические рекомендации по определению энергетической структуры поверхностного стока на склонах. – М., 1984. – 34 с.

174. Минеев В.Г. Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы / В.Г. Минеев, А.Н. Павлов. – М.: Колос, 1981. – 288 с.

175. Минеев В.Г. Агрохимия и биосфера / В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1984. – 245 с.

176. Минеев В.Г. Удобрение зерновых культур / В.Г. Минеев, М.М. Ивлев, Д.М. Аникст. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 160 с.

177. Минеев В.Г. Химизация земледелия и природная среда / В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.

178. Мирцхулава, Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии / Ц. Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1970. – 239 с.

179. Михеев П.А. Эффективность различных способов и доз применения вермикомпоста под яровой ячмень на черноземе южном Приволжской возвышенности: автореф. дисс... канд. с.-х. наук / П.А. Михеев. – Саратов, 1999. – 24 с.

180. Мишустин Е.Н. Микробиологические основы использования соломы как удобрения / Е.Н. Мишустин // Земледелие. – 1969. – № 10. – С. 40–42.

181. Мишустин Е.Н. Микробиологические процессы и структура почвы / Е.Н. Мишустин // Природа. – 1951. – № 22. – 186 с.

182. Мишустин Е.Н. Микробиология Е.Н. Мишустин. – М.: Агропромиздат, 1987. – 368 с.

183. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и плодородие почвы / Е.Н. Мишустин М.: АН СССР, 1956 – 247 с.

184. Мишустин Е.Н. Роль бобовых культур и свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов в азотном балансе земледелия. Круговорот и баланс азота в системе почва – удобрение – растение – вода / Е.Н. Мишустин, Н.И. Черепков. – М., Наука, 1979. – С. 9–18.

185. Мозжерин Н.М. Искусственная стимуляция азотфиксации органическими удобрениями / Н.М Мозжерин. – Новосибирск Наука, 1981. – С. 89–101.

186. Мосиенко, Н. А. Агрогидрологические основы орошения / Н.А. Мосиенко. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 215с.

187. Мосиенко, Н.А. Новый подход к экологии орошаемых земель Поволжья / Н.А. Мосиенко, В.Г. Попов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – № 2. – С. 23–27.

188. Мосиенко, Н.А. Поливные нормы и смыв почв / Н.А. Мсиенко, А.В. Лысов, В.Г. Попов // Степные просторы. - 1990. – № 10. – С. 19–20.

189. Никитин В.И. Питание и удобрение озимой пшеницы на черноземе / В.И. Никитин. – М.: Наука, 1977. – 102 с.

190. Ничипорович, А.А. О путях повышения производительности фотосинтеза растений в почвах / А.А. Ничипорович // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 537 с.

191. Ничипорович, А.А. Фотосинтез – основной процесс питания растений / А.А. Ничипорович // Совещание по проблемам фотосинтеза. – М.: Колос, 1967. – С. 3–6.

192. Новиков М.Н. Птичий помет – ценное органическое удобрение / М.Н. Новиков. – М.: Росагропромиздат, 1989д-80 с.

193. Ольгаренко, В.И. Перспективы совершенистования технологий и техники орошения дождеванием / В.И. Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко: матер. междунар. конф. 100-летию М.Н. Багрова. – Волгоград, 2001. – С. 42–44.

194. Органические удобрения / Под ред. А.В. Постникова. – М.: Россельхозиздат, 1973. – 55 с.

195. Органические удобрения / Под ред. Н.К. Крупского. – М.: Урожай, 1981. – 160 с.

196. Органические удобрения в интенсивном земледелии / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Колос, 1984. – 303 с.

197. Ореховская Е.П. Эффективность применения птичьего помета / Е.П. Ореховская, М.И. Зырина // Бюлл. ВИУА. – 1976. – № 32 –С. 118–221.

198. Павлов А.Н. Повышение содержания белка в зерне / А.Н. Павлов. – М.: Наука, 1984. – 119 с.

199. Павлов А.Н. Проблема повышения качества зерна (итоги и перспективы исследований) / А.Н. Павлов // Повышение эффективности удобрений в интенсивном земледелии. Труды ВИУА. – М., 1989. – С. 100–108.

200. Павловский Е.С. Лесомелиорация сельскохозяйственных земель России (о Федеральной программе развития агролесомелиорации на 1994–2015 гг.) / Е. С. Павловский, Г.Я. Маттис // Сб. науч. тр. – Волгоград, 1995. – Вып. 1 (106). – С. 6–24.

201. Паникар И.И. Промышленное птицеводство и охрана окружающей средь / И.И. Паника и др. – М.: Росагропромиздат, 1988. – С. 80.

202. Панников В.Д. Минеральное питание растений и урожайность (современные проблемы) / В.Д. Панников, А.Н. Павлов. – М.: Знание, 1982. – 64 с.

203. Панников В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.

204. Перчугов Г.И. Методы дезодорации отходящих газов при производстве мясокостной муки / Г.И. Перчугов // Экспресс-информация ВНИТИП. – 1985. – № 1. – С. 17–18.

205. Петинов, Н.С. Биологические основы рационального и экономичного расходования воды при поливах / Н.С. Петинов // Биологические основы орошаемого земледелия. – М.: Колос, 1976. – С. 23–33.

206. Петров В.И. Концепция адаптивного лесоаграрного природопользования и некоторые итоги ее реализации в аридном поясе РФ / В.И. Петров. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2001. – С. 204–206.

207. Пирогов Н.Л. Вторичные ресурсы: эффективность, сбыт, перспективы / Н.Л. Пирогов // Экономика, 1987. – С. 7–9.

208. Поляков, Ю.П. Ирригационная эрозия почв при поливе дождеванием / Ю.П. Поляков // Доклады ВАСХНИЛ. – М., 1981. – № 7. – С. 41–42.

209. Попов А.В. Применение удобрений на приусадебном участке / А.В. Попов. – Л.: Колос, 1983. – 72 с.

210. Попов В.Г. Мелиорация эродированных земель в степных агроландшафтах Поволжья: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В.Г. Попов. – Пенза, 2006. – 50 с.

211. Попов Г.Н. Агрохимия микроэлементов в степном Поволжье / Г.Н. Попов. – Саратов: изд-во СГУ, 1984. – 184 с.

212. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. – М.: ГПИ, Сантехпроект, 1977. – 25 с.

213. Прибыль Б.Н. Домашнее и заводское птицеводство / Б.Н. Прибыль. – М., 1979. – С. 126–128.

214. Проездов П. Н. Теоретическое и экспериментальное обоснование комплекса противоэрозионных мелиорации в Нижнем Поволжье: дис. ... д-ра с.-х. наук / П. Н. Проездов // Саратовский ГАУ. – Саратов, 1999. – 297 с.

215. Проездов, П. Н. Критерии и оценочные показатели реализации концепции системного подхода к защите почв от деградации / П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, В. Г. Попов // Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова. – 2002. – № 2. – С. 73–76.

216. Проездов, П.Н. Экологически безопасное орошение дождеванием: Теоретические закономерности и количественные оценки / П.Н. Проездов, В.Г. Попов, Д.А. Маштаков // Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова. - 2002. – № 2. – С. 77–80.

217. Пронько, Н.А. Способы экологической стабилизации мелиоративных агроландшафтов Поволжья при их интенсивном использовании / Н.А. Пронько, В.В. Корсак: сб. материалов научной сессии РАСХН. – М., 2000. – С. 526–533.

218. Районирование территории СССР по основным факторам – М.: Наука, 1965. – 235 с.

219. Ревут, И.Б. Физика в земледелии / И.Б. Ревут. – М.: Физматгаз, 1960. –400 с.

220. Ревут, И.Б. Химические способы воздействия на испарение и эрозию почвы / И.Б. Ревут, Г.Л. Масленкова И.А. Романов. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 151с.

221. Рекомендации по использованию птичьего помета на удобрение / М.Н. Новиков и др. – Владимир, 1986. – 31 с.

222. Рекомендации по применению в качестве удобрения птичьего помета. Справочник агрохимика. – М.: Россельхозиздат, 1980. – С. 286.

223. Решетов, Г.Г. Пути восстановления и вопрос биоэнергетического потенциала в агросистемах Поволжья/ Г. Г. Решетов Тез. докл. на 4-й Междунар. конф. (ISEE). – Саратов: ИКД «Пароход», 1999. – С. 138–139.

224. Рыжко, Н.Ф. Модернизация дождевальных аппаратов ДМ «Фрегат» для обеспечения ветроустойчивого и эрозионнобезопасного полива / Н.Ф. Рыжко, В.Л. Угнавый, Н.Г. Нестеренко // Защитное лесоразведение и мелиорация земель в степных и лесостепных районах России. – Волгоград. 1998. – С. 132–133.

225. Савостьянов, В. Определение эрозионно-допустимых поливных норм для орошения земель Средней Сибири на основе оценки впитывающей способности / В. Савостьянов // Предотвращение ирригационной эрозии почв Средней Сибири. – Красноярск, 1982. – С. 11–29.

226. Салтыкова Н.Н. Сорт мягкой озимой пшеницы Лютесценс 72 (межвидовой гибрид мягкой и твердой пшеницы) / Н.Н. Салтыкова. – Саратов, 1988. – 4 с.

227. Самцевич С.А. Взаимоотношения микроорганизмов почвы и высших растений. Микроорганизмы почвы и растений / С.А. Самцевич. – Минск, 1972. – С. 3–67.

228. Севернев, М.М. Временные методики энергетической оценки в сельском хозяйстве / М. Севернев. – Минск, 1991. – 126 с.

229. Сидоренко О.Д. Содержание и состав микроорганизмов в компостах / О.Д. Сидоренко // Аграрная наука. – 1996. – № 5. – С. 28–29.

230. Синицына, Н.Е. Теоретическое обоснование агромелиоративных приемов воспроизводства орошаемых почв засушливого Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Н. Е. Синицына. – Саратов, 1999. – 48 с.

231. Система ведения агропромышленного производства Саратовской области / Под ред. Н.И. Комарова и А.И. Шабаева. – Саратов: Изд-во «Детская литература». – НИИСХ Юго-Востока, 1998. – 321 с.

232. Сластихин, В.в. Вопросы мелиорации склонов Молдавии / В.В. Сластихин. – Кишинев: Картя Молдавеняске, 1964. – 212 с.

233. Собко, А.А. Влияние орошения на эффективное плодородие почв и урожай основных сельскохозяйственных культур степной зоны Украины / А.А. Собко // Плодородие почв и пути его повышения. – М., 1983. – С. 57–65.

234. Собко, А.А. Озимая пшеница на орошаемых землях / А.А. Собко. – Киев: Урожай, 1976. – 127 с.

235. Созинов А.А. Жемеля Т.Д. Улучшение качества зерна озимой пшеницы и кукурузы / А.А. Созинов, Т.Д. Жемеля. – М.: Колос, 1983. – 270 с.

236. Соколовский, А.Н. Сельскохозяйственное почвоведение / Л.Н. Соколовский. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 335 с.

237. Суднов П.Е. Повышение качества зерна пшеницы / П.Е. Суднов. – М.; Россельхозиздат, 1986. – 95 с.

238. Сурмач, Г.П. Водная эрозия почв и борьба с ней / Г.П. Сурмач. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 256 с.

239. Сурмач, Г.П. Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия / Г.П. Сурмач. – Волгоград, 1992. – 175 с.

240. Тарханов О. Переработка помета / О.Тарханов Л Тарханова // Птицеводство. – 1996. – № 3. – С. 23.

241. Тарчевский, и.А. Основы фотосинтеза / И.А. Тарчевский. – Казань: Изд-во Казанского ун-та. – 1971. – 294 с.

242. Тишлер В. Сельскохозяйственная экология / В. Тишлер. – М.: Колос, 1971. – 545 с.

243. Трегубов, Н.С. Ирригационная эрозия почв и меры ее предотвращения / П.С. Трегубов, О.А. Аверьянов. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. – 54 с.

244. Трегубов, П. С. Борьба с эрозией почв в Нечерноземье / П.С. Трегубов, Н.В. Зверхановский. – Л.: Колос, 1981. – 160 с.

245. Трепачев Е.П. Значение биологического и минерального азота в проблеме белка. Минеральный и биологический азот в земледелии СССР / Е.П. Трепачев. – М.: Наука, 1985. – С. 27–37.

246. Трепачев Е.П. О вкладе биологического азота бобовых в плодородие почвы. Биологический азот в сельском хозяйстве СССР / Е.П. Трепачев, Л.Д. Алейникова. – М.: Наука, 1989. – С. 8–15.

247. Трушин В.Ф., Львов В.М, Быков А.В. Почвозащитное конвейерное земледелие в кормопроизводстве на Северо-Западе / В.Ф.Трушин, В.М. Львов, А.В. Быков. – Л., 1982. – С. 20–27.

248. Туктаров, Б.И. Ресурсо-, водосбережение на орошаемых землях Саратовской области / Б.И. Туктаров, В.А. Нагорный. – Саратов, 2005. – 352 с.

249. Туктаров, Б.И. Состояние и перспективы лиманного орошения в Поволжье / Б.И. Туктаров : сб. матер. науч. сессии РАСХН. – М., 2000. – С. 502–507.

250. Турулев, В.К. Озимая пшеница на орошении / В.К. Турулев, В.А. Турулева. – Ростов-на-Дону, 1973. – 153 с.

251. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И.В. Тюрин. – М., 1965.– …с.

252. Усенко В.И. Загрязнение почв продуктами минерализации отходов птицеводства / В.И. Усенко // Материалы научн. чтений, посвящ. 100-летию закладки первых полевых опытов И.И. Жилинским. – Новосибирск, 1997. – С. 184–185.

253. Устенко Г.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах как основа формирования высоких урожаев / Г.П. Устенко // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: АН СССР, 1963. – С. 37–70.

254. Филимонов, М.С. Агромелиоративные принципы регулирования водного и пищевого режимов светло-каштановых почв для получения высоких и стабильных урожаев пшеницы в Нижнем Поволжье: автореф. дисс. … докт.с.-х. наук / М.С. Филимонов. – Волгоград, 1983. – 40 с.

255. Филимонов, М.С. Некоторые элементы технологии получения высоких урожаев озимой пшеницы на орошаемых землях Поволжья / М.С. Филимонов, П.М. Барановский // Сортовая агротехника зерновых и кормовых культур при орошении. – Кишинев, 1974. – С. 3–5.

256. Филимонов, М.С. Озимая и яровая пшеница на орошаемых землях Поволжья / М.С. Филимонов. – Волгоград, 1972. – 138 с.

257. Филимонова, В.А. Ирригационная эрозия и некоторые меры борьбы с ней в условиях Волгоградской области / В.А. Филимонова, О.А. Аверьянов// Почвоведение. – 1984. – № 6. – С. 115–120.

258. Филипченко И.В. Труды Белорусского НИИ земледелия / И.В. Филипченко, Н.Г. Бачило, Н.А. Раловец. – 1980. – № 23. – С. 36–41.

259. Хамданов, Х. О потерях почвенного плодородия от ирригационной эрозии / Х. Хамданов, И.О. Бердикулов // Почвоведение. – 1973. – № 6. – С. 87–93.

260. Чалабянц С.А. Эффективность использования птичьего помета в качестве удобрений / С.А. Чалабянц, Н.В. Афоненко // Охрана почв и проблемы экологического земледелия. – Курск, 1997. – С 20.

261. Чаповская, Г.В. Фотосинтетический потенциал и продуктивность зерновых культур / Г.В. Чаповская, А.Г. Замарев // Программирование урожая с.-х. культур. – М.: Колос, 1975. – С. 232–235.

262. Чеботарев Н.Т. Агроэкологическая оценка осадков сточных вод / Н.Т. Чеботарев // Достижения науки и техники АПК. – 1998. – № 6. – С. 18–19.

263. Черноусов, В.Г. Мульчирование залуженных водотоков и их устойчивость к размыву / В.Г. Черноусов // Науч.-техн. бюлл. – Вып. 4 (93). – Курск, 1983. – С. 42–47.

264. Черный, С.Г. Оценка ливневого поверхностного смыва на орошаемых землях / С.Г. Черный // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – № 1. – С. 30–31.

265. Черных Б.П. Пахари и мудрецы / Б.П. Черных // Новый мир. – 1988. – № 8. – С. 234–235

266. Чижикова, П.П. Влияние орошения на изменение минерального состава черноземов и каштановых почв / П.П. Чижикова // Почвоведение. – 1995. – № 1. – С. 128–132.

267. Чуб М.П. Влияние удобрений на качество зерна яровой пшеницы / М.П. Чуб. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 68 с.

268. Шабаев А.И., Проездов П.Н. Эколого-мелиоративная эффективность систем ЗЛН и противоэрозионных мероприятий в Поволжье / А.И. Шабаев, П.Н. Проездов // Сб. материалов научной сессии РАСХН. – М., 2000. – С. 553–562.

269. Шадских, В.А. Агроэкологические основы энергосберегающей системы обработки почвы на орошаемых землях Поволжского региона: матер. междунар. конф. 100-летию М.Н. Багрова / В.А. Шадских, В. А. Холодков. – Волгоград, 2001. – С. 36–38.

270. Шатилов, И.С. Потребление и вынос элементов минерального питания озимой пшеницы при разных дозах удобрений / И.С. Шатилов, М.К. Каюмов// Изв. ТСХА, 1971. – № 1. – С. 65–70.

271. Шатилов, И.С. Формирование и продуктивность работы фотосинтетического аппарата сельскохозяйственных растений в севообороте

/ И.С. Шатилов, А.Г. Замарев, Т.В. Чаповская // Изв. ТСХА, 1969. – Вып. 6. – С. 49–58.

272. Швебс, Г.И. Материалы к изучению эродирующего действия капель воды / Г.И. Швебс // Почвоведение. – 1968. – № 2. – С. 133–140.

273. Швебс, Г.И. Определение эрозионной опасности орошаемых земель / Г.И. Швебс, А.А. Светличный // Земледелие. – 1989. – № 7. – С. 74–75.

274. Швебс, Г.И. Теоретические основы эрозиоведения / Г.И. Швебс. – Киев – Одесса: Вища школа, 1981. – 222 с.

275. Швебс, Г.И. Формирование водной эрозии стока каносов и их оценка / Г.И. Швебс. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 184 с.

276. Шевцов, Н.М. Изменение водно-физических свойств почв Сыртового Заволжья при дождевании / Н. М. Шевцов, Ю. П. Поляков // Тр. ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1977. – Вып. XXX. – С 89–94.

277. Шевцов, Н.М. Методическое руководство по исследованию структуры почвы при орошении дождеванием / Н.М. Шевцов, Ю.П. Поляков. – Новочеркасск: ЮжНИИГиМ, 1976. – 28 с.

278. Шикула, Н.К. Борьба с эрозией и земледелие на склонах / Н.К. Шикула. – Донецк: Донбасс, 1968. – 123 с.

279. Школьник, М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М.Я. Школьник. – Л.: Наука, 1974. – 324 с.

280. Штеренлихт, Д.В. Гидравлика / Д. В. Штеренлихт. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 640 с.

281. Шумаков, Б.А. Особенность орошения в засушливых и полузасушливых районах / Б.А. Шумаков // Орошаемое земледелие. – М.: МСХ РСФСР, 1962. – С. 95–96.

282. Шумаков, Б.Б. Гидромелиоративные основы лиманного орошения / Б.Б. Шумаков. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 216 с.

283. Щербаков, В.А. Эколого-экономические условия устойчивого развития мелиорации в Поволжье / В.А. Щербаков // Тез. докл. на 4-й Междунар. конф. (ISEE). – Саратов: ИКД «Пароход», 1999. – С. 180–181.

284. Экологические требования к орошению почв России: рекомендации / под ред. Б. А. Зимовца и Н. Б. Хитрова. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1996. – 72 с.

285. Эрозиоведение: теория, эксперимент, практика / Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. – 178 с.

286. Эрозионные процессы / Под ред. Н.И. Макавеева, Р.С. Чалова. – М.: Мысль, 1984. – 253 с.

287. Эрозия почв и борьба с ней / под ред. В. Д. Панникова. – М.: Колос, 1980. – 366 с.

288. Эрозия почвы / под ред. М. Дж. Киркби, Р. П. Моргана. – М.: Колос, 1984. – 415 с.

289. Яблоков А.В. Сельское хозяйство без пестицидов / А.В. Яблоков // Экологическая альтернатива. – М.: Прогресс, 1990. – С. 499–520.

290. Яблоков А.В. Уровни охраны живой природы / А.В. Яблоков, С.А. Остроумова. – М.: Наука, 1985. – 175 с.

291. Ягодин Б.А. Влияние азотных удобрений на накопление нитратов в овощных культурах / Б.А. Ягодин, В.Н. Маркелова, Э.Ф. Нейгебаур // Достижения науки и техники. АПК. – 1988. – № 5. – С. 17–18.

292. Языкова А.Г. Изменение содержания и качественного состава гумуса при длительном систематическом применении удобрений и высокой культуре земледелия в черноземе обыкновенном правобережной северной степи УССР / А.Г. Языкова // Агрохимия. – 1978. – № 3. – С. 104–107.

293. Arstad J.S. Effects of small amount of resident residue on furrow erosion / J.S. Arstad, D/C/ Miller // Soil. Sci. Soc. America J, 1981. – Vol. 45. – № 1. – P. 116–118.

294. Chestrs G. Aprimer on nonpoint pollution / G. Chestrs, L. Schierow // J. Soil Water Conserv, 1985. – 40, 4. – P. 9–13.

295. Diez T. Nitrabelastung des Trink Assers in Bayern, Ursacermittlug und Gegen-steuerung / T. Diez // Landwirtschafline Forschung, 1985. – S. 379–389.

296. Dikey E. Effekts of tillage on erosion in a wheatfallow rotation / E. Dikey et al. // Trans ASAE St. Joseph. – Mich, 1984. – Vol. 26. – P. 814–820.

297. Ellison W. Raindrop energy and soil erosion / W. Ellison // Empir. J. Exp. Agr., 1952. – Vol. 32. – P. 81.

298. Elwel N.A. Reinfall parameters torpredict surface runoff yields and soil losses from selected field-plot studies / N.A. Elwel, M.A. Stocking // The Rhodesian Agr. Res., 1973. – Vol. 11. – P. 123–129.

299. Environmental effects or organic and inorganic Contaminants in sewage sludge, 1983. – P. 171–175.

300. Great plains program meets objectives // J. Of Soil and Water ConserVol., 1987. – Vol. 42. – 174–175.

301. Influence of Man on the Hidrological Cycle: Guidelines to Policies for the Safe Development of Land and Water Resources // Status and reports in Hidrology. UNESCO, Paris, 1972. – Vol. 10. – P. 31–70.

302. Kirkby M Zandseepu systems / M Kirkby et de // Soil Erosion, 1980. – II, V, VI–X.

303. Kloke A. Tolerable amounts of heavy metals in soil and their accumulation in plants.

304. Kuntse H. Nutur and kuns tregen Z. Kultatecher / H. Kuntse // Flurbeicin, 1980. – 21 – H. 241–245.

305. Machecek V. Kadmium v pude a rostlinach / V. Machacek // Agrochemia, 1983. – 23, 11. – P. 332.

306. Malone L.A. The renewed concern over soil erosion the current federal programs and proposals / L.A. Malone // Journal of Agricultural Taxation and Law, 1989. – Vol. 10. – P. 310–354.

307. Me Cormar K.D. Current criteria for determining soil loss tolerance / K.D. Me Cormar et al // Determinants of soil loss tolerance, 1982. – P. 95–111.

308. Nature and society of the next millennium: Globalization and Regional Ecological economic problems / Internal Conf. of the Russian Chapter of the Internal. Sosiety for Ecological Economics (ISSE). – Saratov, PH «Parokhod», 1999. – 165 p.

309. Pontailler S. Zuzerne et potassium / S. Pontailler // Cultivar, 1980. – 128. – P. 36–37.

310. Proezdov P.N. Conceptual Basic of Ecologicaly Safe Sprinkler Irrigation / P.N. Proezdov // Internal. Conf. of the Russian Chapter of the Internal. Sosiety for Ecological Economics (ISSE). – Saratov, PH «Parokhod», 1999. – P. 116–117.

311. Putman J. Using the erosion-productivity impact calculator (EPJC) model to estimate the impact of soil erosion for the 1985 RCA appraisal / J. Putman, J. Wiliams, D. Sawyer // Journal of Soil and Water Conservation, 1989. – Vol. 43. – P. 321–326.

312. Riley C. Speculates on the possibilites of de-Watering poultry manure / C. Riley // Agriculture (L), 1964. – Vol. 71. – № 11.

313. Rohmann U. Bedeutung des Grundwasser – und Bodenschutes für die Trink-wasserversorgung Deutsche Landwirtschaft / U. Rohmann // Arbeiten der DLG, 1986. – 185. – S. 92–103.

314. Sicer J.W. Take care of poultry manure. / J.W. Sicer // Hoard's Dairyman, 1957. – Vol. 102. – №. 22.

315. Toth S.J. Agricultural Value of dried poultry manure and beelding / S.J. Toth // Compost Science, 1965. – Vol. 5. – №. 3.

316. Wischmeier W.H. Predicting rainfall erosion losses / W.H. Wishmeier, D.D. Smiht // USDA, 1978. – 531. – P. 1–57.

317. Wishmeier W.H. Evaluation of factors in the soilloss equation / W.H. Wishmeier, D.D. Smiht, R.E. Uhland // Amer. Ass, agric. engrs., 1958. – 39. – P. 458–462.

318. Wolnink K.A. Elements in major raw agricultural cpons in the United States. Cadmium, lead and eleven other elements in carrots, field, corn, onions, rise, spinach and tomatoes. / K.A. Wolnink, F.L. Fricke, S.G. Capar, M.V. Meyer. D. Satzger, E. Bonin, C.V. Gaston // J. agr. Food. Chem., 1985. – 33,5. – P. 808–811.

319. Young C.E. Costs and benetits of the Conservation Reserve Program / C.E. Young, C.T. Osborn // J. of Soil and Water Conservation, 1990. – Vol. 45. – 370–373.

Приложение 1

Водные свойства темно-каштановой почвы в зависимости от ее плотности (лабораторный модельный опыт)

Плотность, г/см^3	Плотность твердой фазы, г/см^3	Пористость, %			Влажность почвы, %						Диапазон активной влаги (НВ – ВУЗ),%	
		общая	агрегатная	межагрегатная	при устойчивом завядании растений (ВУЗ)		при наименьшей влагоемкости (НВ)		при полном насыщении (ПВ)		от массы	от объема
					от массы	от объема	от массы	от объема	от массы	от объема		
0,9	2,40	62,5	34.1	28,4	14,8	13,3	32,3	29,1	70,3	62,2	17,5	15,8
1,0	2.48	59,6	33,4	26,2	16,2	16.2	31,1	31,1	60,2	60,2	14,9	14,9
1,1	2,49	55,8	33.2	22,6	16,4	18,0	30,5	33,6	50,7	55,8	14,1	15,5
1,2	2,51	52,1	33,2	18,9	16,4	19,6	29,2	35,0	43,4	52,1	12,8	15,4
1,3	2,52	48,4	32,7	15,7	15,8	20,5	29,1	37,8	36,6	47,6	13,3	17,3
1,4	2,60	46,1	31,3	14.8	15,9	22,2	28,7	40,2	31,8	44,5	12,8	17,9
1,5	2,61	42,5	28,1	14,4	15,7	23,6	29.0	43,5	26,5	39,8	13,3	20,0

Приложение 2

Качество дождя аппаратов ДМ–454–100 «Фрегат»

№ серии	Диаметр сопла, мм		Напор воды, м	Расстояние от оси дождевателя, м								
	основного	вспомо-гательного		2	6	10	14	18	22	26	30	34
Интенсивность, мм/мин												
1	3,18	–	12	0,03	0,06	–	–	–	–	–	–	–
2	4,76	2,38	18	0,03	0,05	0,21	–	–	–	–	–	–
3	6,35	4,76	18	0,05	0,06	0,25	0,41	–	–	–	–	–
4	8,53	5,56	30	0,02	0,27	0,56	0,72	0,98	–	–	–	–
Концевой	19,05	9,53	60	0,04	0,21	0,37	0,42	0,50	0,54	2,66	3,14	–
Диаметр капель, мм												
1	3,18	–	12	0,20	0,90	–	–	–	–	–	–	–
2	4,76	2,38	18	0,20	0,90	1,34	–	–	–	–	–	–
3	6,35	4,76	18	0,20	0,90	1,00	2,10	–	–	–	–	–
4	8,53	5,56	30	0,20	0,90	1,00	1,80	2,60	–	–	–	–
Концевой	19,05	9,53	60	–	–	0,50	1,20	1,90	2,00	2,30	3,80	4,30

Приложение 3

Варьирование водопроницаемости темно-каштановой почвы на опытном участке

Интервал времени, мин	Водопроницаемость в различных точках опытного участка, мм/мин							
	9	10	11	12	13	14	15	Среднее
10	0,62	0,98	1,28	0,51	0,67	1-17	1,25	1,26
10	1,48	1,30	0,80	1,03	1,06	0,81	0,84	0,87
10	0,84	0,45	1,04	1,44	1,04	1,28	1,28	1,28
10	0,53	0,49	0,46	0,39	0,38	0,37	0,31	0,27
10	0,19	0,26	0,31	0,17	0,22	0,52	0,68	0,69
30	0,15	0,35	0,46	0,60	0,25	0,37	0,84	0,85
30	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,14	0,20	0,20
30	0,31	0,31	0,30	0,31	0,31	0,28	0,28	0,28
30	0,24	0,23	0,21	0,20	0,20	0,20	0,35	0,46
30	0,03	0,10	0,12	0,15	0,09	0,11	0,36	0,51
60	0,14	0,24	0,26	0,34	0,15	0,26	0,40	0,56
60	0,07	0,25	0,24	0,37	0,11	0,26	0,41	0,68
60	0,09	0,18	0,13	0,09	0,09	0,12	0,26	0,28
60	0,07	0,18	0,25	0,15	0,15	0,13	0,22	0,24
120	0,15	0,21	0,21	0,29	0,11	0,30	0,18	0,23
120	0,14	0,25	0,25	0,28	0,30	0,43	0,14	0,24
120	0,10	0,15	0,20	0,30	0,13	0,15	0,15	0,18
120	0,09	0,18	0,25	0,32	0,13	0,13	0,14	0,14
120	0,07	0,15	0,25	0,30	0,13	0,13	0,14	0,14

Приложение 3

Варьирование водопроницаемости темно-каштановой почвы на опытном участке

Интервал времени, мин	Водопроницаемость в различных точках опытного участка, мм/мин							Среднее
	9	10	11	12	123	14	15	
10	1,00	1,17	1,45	1,57	1,48	1,43	1-42	1,36
10	1,02	1,09	1,00	0,90	1,00	1,00	1,07	0,10
10	1,19	1-19	1,16	1,11	1,13	1,03	1,08	1,13
10	0,30	0,27	0,25	0,23	0,57	0,50	0,48	0,37
10	0,33	0,44	0,59	0,58	0,57	0,50	0,48	0,49
30	0,85	1,0	0,66	0,84	0,29	0,18	0,18	0,57
30	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,20
30	0,28	0,23	0,23	0,22	0,32	0,32	0,32	0,27
30	0,60	0,25	0,37	0,84	0,85	1,0	0,68	0,65
30	0,52	0,18	0,27	0,10	0,12	0,15	0,09	0,20
60	0,71	0,18	0,60	0,48	0,45	0,20	0,25	0,41
60	0,74	0,15	0,65	0,28	0,26	0,28	0,29	0,39
60	0,20	0,21	0,20	0,15	0,17	0,41	0,47	0,26
60	0,24	0,24	0,26	0,24	0,24	0,28	0,23	0,25
60	0,16	0,04	0,13	0,30	0,30	0,27	0,26	0,21
120	0,29	0,10	0,28	0,11	0,05	0,13	0,13	0,15
120	0,24	0,03	0,06	0,13	0,15	0,18	0,10	0,13
120	0,13	0,13	0,14	0,14	0,16	0,19	0,08	0,13
120	0,17	0,16	0,13	0,10	0,10	0,10	0,09	0,12
120	0,16	0,16	0,13	0,10	0,10	0,08	0,10	0,14

Приложение 4

Эколого-энергетическая характеристика показателей ирригационной эрозии при орошении озимой пшеницы ДМ-454-100 «Фрегат» на темно-каштановых почвах Заволжья (графоаналитический метод)

Поливная норма, $м^3$/га	Интенсивность дождя, мм/мин			Водопроницаемость почвы, мм/мин	Эрозионноопасная часть			Смыв почвы, т/га
	максимальная в режиме орошения	средневзвешенная	минимальная		интенсивность, мм	масса, т/га	энергия, т/га	
200	3,14	0,50	0,03	0,90	0,23	9,2	11,0	0,04
400	3,14	0,50	0,15	0,62	0,51	40,8	49,0	0,19
600	3,14	0,50	0,25	0,24	0,89	107	128	0,51
800	3,14	0,50	0,25	0,22	0,91	175	175	0,70

Приложение 5

Влияние плотности темно-каштановой почвы на ее водные свойства и ирригационную эрозию
(полевой модельный опыт)

Плотность, г/см^3	Водопроницаемость, мм/мин	Количество водопрочных агрегатов, %	Сток, мм	Смыв, г/м	Мутность, г/л
0,9	1,13	28,1	0	0	0
1,0	1,07	26,4	0	0	0
1,1	0,87	38,5	39,7	159	4,0
1,2	0,56	38,8	45,3	136	3,0
1,3	0,51	39,3	50,7	140	2,8
1,4	0,23	39,9	62,3	125	2,0
1,5	0,14	40,1	66,9	67	1,0

Приложение 6

Потери макроэлементов при ирригационной эрозии почв, среднее за один полив (2008–2010 гг.), г/га

Дозы СГПП, т/га	Твердый сток			Жидкий сток			Суммарные потери		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Без лесных полос									
0	1,74	8,08	9,75	105	6,20	304	107	14,3	314
1,8	2,71	7,13	8,73	88,2	17,6	400	90,9	24,7	409
3,6	3,82	7,94	7,83	85,3	37,3	469	89,1	45,2	478
5,4	4,59	7,22	6,77	93,4	37,4	378	98,0	44,6	385
Без лесных полос									
0	1,19	5,63	6,41	82,7	10,3	238	83,9	15,9	244
1,8	1,62	3,55	4,12	85,2	12,8	268	86,8	16,3	272
3,6	1,40	2,74	2,70	90,7	34,6	367	92,1	37,3	370
5,4	0,58	1,10	1,02	85,4	32,0	335	86,0	33,1	336

Приложение 7

Потери микроэлементов при ирригационной эрозии почв, среднее за один полив (2008–2010 гг.), г/га

Дозы СГПП, т/га	Mn	Zn	Cu	Co	B	Mo
0	23,9	67,5	7,20	3,23	2,52	0,66
Лесные полосы, 0	12,7	55,3	5,82	2,67	1,58	1,06
1,8	17,2	44,7	8,90	2,18	2,15	0,87
3,6	9,86	44,5	8,87	2,62	2,17	1,31
5,4	11,6	36,0	10,8	2,15	1,79	1,43

Приложение 8

Влияние удобрений на технологические и мукомольные свойства зерна озимой пшеницы (2008-2010 гг)

Дозы СГПП, т/га	ИДК, е.п.	Сила муки, е.а.	Разжижение теста, е.ф.	Валориметрическая оценка, %	Объемный выход хлеба, мл.	Общая хлебопекарная оценка, балл
0	90	271	100	53	950	4,0
5,4 + ЛП	60	300	65	55	1050	4,2
3,6 + ЛП	65	280	60	55	1000	4,2
1,8 + ЛП	75	275	91	55	965	4,1
1,8	65	289	60	55	1000	4,2
3,6	65	282	65	56	1000	4,2
5,4	70	281	65	56	1050	4,2

Приложение 9

Влияние удобрений на аминокислотный состав белка зерна озимой пшеницы, г/кг (2008-2010 гг.)

Аминокислоты	Контроль	Помет сухой гранулированный, 3,6 т/га	Помет сухой гранулированный, 5,4 т/га	Помет сухой гранулированный, 5,4 т/га + лесные полосы
Аспарагиновая	8,21	7,24	7,70	7,98
Треонин	4,53	3,81	3,71	4,12
Серин	7,12	6,38	6,61	6,70
Глутаминовая	50,9	47,8	51,4	48,8
Пролин	17,5	14,5	16,3	5,9
Глицин	5,83	5,34	5,61	5,71
Алании	5,55	4,80	5,05	5,05
Валин	5,71	5,21	5,38	5,41
Метионин	2,21	1,98	2,02	1,95
Изолейцин	4,67	4,55	4,81	4,63
Лейцин	10,1	9,38	9,92	9,70
Тирозин	3,48	4,04	4,21	4,18
Фенилаланин	7,01	6,61	6,80	6,81
Гистидин	3,84	3,89	4,12	4,25
Лизин	4,01	4,04	4,21	4,19
Аргинин	6,50	6,21	6,16	6,51
Сумма аминокислот	147	142	144	142

Приложение 10

Динамика влажности темно-каштановой почвы при орошении озимой пшеницы ДМ-454-100 «Фрегат» при поливной норме 600 м^3/га, %, 2008 г,

Глубина слоя, см	07.06	11.06	15.06	17.06	22.06	24.06	02.07	12.07	20.07	22.07	29.07	01.08
0–10	20,1	26,5	21,1	31,3	21,8	30,9	21,2	24,9	20,4	29,6	20,4	25,9
10–20	22,4	28,8	20,9	30,5	22,1	31,0	19,9	23,0	20,8	27,2	20,9	26,8
20–30	21,7	27,7	20,2	27,8	21,2	28,9	18,5	22,7	19,6	23,8	19,7	23,4
30–40	22,1	26,8	19,9	23,1	22,5	27,9	18,2	21,5	19,1	20,9	18,9	22,2
40–50	23,4	26,8	19,5	23,4	22,8	27,4	18,6	21,4	19,2	19,9	18,4	22,7
50–60	24,6	25,8	19,7	23,5	22,8	26,6	19,2	21,6	19,8	20,1	18,4	22,4
60–70	25,6	25,7	20,4	23,7	23,6	26,4	19,8	22,1	19,8	21,4	18,2	22,8
70–80	25,7	25,7	21,3	22,7	25,0	26,9	19,9	23,3	20,4	21,8	18,6	21,5
80–90	26,2	26,4	23,1	22,8	26,7	25,2	20,5	24,8	21,4	22,9	19,2	22,4
90–100	27,7	27,5	25,4	24,9	27,7	26,5	22,1	26,2	22,6	23,7	20,0	23,4

Приложение 11

Динамика влажности темно-каштановой почвы при орошении озимой пшеницы ДМ-454-100 «Фрегат» при поливной норме 600 м^3/га, %, 2009 г,

Глубина слоя, см	07.06	11.06	22.06	26.06	29.06	02.07	05.07	08.07	15.07	18.07	20.07	21.07	28.07	30.07
0–10	17,4	24,3	19,7	24,8	18,8	25,4	20,6	26,4	22,9	26,0	25,0	25,0	21,9	25,9
10–20	18,5	25,4	19,8	24,5	18,5	25,6	21,8	26,1	20,6	25,9	24,9	24,9	22,1	26,0
20–30	20,1	24,8	19,3	23,2	18,1	24,8	21,3	25,0	21,8	25,1	23,8	23,8	19,3	25,4
30–40	22,1	24,7	20,6	22,6	17,8	25,2	21,4	23,2	21,2	23,4	22,1	22,1	18,6	23,7
40–50	22,7	24,8	21,6	22,3	17,9	23,3	22,3	23,6	21,4	23,8	22,7	22,7	18,1	23,8
50–60	22,8	24,3	21,7	22,4	18,4	21,8	23,0	23,8	22,3	23,5	22,3	22,3	18,3	23,9
60–70	22,4	23,2	22,2	21,8	18,7	22,3	25,8	25,4	23,0	23,7	22,4	22,4	18,2	23,7
70–80	22,4	22,4	22,5	21,6	20,3	22,4	25,4	25,9	25,4	23,2	21,7	21,7	18,5	23,5
80–90	22,9	22,9	22,8	22,8	20,7	21,8	26,5	26,3	23,5	23,4	22,1	22,1	19,1	22,1
90–100	23,8	24,4	23,0	24,5	22,4	22,1	22,4	27,5	23,5	23,5	21,9	21,9	19,9	22,0

Приложение 12

Динамика влажности темно-каштановой почвы при орошении озимой пшеницы ДМ-454-100 «Фрегат» при поливной норме 600 м^3/га, %, 2010 г,

Глубина слоя, см	07.06	17.06	22.06	25.06	02.07	06.07	12.07	15.07	20.07	24.07
0–10	28,7	25,9	22,4	28,2	20,4	25,9	22,3	29,8	20,4	28,1
10–20	29,8	27,8	21,9	29,5	21,7	24,2	22,2	30,8	21,9	28,4
20–30	27,5	26,9	21,9	26,9	22,0	24,1	21,4	29,2	22,1	27,4
30–40	26,2	25,8	21,7	25,9	22,2	24,5	21,8	26,9	26,6	25,9
40–50	25,4	25,1	21,1	24,1	23,4	25,2	21,5	26,7	33,1	25,5
50–60	24,3	24,1	21,0	22,6	23,8	24,6	21,6	26,7	23,6	25,2
60–70	22,8	22,4	21,6	22,1	22,8	23,0	21,8	25,8	23,6	24,7
70–80	21,6	21,8	20,2	22,2	21,1	21,6	22,9	25,5	24,3	25,1
80–90	21,7	22,6	19,9	20,4	20,58	21,2	22,4	25,4	25,3	25,6
90–100	22,9		20,8	20,8	21,7	22,6	24,0	26,7	26,7	26,9