

На правах рукописи



**ЛОШКАРЕВ Дмитрий Анатольевич**

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ  
ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ  
ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность ОС.01.02 — мелиорация, рекультивация  
и охрана земель

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Пенза ~ 2004

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор Кузин Евгений Николаевич

Официальные оппоненты: заслуженный деятель науки РФ,  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор Денисов Евгений Петрович

кандидат сельскохозяйственных наук  
Адаев Василий Федорович

Ведущая организация: Пензенский научно-исследовательский  
институт сельского хозяйства

Защита состоится 23 декабря 2004 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 220.053.01 при ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия» по адресу: 440014, г. Пенза, пос. Ахуны, ул. Ботаническая, 30

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия».

Автореферат разослан 23 ноября 2004 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор сельскохозяйственных наук



В.А. Гушина

2005-4  
23060

932545

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Повышение почвенного плодородия и экологической устойчивости почв на современном этапе невозможны без широкой мелиорации земель. Для эффективного применения различных средств мелиорации на черноземах выщелоченных необходима разработка агробиологических основ мелиоративных приемов, позволяющих оптимизировать их использование на основе системного подхода к изучению почвенного плодородия. Выбор мелиоративных приемов должен быть сопряжен с конкретными почвенно-климатическими условиями и с экологическими ограничениями, учетом их энергоемкости и энергетической эффективности.

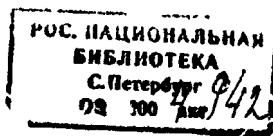
Из основных элементов агроэкосистемы наиболее существенными с экологических позиций являются приемы биологической и химической мелиорации, направленные на возврат элементов питания в почву при минимальном использовании минеральных удобрений

В настоящее время накоплен значительный зарубежный опыт применения отходов промышленности и осадков сточных вод (ОСВ) в качестве мелиорантов под сельскохозяйственные культуры в опытно-производственных и производственных условиях. В условиях Российской Федерации применение отходов промышленности и осадков сточных вод для мелиорации почв носит ограниченный характер, поэтому возникает потребность в научном обосновании выбора и применения приемов биологической и химической мелиорации на черноземах выщелоченных Среднего Поволжья, а также их экологической и энергетической оценке.

Цель и задачи исследований. Целью настоящей работы являлось изучение влияния осадков сточных вод, отходов поролонового производства, фосфорно-калийных удобрений и известкования на агромелиоративное состояние чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур.

В задачи исследований входило:

- Изучить влияние осадков сточных вод, отходов поролонового производства, фосфорно-калийных удобрений и известкования на структурное состояние и общие физические свойства чернозема выщелоченного.
- Установить влияние осадков сточных вод, отходов поролонового производства, фосфорно-калийных удобрений и известкования на запасы воды в почве и водопотребление растений.
- Определить влияние повторного внесения осадков сточных вод и известкования на содержание гумуса в черноземе выщелоченном.
- Изучить влияние осадков сточных вод, отходов поролонового производства, фосфорно-калийных удобрений и известкования на пищевой режим и физико-химические свойства чернозема выщелоченного.
- Провести сравнительную оценку по влиянию на плодородие почвы традиционных фосфорно-калийных удобрений и отходов поролонового производства.



- Определить влияние повторного внесения осадков сточных вод на накопление тяжелых металлов в черноземе выщелоченном и в продукции растениеводства.
- Установить влияние изучаемых мелиоративных приемов на урожайность сельскохозяйственных культур.
- Рассчитать энергетическую эффективность использования осадков сточных вод, отходов поролонового производства, фосфорно-калийных удобрений и доломитовой муки.

Научная новизна. Впервые в условиях лесостепного Поволжья на черноземе выщелоченном в зернопаровом севообороте изучено влияние повторного внесения осадков сточных вод, известкования на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. Установлено изменение агро-мелиоративного состояния чернозема выщелоченного при использовании в качестве мелиорантов отходов поролонового производства и доломитовой муки. Дана сравнительная оценка по влиянию на плодородие почвы традиционных фосфорно-калийных удобрений и отходов поролонового производства.

Практическая значимость работы. Полученный экспериментальный материал может быть использован для разработки приемов биологической и химической мелиорации чернозема выщелоченного. Применение экологически безопасных норм ОСВ в качестве биомелиорантов и фосфорно-калийных отходов поролонового производства дает возможность предупредить развитие деградации чернозема выщелоченного, улучшить агро-мелиоративное состояние почвы и повысить продуктивность сельскохозяйственных культур.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Агро-мелиоративная и экологическая целесообразность использования осадков сточных вод, доломитовой муки и отходов поролонового производства в качестве мелиорантов под полевые культуры на черноземе выщелоченном.
- Сравнительная оценка влияния на плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность полевых культур традиционных фосфорно-калийных удобрений и отходов поролонового производства.
- Дозы и способы внесения осадков сточных вод и отходов поролонового производства в чистом виде и сочетание с доломитовой мукой.

Апробация работы. Результаты исследований и основные положения диссертационной работы ежегодно докладывались и обсуждались на Международных, Всероссийских и региональных научно-практических конференциях (Пенза 2002, 2003, 2004 гг., Ставрополь 2002 г., Москва 2003, 2004 гг.).

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 12 научных работах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, семи глав, выводов и предложений производству. Работа изложена на 194 страницах компьютерного текста содержит 50 таблиц, 9 рисунков, 8 приложений. Список литературы включает 161 источник, в т.ч. 18 зарубежных.

## Условия, схемы опытов и методика проведения исследований

Исследования проводились в учхозе Пензенской ГСХА, расположенном в Мокшанском районе Пензенской области.

Почвенный покров представлен черноземом выщелоченным среднегумусным среднемощным тяжелосуглинистым. Содержание гумуса в пахотном горизонте 6,9-7,0%. Реакция почвенного раствора слабокислая, сумма обменных оснований 35,7-36,8 мг-экв. на 100 почвы. Содержание щелочногидролизуемого азота 108,0-126,0, подвижного фосфора - 107,0-108,0, обменного калия -153,0-163,0 мг/кг почвы.

Полевой стационарный опыт по изучению влияния осадков сточных вод (ОСВ) на агроメリоративное состояние почвы был заложен в 1996 году по схеме: 1. Без осадков сточных вод (контроль); 2. Осадки сточных вод 40 т/га; 3. Осадки сточных вод 60 т/га; 4. Осадки сточных вод 80 т/га; 5. Осадки сточных вод 100 т/га. Различные нормы ОСВ использовались как на фоне известкования, так и без применения мелиоранта. ОСВ вносили согласно схемы опыта в паровом поле один раз за ротацию севооборота в 1996 и 2001 году, доломитовую муку один раз в 1996 году. Площадь делянки 51 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная. Размещение вариантов рендомизированное.

Исследования проводились в пятипольном зернопаровом севообороте. В опыте в качестве биомелиоранта использовались твердые осадки сточных вод г. Пензы. Осадки характеризуются следующими химическими показателями: величина рН<sub>KCl</sub> - 5,9, гидролитическая кислотность (Н<sub>+</sub>)-'2,6 мг-экв/100 г осадка, сумма обменных оснований (Са+Mg) - 30,9 мг-экв/100 г осадка, содержание углерода - 20%, азота - 280, фосфора - 110 и калия - 110 мг на 100 г осадка. Содержание тяжелых металлов в осадках сточных вод составляет: кадмия - 13,05; никеля - 239,9; свинца - 77,7, цинка - 1115,3; меди — 484,2; марганца — 337,7 мг/кг осадка, что в два раза и более раза ниже ПДК.

Полевой опыт по сравнительной оценке влияния на агроメリоративные свойства почвы фосфорно-калийных отходов поролонового производства (ОПП) и традиционных фосфорно-калийных удобрений был заложен в 2001 году по схеме: 1. Без удобрений (контроль); 2. Фосфорно-калийные отходы поролонового производства (ежегодно в дозе на запланированный урожай); 3. Фосфорно-калийные отходы поролонового производства (в запас); 4. Традиционные фосфорные и калийные удобрения (ежегодно на запланированный урожай); 5. Традиционные фосфорные и калийные удобрения (в запас).

Данные виды удобрений использовались по известковому фону и без известкования. Повторность опыта трехкратная, размещение вариантов — рендомизированное. Учетная площадь делянки 22 м. Исследования проводились в пятипольном зернопаровом севообороте.

В опыте использовались фосфорно-калийные отходы, образующиеся при производстве поролона на ОАО "Дека" г. Пензы. Отходы поролонового производства (ОПП) характеризуются следующим химическим составом: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 35,0%, K<sub>2</sub>O - 28%. Содержание тяжелых металлов в ОПП в десятки раз ниже предельно-допустимой концентрации. Ежегодные нормы удобрений под озимую пшеницу составили: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 105, K<sub>2</sub>O - 84 кг д.в.Уга, под суданскую траву: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 90, K<sub>2</sub>O - 71 кг д.в.Уга; под яровую пшеницу: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 60, K<sub>2</sub>O - 48 кг д.в./га. В третьем и пятом варианте нормы удобрений равнялись: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 330, K<sub>2</sub>O - 264 кг д.в./га.

В качестве химического мелиоранта в опытах использовалась доломитовая мука Иссинского карьера (Пензенская область) следующего состава: CaCO<sub>3</sub> - 70%, Mg - 17%. Норма доломитовой муки вносилась из расчета 1,5 Нг. В первом опыте она составляла 7,5 т/га, во втором - 10,4 т/га.

Агротехника возделываемых культур общепринятая для условий Пензенской области. Все наблюдения, анализы почвенных и растительных образцов проводили по общепринятым методам. Математическая обработка результатов проведена методом дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа на ПЭВМ с использованием пакетов прикладных программ для статистической обработки «Statgrafics» и «Statistica».

## Результаты исследований

### *Агрофизические свойства чернозема выщелоченного*

Структура. Мелиоративные нормы ОСВ являются приемом биологического восстановления агрофизических свойств почвы и, в первую очередь, водопроходной структуры.

Максимальное количество водопроходных макроагрегатов на вариантах с ОСВ, использованных в чистом виде за первую ротацию севооборота было отмечено на третий и четвертый год после их внесения. При использовании осадков сточных вод содержание водопроходных агрегатов на третий год исследований составляло 43,2 (40 т/га ОСВ) и 52,6% (100 т/га ОСВ). Разница с контролем варьировала в пределах от 5,2 до 14,6%.

По завершению первой ротации севооборота количество водопроходных агрегатов на вариантах с биомелиорантом было выше, чем на контрольном варианте на 5,4-14,1% (таблица 1).

Таблица 1 - Влияние осадков сточных вод на содержание водопроходных агрегатов в черноземе выщелоченном

Варианты опыта		Количество водопроходных агрегатов >0,25, %				
нормы доломитовой муки в долях Нг	нормы ОСВ	1997 г.	2000 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.
Са <sub>0</sub>	Без ОСВ (контроль)	38,4	37,0	36,4	37,0	36,0
	ОСВ 40 т/га	39,9	42,4	47,0	48,5	49,9
	ОСВ 60 т/га	42,5	48,0	52,5	54,8	55,9
	ОСВ 80 т/га	45,2	49,2	54,6	56,8	57,8
	ОСВ 100 т/га	48,5	51,1	56,9	58,3	59,6
Са <sub>1,5</sub>	Доломитовая мука 7,5 т/га	40,5	48,5	47,9	47,0	46,9
	ОСВ 40 т/га	42,8	50,3	54,5	58,3	59,6
	ОСВ 60 т/га	44,3	52,4	58,3	61,2	63,0
	ОСВ 80 т/га	46,7	54,8	60,8	64,1	65,9
	ОСВ 100 т/га	48,3	56,8	63,0	67,1	69,3

Доломитовая мука повышала содержание водопрочных агрегатов на 11,5%. По завершению первой ротации севооборота содержание водопрочных агрегатов на этом варианте составило 48,5%. При использовании осадков сточных вод по известковому фону содержание водопрочных агрегатов в черноземе выщелоченном по завершению первой ротации севооборота изменялось в зависимости от норм мелиоранта в пределах от 50,3 (40 т/га ОСВ) до 56,8 (100 т/га ОСВ). Разница с контрольным вариантом варьировала в интервале от 13,3 до 19,8%.

При повторном внесении осадков сточных вод в чистом виде содержание водопрочных агрегатов в 2002 году, после уборки озимой пшеницы, составляло 47,0 (40 т/га ОСВ) - 56,9 (100 т/га ОСВ). Разница с контролем варьировала в пределах от 10,6 до 20,5%. В 2004 году, после уборки яровой пшеницы, содержание водопрочных агрегатов от различных норм ОСВ увеличилось до 49,9 (40 т/га ОСВ) - 59,6% (ОСВ 100 т/га), при значении на контрольном варианте 36,0%. Максимальное количество водопрочных агрегатов в черноземе выщелоченном, как и в первую ротацию севооборота, было отмечено на вариантах с ОСВ, размещенных по известковому фону. Так, при использовании 40 т/га ОСВ содержание водопрочных агрегатов, после уборки яровой пшеницы в 2004 году достигло 59,6%, а при использовании 100 т/га ОСВ - 69,3%. Разница с контрольным вариантом составляла 23,6 и 33,3% соответственно.

За весь период исследований (1996-2004 гг.) содержание водопрочных агрегатов без использования биологического и химического мелиорантов снизилось на 2,4% и составило в 2004 году 36,0%.

В опыте 2 за три года содержание водопрочных агрегатов на варианте без химического мелиоранта и удобрений снизилось на 1,9% и составило в 2004 году 45,1% (таблица 2).

Таблица 2 - Влияние удобрений и доломитовой муки на содержание водопрочных агрегатов

Варианты опыта		Количество водопрочных агрегатов >0,25, %			
нормы доломитовой муки в долях Нг	нормы удобрений	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.
Са <sub>0</sub>	Без удобрений (контроль)	47,0	46,4	45,2	45,1
	ОПП (ежегодно)	47,1	47,9	48,2	49,0
	ОПП (в запас)	46,8	47,8	49,6	51,9
	РК (ежегодно)	47,2	48,1	48,5	49,2
	РК (в запас)	47,1	48,4	50,0	51,0
Са <sub>1,5</sub>	Доломитовая мука 10,4 т/га	47,2	52,4	55,8	59,6
	ОПП (ежегодно)	46,9	52,5	56,2	60,7
	ОПП (в запас)	46,9	54,4	57,8	61,8
	РК (ежегодно)	47,3	52,9	56,8	61,0
	РК (в запас)	47,0	55,8	58,2	62,3

При ежегодном использовании ОПП и фосфорно-калийных удобрений содержание водопрочных агрегатов за период исследований возросло на 1,9-2,0 по отношению к исходному и составило 49,0-49,2%.

При внесении фосфорно-калийных удобрений и отходов поролонового производства в запас, содержание водопрочных агрегатов увеличилось на 3,4-3,9% по сравнению с исходным.

Доломитовая мука увеличивала количество водопрочных агрегатов на 12,4%. Использование ОПП и фосфорно-калийных удобрений по известковому фону повышало содержание водопрочных агрегатов в пахотном горизонте на 13,7-15,3%.

Аналогично изменениям количества водопрочных агрегатов изменялись коэффициент структурности, степень выпаханности и степень водопрочности структурных агрегатов.

Плотность. Одним из приемов поддержания оптимальной плотности почвы является использование биологических и химических мелиорантов.

Использование ОСВ в качестве биомелиоранта оказало положительное влияние на равновесную плотность чернозема выщелоченного.

В первую ротацию севооборота величина равновесной плотности на контрольном варианте колебалась от 1,23 до 1,28 г/см<sup>3</sup> и была выше оптимальной.

Доломитовая мука снижала плотность почвы по отношению к контролю на 0,02-0,04 г/см<sup>3</sup>.

При использовании 40 т/га ОСВ равновесная плотность в течение первой ротации севооборота изменялась в интервале от 1,18 до 1,23 г/см<sup>3</sup> и была ниже контрольной на 0,03-0,08 г/см<sup>3</sup>.

При использовании 80 т/га ОСВ равновесная плотность почвы, в первую ротацию севооборота, варьировала в интервале от 1,12 до 1,20 г/см<sup>3</sup>, а при использовании 100 т/га ОСВ - от 1,10 до 1,19 г/см<sup>3</sup> и была ниже, чем на контроле, в первом случае на 0,07-0,14 г/см<sup>3</sup> и во втором случае на 0,09-0,16 г/см<sup>3</sup>. В течение первой ротации севооборота равновесная плотность пахотного горизонта на этих вариантах была в пределах оптимальной.

Во вторую ротацию севооборота величина равновесной плотности на контрольном варианте изменялась в интервале от 1,25 до 1,29 г/см<sup>3</sup>, дрейф от оптимальной составил 0,05-0,09 г/см<sup>3</sup>. На варианте с использованием 40 т/га ОСВ оптимальные значения равновесной плотности были отмечены на второй и третий год после их внесения (2002, 2003 гг.).

В 2004 году, после уборки яровой пшеницы, величина равновесной плотности на этом варианте была выше оптимальной на 0,04 г/см<sup>3</sup> и составила 1,24 г/см<sup>3</sup>, при значении на контроле 1,29 г/см<sup>3</sup>.

При использовании ОСВ нормами от 60 до 100 т/га, во вторую ротацию севооборота, равновесная плотность изменялась в интервале от 1,09 до 1,20 г/см<sup>3</sup>, то есть была оптимальной.

При использовании ОСВ по известковому фону равновесная плотность пахотного горизонта была ниже по сравнению с аналогичными вариантами без известкования.

Так, на варианте с использованием 100 т/га ОСВ по известковому фону равновесная плотность, по годам исследований, колебалась в пределах от 1,07 до 1,15 г/см<sup>3</sup>.

Как свидетельствуют результаты исследований при использовании фосфорно-калийных отходов поролонового производства и традиционных фосфорно-калийных удобрений наметилась тенденция по уменьшению равновесной плотности пахотного горизонта чернозема выщелоченного.



На вариантах с использованием отходов поролонового производства и фосфорно-калийных удобрений величина равновесной плотности в 2002 году, после уборки озимой пшеницы изменялась от 1,23 до 1,25 г/см<sup>3</sup>, в 2003 году, после уборки суданской травы - от 1,24 до 1,25 г/см<sup>3</sup> и в 2004 году, после уборки яровой пшеницы - от 1,24 до 1,26 г/см<sup>3</sup>, при значениях на контрольном варианте 1,25, 1,26 и 1,28 г/см<sup>3</sup> соответственно.

На вариантах с известковым фоном произошло существенное снижение равновесной плотности в пахотном горизонте. Так, в 2002 году на вариантах с известкованием, после уборки озимой пшеницы, равновесная плотность изменялась от 1,15 до 1,17 г/см<sup>3</sup>, после уборки суданской травы в 2003 году - от 1,14 до 1,16 г/см<sup>3</sup> и была оптимальной для возделывания сельскохозяйственных культур. В 2004 году на вариантах с известкованием, после уборки яровой пшеницы, равновесная плотность изменялась от 1,21 до 1,24 г/см<sup>3</sup>, то есть была выше оптимальной на 0,01-0,04 г/см<sup>3</sup>.

Общая пористость. В начале вегетационного периода величина общей пористости в опыте 1 составляла по годам исследований 51,2-59,5%, т.е. была оптимальной.

Переуплотнение почвы на варианте без химического и биологического мелиорантов существенно снижало величину общей пористости чернозема выщелоченного. Величина общей пористости на этом варианте варьировала в первую ротацию севооборота от 47,1 до 49,6%, во вторую ротацию - от 46,7 до 48,3%.

На варианте с доломитовой мукой наметилась тенденция увеличения общей пористости. Ее величина в первую ротацию севооборота изменилась от 48,8 до 50,4%, во вторую ротацию - от 47,9 до 50,4% и была выше контрольных значений на 0,8-2,1%.

В первую ротацию севооборота при использовании ОСВ без известкования нормами 40 и 60 т/га неудовлетворительное значение общей пористости было отмечено в засушливом 1999 году (48,3-49,2%). В 1997, 1998 и 2000 годах общая пористость на этих вариантах была удовлетворительной для пахотного горизонта и изменялась в интервале от 50,4 до 52,5%, превышая контрольные значения на 2,0-4,6%.

На вариантах с нормами ОСВ 80 и 100 т/га пористость в пахотном горизонте в течение первой ротации была в пределах оптимальной (50,4-54,5%). Разница с контрольным вариантом составляла 2,9-6,6%.

На известковом фоне неудовлетворительная пористость была отмечена в 1999 году при использовании ОСВ нормой 40 т/га. При дальнейшем повышении норм ОСВ по известковому фону пористость в течение первой ротации была удовлетворительной для пахотного горизонта (50,4-55,8%). Разница с контрольным вариантом составляла 2,9-7,9%.

В 2002 году (вторая ротация севооборота) величина общей пористости, на вариантах с ОСВ без известкования, изменялась в интервале от 49,6 до 54,5%. Разница с контрольным вариантом составляла 1,7-6,6%. Неудовлетворительное значение общей пористости в 2002 году (49,6%) было отмечено на варианте с использованием ОСВ нормой 40 т/га.

В 2003 году, после уборки суданской травы, общая пористость, при использовании различных норм ОСВ без известкования, была удовлетворительной и изменялась в интервале от 51,2 до 55,0%. Разница с контрольным вариантом составляла 2,9-6,7%. В 2004 году неудовлетворительное значение общей пористости (48,8%) было отмечено на варианте с использованием ОСВ нормой 40 т/га без известкового фона. При дальнейшем повышении норм ОСВ, без известкового фона, величина общей пористости изменялась от 50,4 (60 т/га ОСВ) до 52,5 (100 т/га ОСВ), т.е. была удовлетворительной. При использовании различных норм ОСВ, во вторую ротацию севооборота, по известковому фону общая пористость была оптимальной и колебалась в пределах от 51,2 до 55,8%. Во все годы исследований максимальные значения общей пористости (52,5-55,8%) были отмечены при использовании ОСВ нормой 100 т/га по известковому фону.

В опыте 2 общая пористость в начале вегетационного периода была оптимальной и изменялась по годам и вариантам в пределах от 52,0 до 56,9%. В конце вегетационного периода на варианте без химического мелиоранта и удобрений общая пористость была неудовлетворительной и изменялась по годам исследований от 48,4 до 49,6%.

При использовании отходов поролонового производства и традиционных фосфорно-калийных удобрений, без известкования, общая пористость после уборки озимой пшеницы, суданской травы и яровой пшеницы составляла 49,2-50,4%. Разница с контрольным вариантом была несущественной и составляла 0,1-1,2%.

Доломитовая мука наиболее существенное влияние на изменение общей пористости оказала на второй и третий год после ее внесения (2002, 2003 гг.). Величина общей пористости после уборки озимой пшеницы на этом варианте составляла 52,8%, а после уборки суданской травы - 53,2. Разница с контрольным вариантом составляла 3,2-4,0%. В 2004 году, после уборки яровой пшеницы, величина общей пористости на варианте с доломитовой мукой равнялась 50,0%. Разница с контролем была незначительной и составляла 1,6%.

При использовании отходов поролонового производства и традиционных фосфорно-калийных удобрений по известковому фону общая пористость во все годы исследований была удовлетворительной (50,4-54,0%) и была выше контрольной на 2,0-4,8%.

**Водопотребление растений.** Осадки сточных вод не только увеличивают полезный запас воды в черноземе выщелоченном, но и способствуют более рациональному ее использованию из почвы.

При урожайности озимой пшеницы в 2002 году на контрольном варианте 2,8 т/га коэффициент водопотребления составлял **103,3** мм/т.

На варианте с использованием 40 т/га **ОСВ** коэффициент водопотребления без известкового фона составлял 95,9 мм/т, по известковому фону 97,9 мм.

**При** увеличении норм **ОСВ** от 60 до **100** т/га коэффициент водопотребления без известкового фона снижался с **91,8** до **77,7** мм/т, а по известковому фону с 90,7 до 80,6 мм/т.

В 2003 году для получения одной тонны сена суданской травы на контрольном варианте было израсходовано 37,3 мм воды.

На вариантах с использованием биомелиоранта коэффициент водопотребления растений изменялся в интервале от 37,1 до 30,9 мм/т.

В 2004 году для создания одной тонны зерна яровой пшеницы на варианте без мелиорантов было израсходовано 250,1 мм воды. Коэффициент водопотребления на вариантах с биомелиорантом был ниже контроля на 20,6-65,9 мм/т и изменялся в зависимости от норм ОСВ в пределах от 184,2 до 229,5 мм/т.

Минимальное значение коэффициента водопотребления, во все годы исследований, было отмечено на варианте с использованием биомелиоранта нормой 100 т/га.

В опыте 2 при возделывании озимой пшеницы в условиях 2002 года для создания одной тонны зерна на контрольном варианте было израсходовано 124,6 мм воды.

На вариантах с отходами поролонового производства и традиционными фосфорно-калийными удобрениями коэффициент водопотребления изменялся в интервале от 108,9 до 95,4 мм/т. На вариантах с отходами поролонового производства и фосфорно-калийными удобрениями, размещенных по известковому фону коэффициент водопотребления был ниже, чем на аналогичных вариантах без известкования на 4,5-7,9 мм/т.

В 2003 году для создания одной тонны сена суданской травы на варианте без удобрений было израсходовано 25,8 мм воды.

На вариантах с отходами поролонового производства и фосфорно-калийными удобрениями коэффициент водопотребления изменялся от 21,1 до 22,4 мм/т, т.е. был ниже контроля на 3,4-4,7 мм/т.

В 2004 году на вариантах с удобрениями коэффициент водопотребления по известковому фону составлял 203,7-210,4 мм/т, без известкования - 219,7-223,8 мм/т. Разница с контрольным вариантом в первом случае составляла 40,2-48,9 мм/т, во втором - 28,8-32,9 мм/т.

### *Агрохимические свойства почвы*

Гумус. Результаты наших исследований выявили, что ежегодные потери гумуса в пахотном горизонте, на варианте без использования биомелиоранта, в среднем составляли 550 кг/га.

Анализируя динамику гумуса за первую ротацию пятипольного севооборота можно сделать следующий вывод: использование ОСВ нормами 40 и 60 т/га без известкования позволяет создать нулевой баланс гумуса в пахотном горизонте чернозема выщелоченного, а нормы 80 и 100 т/га ОСВ положительный баланс гумуса. Так, на вариантах с использованием 80 и 100 т/га ОСВ без известкования содержание гумуса в пахотном горизонте по завершению первой ротации севооборота (2000 г.), было выше исходных данных на 0,07-0,11% или на 1,80-3,25 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние осадков сточных вод на содержание гумуса в черноземе выщелоченном, % (вторая ротация севооборота)

Варианты опыта		2002 г.	2003 г.	2004 г.
нормы доломитовой муки в долях Нг Ca <sub>0</sub>	нормы ОСВ			
	Без ОСВ (контроль)	6,80	6,79	6,78
	ОСВ 40 т/га	6,93	6,96	6,97
	ОСВ 60 т/га	6,99	7,06	7,08
	ОСВ 80 т/га	7,08	7,17	7,19
Ca <sub>1,5</sub>	ОСВ 100 т/га	7,18	7,26	7,30
	Доломитовая мука 7,5 т/га	6,84	6,83	6,84
	ОСВ 40 т/га	6,96	6,99	7,00
	ОСВ 60 т/га	7,02	7,08	7,10
	ОСВ 80 т/га	7,10	7,18	7,22
	ОСВ 100 т/га	7,20	7,29	7,32

При использовании ОСВ по известковому фону нулевой баланс гумуса за первую ротацию севооборота сложился на варианте с использованием 40 т/га ОСВ. При использовании биомелиоранта нормами 60, 80 и 100 т/га содержание гумуса в конце ротации севооборота было выше исходных значений на 0,03, 0,08 и 0,13 % соответственно. Таким образом, при использовании ОСВ нормой выше 60 т/га по известковому фону позволяет создать положительный баланс по гумусу в пятипольном зернопаровом севообороте.

При повторном внесении ОСВ, после уборки озимой пшеницы, содержание гумуса, в зависимости от норм и фона колебалось в интервале от 6,93 до 7,20%. Максимальное содержание гумуса было отмечено на варианте с использованием ОСВ нормой 100 т/га по известковому фону (7,29%). Отклонения от контроля, в зависимости от норм ОСВ, варьировали от 0,13 до 0,40%, а разница с исходным (1996 г.) изменялась в интервале от 0,04 до 0,27%.

В 2004 году на вариантах с использованием осадков сточных вод без известкового фона содержание гумуса в пахотном горизонте, в зависимости от норм биомелиоранта, изменилось в интервале от 6,97 (40 т/га ОСВ) до 7,30% (100 т/га ОСВ), при содержании на контрольном варианте 6,78%. Увеличение по сравнению к исходному содержанию достигло 0,08-0,37%. Валовые запасы гумуса возросли на 2,64 и 12,2 т/га соответственно. При использовании биомелиоранта по известковому фону содержание гумуса возросло в зависимости от нормы ОСВ до 7,00-7,32%. Увеличение к исходному составило 0,11-0,39%.

Доломитовая мука по сравнению с неудобренным вариантом в два раза снижает темпы минерализации гумуса в черноземе выщелоченном. За девять лет исследований содержание гумуса на этом варианте снизилось на 0,06%, тогда как на контрольном варианте это снижение составило 0,12%.

Азот. Как свидетельствуют результаты исследований, осадки сточных вод повышали содержание щелочногидролизуемого азота в пахотном горизонте чернозема выщелоченного, особенно в первый год действия биомелиоранта.

Так, после уборки озимой пшеницы в 1997 году содержание щелочногидролизуемого азота на вариантах с биомелиорантом по известковому фону, составляло 134,0 (40 т/га ОСВ) - 177,0 (100 т/га ОСВ), без известкового фона - 136,0-174,0 мг/кг почвы. Разница с контрольным вариантом составляла, в зависимости от норм биомелиоранта и фона 13,0-56,0 мг/кг почвы. В 1998 году, после уборки проса содержание щелочногидролизуемого азота на контрольном варианте составляло 112,0 мг/кг почвы. На вариантах с мелиорантами, в зависимости от норм ОСВ и известкового фона содержание щелочногидролизуемого азота было выше, чем на варианте без биомелиоранта на 6,2-17,8 мг/кг почвы и изменялось в интервале от 118,2 до 129,8 мг/кг почвы. В 1999 году различия по содержанию щелочногидролизуемого азота в пахотном горизонте между контрольным вариантом и вариантами с биомелиорантом колебались с 4,0 до 15,0 мг/кг почвы и зависели от нормы биомелиоранта. В условиях 2000 года содержание щелочногидролизуемого азота на контрольном варианте составляло 122,8 мг/кг почвы и было ниже, чем на вариантах с биомелиорантом на 2,3-5,2 мг/кг почвы.

При повторном внесении ОСВ максимальное содержание щелочногидролизуемого азота было отмечено на второй год действия.

После уборки озимой пшеницы, в 2002 году содержание щелочногидролизуемого азота на вариантах с биомелиорантом изменялось в зависимости от норм в пределах от 137,9 до 176,5 мг/кг почвы, при значении на контроле 122,8 мг/кг почвы. В 2003 году содержание щелочногидролизуемого азота в конце вегетационного периода на вариантах с биомелиорантами варьировало в интервале от 128,9 (40 т/га ОСВ) до 165,7 мг/кг почвы (100 т/га ОСВ). Разница с контрольным вариантом составляла 11,0-47,8 мг/кг почвы.

В 2004 году, после уборки яровой пшеницы содержание щелочногидролизуемого азота в пахотном горизонте на варианте без мелиорантов равнялось 119,8 мг/кг почвы. На вариантах с использованием в качестве биомелиоранта ОСВ содержание щелочногидролизуемого азота составляло 130,4 (ОСВ 40 т/га) - 168,2 мг/кг почвы (ОСВ 100 т/га). Разница с контрольным вариантом изменялась от 10,6 до 48,4 мг/кг.

За весь период исследований максимальное количество щелочногидролизуемого азота в пахотном горизонте было отмечено на варианте с использованием 100 т/га ОСВ.

Воздействие фосфорно-калийных удобрений и отходов пороносового производства на азотный режим можно охарактеризовать как косвенное, (опыт 2).

В 2002 году после уборки озимой пшеницы содержание щелочногидролизуемого азота на контрольном варианте и на вариантах с ОПП и фосфорно-калийными удобрениями было практически одинаковым. В 2003 году, после уборки суданской травы, содержание щелочногидролизуемого азота при использовании ОПП и фосфорно-калийных удобрений было выше контроля на 2-3 мг/кг почвы, а в 2004 году, после уборки яровой пшеницы - 4-5 мг/кг почвы.

Более существенное влияние на азотный режим оказало известкование. Применение доломитовой муки увеличивало содержание щелочногидролизуемого азота на 6,0-11,0, а при использовании на известковом фоне ОПП и фосфорно-калийных удобрений - на 8,0-15,0 мг/кг почвы по сравнению с контрольным вариантом.

Фосфор. Использование ОСВ в качестве биомелиоранта повышало содержание подвижного фосфора в почве, как в первую, так и во вторую ротацию се-

вооборота. Действие мелиоранта возрастало от момента внесения к третьему году наблюдений, что видимо связано с процессами минерализации органических фосфатов и постепенным переходом их в доступную для растений форму.

Максимальное количество доступных форм фосфора в пахотном горизонте наблюдалось при применении повышенной нормы ОСВ (100 т/га). В этом варианте содержание доступного фосфора превышало соответствующие показатели на контроле в первую ротацию севооборота на 6,5-11,2, во вторую ротацию севооборота на 8,6-9,2 мг/кг почвы.

На фоне более низких норм биомелиоранта (40 и 60 т/га) преимущество действия ОСВ было значительно ниже.

За весь период действия известкового материала (первая и вторая ротация севооборота) содержание доступного фосфора на этом варианте было в пределах исходного значения и изменялось по годам исследований от 80,8 до 81,9 мг/кг почвы. При применении биомелиоранта по известковому фону отмечается тенденция к некоторому увеличению содержания подвижного фосфора в почве.

Использование отходов поролонового производства в качестве фосфорно-калийного удобрения увеличивало содержание подвижного фосфора по сравнению с контролем: при ежегодном внесении на 12-16 Мг/Кг Почвы И при внесении в запас на 33,0-45,0 мг/кг почвы.

Применение фосфорно-калийных отходов поролонового производства обеспечивало содержание подвижного фосфора почти на уровне варианта, где использовались традиционные фосфорно-калийные удобрения.

Известкование не изменяло фосфорный режим почвы, его содержание на фоне известкования оставалось на уровне контрольного варианта Доломитовая мука снижала эффективность действия ОПП и фосфорно-калийных удобрений на фосфорный режим почвы. Так, при использовании отходов поролонового производства и традиционных фосфорно-калийных удобрений нормами на запланированный урожай по известковому фону, содержание подвижного фосфора было ниже, чем на аналогичных вариантах без известкования на 2,0-4,0 мг/кг почвы. Аналогичная закономерность отмечена и при запасном использовании удобрений.

Калий. Использование почвы без применения удобрений приводит к снижению количества обменного калия на 3,3 мг/кг почвы.

На произвесткованной почве за этот период количество обменного калия снизилось на 4,0 мг/кг почвы, что, вероятно, связано с избытком кальция, созданного внесением доломитовой муки.

Существенное изменение калийного режима чернозема выщелоченного произошло под влиянием различных норм биомелиоранта. Наибольшее количество обменного калия наблюдалось при внесении максимальной нормы биомелиоранта (100 т/га ОСВ). На неизвесткованной почве содержание обменного калия в этом варианте в первую ротацию севооборота изменялось от 169,4 до 172,7 мг/кг почвы, по известковому фону - от 168,5 до 173,9 мг/кг почвы, во вторую ротацию - от 176,5 до 181,4 и от 174,9 до 179,9 мг/кг почвы соответственно. Увеличение по отношению к контрольному варианту в первую ротацию севооборота составляло без известкования 9,1-12,7, с известкованием - 8,2-13,9 мг/кг почвы, во вторую ротацию - 15,7-20,4 и 14,0-18,9 мг/кг почвы соответственно.

На фоне более низких норм биомелиоранта (40 и 60 т/га) преимущество ОСВ было значительно ниже.

Отходы поролонового производства, используемые в качестве удобрений и традиционные фосфорно-калийные удобрения приводят к увеличению обменного калия в черноземе выщелоченном (опыт 2).

При ежегодном внесении ОПП и фосфорно-калийных удобрений в норме на запланированный урожай содержание обменного калия было выше контрольных значений на 8,0-11,0 мг/кг почвы, а при запасном варианте - на 27,0-35,0 мг/кг почвы.

Установлено, что фосфорно-калийные отходы поролонового производства по накоплению обменного калия в почве не уступают традиционным калийным удобрениям.

Известкование чернозема выщелоченного не привело к существенным изменениям в калийном режиме почвы. Содержание обменного калия на варианте с доломитовой мукой изменялось по годам исследований от 152,0 до 153,0 при значениях на контроле от 149,0 до 151,0 мг/кг почвы.

Сумма обменных оснований. Химический и биологический мелиоранты оказали определенное влияние на состав обменных катионов в почвенном поглощающем комплексе, в нем увеличилась доля участия катионов кальция и магния и уменьшилось содержание ионов водорода.

На варианте с доломитовой мукой сумма обменных оснований за первую ротацию севооборота увеличилась по сравнению с исходной на 1,67 и составила 38,38 мг-экв. на 100 г почвы. Во вторую ротацию севооборота увеличение суммы обменных оснований в почве под действием разового внесения доломитовой муки не наблюдалось.

На контрольном варианте наметилась тенденция к уменьшению суммы обменных оснований. Разница с исходным значением в 2004 году составила 0,57 мг-экв. на 100 г почвы.

При использовании ОСВ сумма обменных оснований на вариантах без известкования за первую ротацию севооборота возросла на 0,52-1,29 мг-экв. на 100 г почвы. Разница с контрольным вариантом составила 1,11-1,95 мг-экв. на 100 г почвы. Максимальное значение суммы обменных оснований по завершению первой ротации севооборота было отмечено на варианте с использованием 100 т/га биомелиоранта по известковому фону (40,54 мг-экв. на 100 г почвы). Разница с контрольным вариантом составляла 4,39 мг-экв. на 100 г почвы.

После уборки третьей культуры в 2004 году (вторая ротация севооборота) сумма обменных оснований на вариантах с ОСВ без известкования в зависимости от норм изменялась от 38,06 (40 т/га ОСВ) до 40,68 (100 т/га ОСВ), а на известкованной почве - от 40,39 (40 т/га ОСВ) до 43,05 мг-экв. на 100 г почвы (100 т/га ОСВ). Отклонение от исходных значений составляло в первом случае 1,3-3,87, во втором случае 3,63-6,24 мг-экв. на 100 г почвы.

В опыте 2 на контрольном варианте, как и в опыте 1 наметилась тенденция к уменьшению суммы обменных оснований в пахотном горизонте чернозема выщелоченного. За период исследований ее величина снизилась на 0,06 и составила 35,78 мг-экв. на 100 г почвы.

Тенденция к снижению обменных оснований проявилась на вариантах с использованием фосфорно-калийных отходов поролонового производства и

традиционных фосфорно-калийных удобрений без известкового фона. После уборки третьей культуры севооборота на вариантах с использованием ОПП и фосфорно-калийных удобрений на запланированный урожай сумма обменных оснований была ниже исходной на 0,14–0,15 мг-экв. на 100 г почвы и составила соответственно 35,55–35,57 мг-экв. на 100 г почвы. При использовании этих видов удобрений в запас снижение суммы обменных оснований по отношению к исходным значениям составляло 0,24–0,27 мг-экв. на 100 г почвы.

Доломитовая мука повышала содержание обменно-поглощенных катионов кальция и магния в ППК и снижала отрицательное воздействие минеральных удобрений на его катионный состав. По завершению исследований, сумма обменных оснований на варианте с химическим мелиорантом увеличилась по сравнению с исходным значением на 2,09 и составила 37,87 мг-экв. на 100 г почвы. На вариантах с удобрениями, размещенных по известковому фону, это увеличение варьировано от 1,72 до 1,85 мг-экв. на 100 г почвы.

Кислотность почвы. В зернопаровом севообороте без использования мелиорантов наметился сдвиг в сторону насыщения почвенного поглощающего комплекса ионами водорода. Величина гидролитической кислотности за период исследований возросла с 3,52 до 3,65, т.е. на 0,13 мг-экв. на 100 г почвы.

Известкование, особенно в первую ротацию севооборота, существенно снижало концентрацию ионов водорода в пахотном горизонте чернозема выщелоченного. За период с 1996 по 2000 год величина гидролитической кислотности на произвесткованной почве снизилась с 3,52 до 1,90 мг-экв. на 100 г почвы, т.е. почти в два раза.

На вариантах с биомелиорантом без известкового фона, величина гидролитической кислотности снизилась за период исследований на 0,65–1,33 и составила 2,18–2,90 мг-экв. на 100 г почвы, по известковому фону это снижение было более существенным и составляло 2,06–2,49 мг-экв. на 100 г почвы.

Наиболее существенное уменьшение концентрации ионов водорода в почве по завершению исследований было отмечено на варианте с использованием 100 т/га биомелиоранта по известковому фону. Величина гидролитической кислотности на этом варианте за период с 1996 по 2004 год уменьшилась с 3,51 до 1,02 мг-экв. на 100 г почвы, т.е. в 3,4 раза.

На контрольном варианте в опыте 2 наметилась тенденция по увеличению концентрации ионов водорода в почвенном поглощающем комплексе чернозема выщелоченного. За период исследований (2001–2004 гг.) величина гидролитической кислотности возросла на этом варианте с 4,84 до 4,87 мг-экв. на 100 г почвы.

При использовании отходов поролонового производства и традиционных фосфоряно-калийных удобрений без известкования увеличение гидролитической кислотности по отношению к исходной составило 0,20–0,32 мг-экв. на 100 г почвы.

Наиболее существенно увеличение гидролитической кислотности произошло на вариантах с использованием отходов поролонового производства и фосфорно-калийных удобрений в запас один раз за ротацию севооборота. Увеличение гидролитической кислотности при запасном использовании удобрений по отношению к исходной составляло в 2004 году 0,31–0,32 мг-экв на 100 г почвы.



Использование доломитовой муки нормой 10,4 т/га снижало величину гидролитической кислотности на 2,05 мг-экв. на 100 г почвы по отношению к исходной и на 2,08 мг-экв. на 100 г почвы по отношению к контролю.

Доломитовая мука также существенно снижала подкисляющее воздействие на почву минеральных удобрений. На варианте с удобрениями, размещенных по известковому фону величина гидролитической кислотности снизилась по отношению к исходной на 1,69-1,82 мг-экв на 100 г почвы.

### *Содержание тяжелых металлов*

Использование ОСВ приводило к увеличению и подвижных форм ТМ в почве. В первую ротацию севооборота содержание подвижного цинка возрастало на фоне максимальной нормы ОСВ в 4,3 раза, меди - в 8,5 раза, свинца - почти в 2 раза, кадмия - 4,2 раза.

Однако, за исключением кадмия и никеля, содержание которых было на уровне ПДК, количество остальных токсикантов при всех нормах биомелиоранта было значительно ниже ПДК.

Применение доломитовой муки позволило в некоторой степени снизить подвижность ТМ уже в 1 год ее действия.

К концу первой ротации севооборота произошло снижение содержания подвижных форм тяжелых металлов на вариантах с использованием биомелиоранта, однако их содержание оставалось значительно выше контрольных значений и определялось нормой биомелиоранта.

При повторном внесении биомелиоранта произошло дальнейшее увеличение содержания подвижных форм тяжелых металлов в черноземе выщелоченном. При использовании биомелиоранта нормой 40 т/га без известкового фона содержание цинка возросло по отношению к контролю в 1,6 раза, меди - в 3,1 раза, свинца - в 1,4 раза, никеля - в 1,7 раза и кадмия - в 2,2 раза, а при использовании повышенной дозы мелиоранта (100 т/га ОСВ) соответственно в 4,8; 12,8; 2,5; 3,2; 6,2 раза.

На вариантах с использованием биомелиоранта по известковому фону содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном горизонте было несколько ниже аналогичных вариантов без известкования.

При повторном внесении повышенных норм ОСВ 80 и 100 т/га без известкования содержание в почве подвижных форм никеля и кадмия после уборки озимой пшеницы в 2002 году было значительно выше ПДК и составило 4,28-5,26 и 1,08-1,48 мг/кг почвы соответственно. Кроме того, при использовании 100 т/га ОСВ было отмечено также повышенное содержание цинка (23,96 мг/кг почвы).

При использовании 80 т/га ОСВ по известковому фону содержание никеля и кадмия в почве после уборки озимой пшеницы было на уровне ПДК, а при использовании 100 т/га ОСВ значительно выше ПДК.

После уборки яровой пшеницы в 2004 году на варианте с использованием 80 т/га биомелиоранта без известкования было отмечено повышенное содержание никеля в пахотном горизонте, на варианте с нормой 100 т/га - повышенное содержание никеля и кадмия. Повышенное содержание никеля и кадмия было также отмечено при использовании 100 т/га ОСВ по известковому фону. Со-

держание никеля на этом варианте было выше ПДК на 0,78, а кадмия - на 0,19 мг/кг почвы и составляло 4,78 и 1,19 соответственно.

Использование осадков сточных вод в качестве биомелиоранта привело к увеличению содержания тяжелых металлов в продукции растениеводства как в первую, так и во вторую ротацию севооборота.

При их количественной оценке выявилось, что в зерновой части урожая больше всего накапливается цинка. В первый год действия зерно озимой пшеницы накапливало этого элемента на уровне ПДК на фоне доз ОСВ 80 и 100 т/га без известкования. При последствии ОСВ в виду связывания тяжелых металлов в комплексные соединения, количество этого элемента в зерне уменьшается. Если в зерне озимой пшеницы количество цинка при максимальной дозе ОСВ без известкования было 51 мг/кг, то в зерне ячменя стало в 1,3 раза меньше.

Содержание остальных тяжелых металлов в зерне и при прямом действии на фоне использования биомелиоранта находилось ниже уровня ПДК.

При использовании биомелиоранта по известковому фону в первую ротацию севооборота также увеличивало содержание тяжелых металлов в зерновой части урожая, однако их содержание было ниже ПДК.

Во вторую ротацию севооборота (повторное внесение биомелиоранта) содержание цинка в зерне озимой пшеницы, в зависимости от норм биомелиоранта и фона изменялось от 36,4 до 56,8, меди - от 1,88 до 5,72, свинца - от 0,01 до 0,142, никеля - от 0,109 до 0,338 и кадмия - от 0,013 до 0,036 мг/кг.

Содержание цинка в зерне, превышающее ПДК или близкое к ПДК бычло при использовании биомелиоранта нормами 80 и 100 т/га без известкования и нормой 100 т/га по известковому фону, содержание остальных тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы было ниже ПДК.

По истечении трех лет исследований произошло некоторое снижение содержания подвижных форм тяжелых металлов в пахотном горизонте чернозема выщелоченного.

После уборки яровой пшеницы в 2004 году на варианте с использованием 80 т/га биомелиоранта без известкования было отмечено повышенное содержание никеля в пахотном горизонте, на варианте с нормой 100 т/га - повышенное содержание никеля и кадмия.

Повышенное содержание никеля и кадмия было также отмечено при использовании 100 т/га ОСВ по известковому фону. Содержание никеля на этом варианте было выше ПДК на 0,78, а кадмия - на 0,19 мг/кг почвы и составляло 4,78 и 1,19 соответственно.

### *Урожайность сельскохозяйственных культур*

Исследования выявили положительное действие мелиорантов на продуктивность сельскохозяйственных культур в условиях лесостепного Поволжья.

В первую ротацию севооборота прибавка урожая от действия биомелиорантов составляла при известковании: по озимой пшенице 35,3-68,0; по просу - 26,5-58,1, по яровой пшенице - 28,6-41,6, по ячменю - 10,8-33,3%; без известкования - 19,5-63,9; 23,3-54,8; 21,7-34,0; 4,2-21,3% соответственно. От действия доломитозой муки прибавка урожая составляла: по озимой пшенице - 12,9, по просу - 3,7, по яровой пшенице - 8,0 и по ячменю - 6,2%.

При повторном внесении биомелиоранта (вторая ротация севооборота) прямое действие использовала озимая пшеница. Урожайность этой культуры на контрольном варианте составила 2,80 т/га, а на вариантах с биомелиорантом — 3,11-4,32 т/га. В зависимости от нормы биомелиоранта и фона, прибавка урожая озимой пшеницы варьировала в пределах от 0,31 до 1,52 т/га и была достоверной по отношению к контролю. Максимальная прибавка урожая озимой пшеницы (1,52 т/га), как и в первую ротацию, была получена при использовании ОСВ в дозе 100 т/га по известковому фону (таблица 4).

Таблица 4 - Влияние ОСВ на урожайность сельскохозяйственных культур (вторая ротация севооборота)

Варианты опыта		Озимая пшеница (2002 г.)		Суданская трава (2003 г.)		Яровая пшеница (2004 г.)	
нормы доломитовой муки в долях Нг	нормы ОСВ	урожай- ность, т/га	отклоне- ние от контроля т/га	урожай- ность, т/га	отклоне- ние от контроля т/га	урожай- ность, т/га	отклоне- ние от контроля т/га
	ОСВ 40 т/га	3,11	0,31	8,69	0,91	2,36	0,28
	ОСВ 60 т/га	3,40	0,60	9,46	1,68	2,64	0,56
	ОСВ 80 т/га	3,83	1,03	10,21	2,43	2,85	0,77
	ОСВ 100 т/га	4,20	1,40	11,08	3,30	3,08	1,00
Са <sub>15</sub>	Доломитовая мука 7,5 т/га	2,91	0,11	8,11	0,33	2,16	0,08
	ОСВ 40 т/га	3,23	0,43	9,06	1,26	2,54	0,46
	ОСВ 60 т/га	3,62	0,72	9,81	2,03	2,72	0,64
	ОСВ 80 т/га	3,90	1,10	10,62	2,89	2,96	0,88
	ОСВ 100 т/га	4,32	1,52	11,46	3,68	3,68	1,60
НСР <sub>05</sub> по фактору А			0,13		0,26		0,12
НСР <sub>05</sub> по фактору В			0,20		0,12		0,19
НСР <sub>05</sub> взаимодействия факторов АВ			0,9		0,08		0,08

Последствие биомелиоранта во вторую ротацию использовала суданская трава. Урожайность сена суданской травы на вариантах с биомелиорантом колебалась от 8,69 до 11,46 т/га. Увеличение по отношению к контролю составляло 0,91-3,68 т/га, при максимальной урожайности на варианте с использованием ОСВ в дозе 100 т/га по известковому фону.

В 2004 году на вариантах с биомелиорантом урожайность яровой пшеницы составляла по известковому фону 2,54-3,19 т/га, без известкования - 2,36-3,08 т/га. Увеличение по отношению к контрольному варианту составляло в первом случае 22,1-53,4%, во втором случае 13,5—48,1%.

Прибавка урожая сельскохозяйственных культур от действия доломитовой муки во вторую ротацию севооборота была незначительной и составляла по озимой пшенице 0,11, по суданской траве - 0,33 и по яровой пшенице - 0,08 т/га, что вероятно связано с затухающим влиянием мелиоранта на продуктивность растений.

Агрономическая оценка изучаемых удобрений в опыте 2 показала, что наибольшая прибавка урожая формируется на вариантах с использованием традиционных фосфорно-калийных удобрений и ОПП на известковом фоне (таблица 5) На этих вариантах урожайность озимой пшеницы возросла на 31,3-45,6%, урожайность сена суданской травы - на 25,6-29,1%, урожайность яровой пшеницы на 27,0-30,5% по сравнению с контролем. Использование отходов поролонового производства и фосфорно-калийных удобрений в чистом виде обеспечивали увеличение урожайности озимой пшеницы по сравнению с контролем на 20,4-26,5%, сена суданской травы - на 15,1-17,7% и зерна яровой пшеницы - на 14,0-16,5%.

Таблица 5 - Влияние отходов поролонового производства, фосфорно-калийных удобрений и доломитовой муки на урожайность сельскохозяйственных культур

Варианты опыта		Озимая пшеница		Суданская трава		Яровая пшеница	
		урожайность, т/га	отклонение от контроля т/га	урожайность, т/га	отклонение от контроля т/га	урожайность, т/га	отклонение от контроля т/га
нормы доломитовой муки в долях Нг	нормы удобрений						
Са <sub>0</sub>	Без удобрений (контроль)	2,30	-	8,74	-	2,00	-
	ОПП (на запланированный урожай)	2,77	0,47	10,06	1,32	2,28	0,28
	ОПП (в запас)	2,93	0,63	10,24	1,50	2,29	0,29
	РК (на запланированный урожай)	2,74	0,44	10,09	1,35	2,33	0,33
	РК (в запас)	2,91	0,61	10,29	1,55	2,33	0,33
Са <sub>15</sub>	Доломитовая мука 10,4 т/га	2,64	0,34	9,77	1,03	2,20	0,20
	ОПП (на запланированный урожай)	3,02	0,72	10,98	2,24	2,59	0,59
	ОПП (в запас)	3,28	0,98	11,23	2,49	2,58	0,58
	РК (на запланированный урожай)	3,11	0,81	11,01	2,27	2,61	0,61
	РК (в запас)	3,35	1,05	45,6	11,28	2,54	29,1
НСР <sub>05</sub> по фактору А			0,12		0,12		0,08
НСР <sub>05</sub> по фактору В			0,16		0,19		0,12
НСР <sub>05</sub> взаимодействия факторов АВ			0,07		0,09		0,05

Урожайность первых двух культур севооборота (озимая пшеница, суданская трава), размещенных на вариантах с использованием отходов поролонового производства и традиционных фосфорно-калийных удобрений в запас, была выше, чем на вариантах с ежегодным внесением данных удобрений.

### *Энергетическая эффективность*

Расчеты энергетической эффективности использования ОСВ в качестве биомелиоранта за первую ротацию севооборота показывают, что при применении ОСВ в интервале норм от 40 до 100 т/га коэффициент энергетической эффективности колебался без известкования в пределах от 1,28 до 1,49, по известковому фону - от 1,34 до 1,45 ед.

Коэффициент энергетической эффективности при использовании биомелиоранта без известкового фона во вторую ротацию севооборота, в зависимости от норм, изменялся в интервале от 0,78 (ОСВ 40 т/га) до 1,20 ед. (ОСВ 100 т/га) по известковому фону - от 0,70 до 1,08 ед. Коэффициент энергетической эффективности был ниже единицы при использовании норм ОСВ от 40 до 60 т/га без известкового фона и при использовании норм ОСВ от 40 до 80 т/га по известковому фону. Это объясняется тем, что все энергозатраты при повторном внесении биомелиоранта легли на первые три культуры севооборота.

Расчеты показали, что наивысший коэффициент энергетической эффективности в опыте 2 был получен при применении ОПП в качестве удобрения, который составил 20,94-22,58 ед. Это связано с более низкими энергозатратами на местные удобрения и значительной прибавкой урожая. Использование доломитовой муки в связи с высокими энергозатратами и низкой окупаемостью урожая обеспечивают коэффициент полезного действия менее единицы. Применение ОПП и РК удобрений на фоне доломитовой муки существенно снижает их энергетическую эффективность. Коэффициент энергетической эффективности при использовании отходов поролонового производства и традиционных фосфорно-калийных удобрений по известковому фону составлял 1,21-1,57 ед., т.е. был значительно ниже, чем без известкования.

### **Выводы**

1. Биологический и химический мелиоранты повышали потенциальную способность чернозема выщелоченного и образованию агрономически ценной структуры. За весь период исследований содержание водопрочных агрегатов на вариантах с биомелиорантом увеличилась по отношению к контролю на 13,9 (40 т/га ОСВ) - 33,3% (100 т/га ОСВ+CaCO<sub>3</sub>).

В опыте 2 содержание водопрочных агрегатов от действия ОПП и фосфорно-калийных удобрений без известкового фона возросло на 3,9-6,8%, а по известковому фону - на 15,6-17,2%. Доломитовая мука повышала содержание водопрочных агрегатов на 10,9-14,5%. Аналогично изменениям количества водопрочных агрегатов изменялись коэффициент структурности, степень вышаханности и степень водопрочности агрегатов.

2. Улучшая структурное состояние почвы, биомелиорант положительно влиял на равновесную плотность и пористость чернозема выщелоченного. На вариантах с использованием биомелиорант нормами от 80 до 100 т/га равновесная плотность и пористость во все годы исследований были оптимальными. Неудовлетворительные

значения равновесной плотности и пористости при использовании биомелиоранта нормами 40 и 60 т/га были отмечены только в 1999 и в 2004 годах.

При использовании отходов поролонового производства и традиционных фосфорно-калийных удобрений наметилась тенденция по уменьшению равновесной плотности и увеличению общей пористости пахотного горизонта.

3. Мелиоранты не только увеличивали полезный запас воды, но и способствовали более рациональному ее использованию из почвы.

При повторном внесении биомелиоранта коэффициент водопотребления у озимой пшеницы составлял, в зависимости от норм ОСВ и фона, 80,6-97,7 мм/т, у суданской травы - 30,9-37,1 мм/т, у яровой пшеницы — 184,2-229,5 мм/т. Минимальное значение' коэффициента водопотребления было отмечено на варианте с использованием 100 т/га ОСВ.

На вариантах с отходами поролонового производства и фосфорно-калийными удобрениями коэффициент водопотребления изменялся у озимой пшеницы от 95,4 до 108,9 мм/т, у суданской травы - от 21,1 до 22,4 мм/т и у яровой пшеницы — от 203,7 до 223,8 мм/т, при значениях на контроле 124,6, 55,8 и 252,6 мм/т соответственно.

4. Ежегодные потери гумуса в пахотном горизонте без использования биомелиоранта в среднем составляли 550 кг/га.

За весь период исследований (1996-2004 гг.) содержание гумуса на вариантах с биомелиорантом, размещенных по известковому фону увеличилось на 0,11-0,39%, а без известкового фона - на 0,08-0,37%.

Доломитовая мука по сравнению с неудобренным вариантом в два раза снижала темпы минерализации гумуса в черноземе выщелоченном.

5. Биомелиорант, отходы поролонового производства и фосфорно-калийные удобрения способствовали улучшению пищевого режима почвы. Повышение нормы биомелиоранта увеличивали содержание щелочногидролизуемого азота в почве в 1,2-1,5 раза.

Под влиянием биомелиоранта улучшались фосфорный и калийный режимы чернозема выщелоченного.

При использовании ОПП и фосфорно-калийных удобрений по известковому фону содержание щелочногидролизуемого азота увеличивалось на 7,0-15,0 мг/кг почвы. Содержание подвижного фосфора в зависимости от способа использования удобрений возрастало на 12,0-48,0 мг/кг почвы, а обменного калия - на 9,0-35,0 мг/кг почвы.

6. Применение биомелиоранта без известкования снижало гидролитическую кислотность на 0,65-1,33, по известковому фону - на 2,06-2,49 мг-экв. на 100 г почвы. Отходы поролонового производства и фосфорно-калийные удобрения увеличивали гидролитическую кислотность на 0,20-0,32 мг-экв. на 100 г почвы. Доломитовая мука снижала величину гидролитической кислотности в первом опыте на 1,91-2,54, во втором - 0,79-2,05 мг-экв. на 100 г почвы.

Использование биомелиорантов и удобрений на произвесткованной почве оказывало значительное влияние на состав обменных катионов, за счет увеличения доли кальция и магния в общей емкости поглощения.

7. Использование ОСВ в качестве биомелиоранта приводило к повышению содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве. В первую ротацию севооборота количество подвижных тяжелых металлов возросло в почве в 2,0–8,5 раза. Однако, содержание их при использовании ОСВ нормами 40–80 т/га было ниже ПДК. При повторном внесении ОСВ нормами 80 и 100 т/га без известкования содержание никеля и кадмия было значительно выше ПДК. Известкование приводило к снижению подвижности тяжелых металлов. Анализ растений в первую ротацию севооборота показал, что опасных для здоровья концентраций ТМ в них не наблюдалось. При повторном внесении ОСВ повышенное содержание в зерне озимой пшеницы Zn, Ni, Cd было отмечено при использовании 80 и 100 т/га ОСВ без известкового фона, а по известковому фону при использовании 100 т/га ОСВ.

8. В первую ротацию севооборота прибавка урожая от действия биомелиоранта, а зависимости от норм и фона составляла: по озимой пшенице 19,5–68,0; по просу–23,3–58,1; по яровой пшенице–21,7–41,6; по ячменю - 4,2–33,3%. Во вторую ротацию прибавка составляла: по озимой пшенице - 11,1–54,3; по суданской траве - 11,7–47,3; по яровой пшенице - 13,5–53,4%.

При использовании ОПП и фосфорно-калийных удобрений, в зависимости от способа использования и мелиоративного фона прибавка урожая составляла: по озимой пшенице - 20,4–45,6; по суданской траве - 15,1–29,1; по яровой пшенице — 14,0–30,0%.

9. Расчеты энергетической эффективности использования ОСВ в качестве биомелиоранта за первую ротацию севооборота показали, что коэффициент энергетической эффективности колебался в зависимости от их норм и фона от 1,28 до 1,45 ед.

При повторном внесении биомелиоранта коэффициент энергетической эффективности изменялся в интервале от 0,78 (ОСВ 40 т/га) до 1,20 (ОСВ 100 т/га).

Наивысший коэффициент энергетической эффективности в опыте 2 был получен при применении ОПП в качестве удобрения, который составил 20,9–22,6 ед.

#### Предложения производству

Для улучшения агромелиоративного состояния чернозема выщелоченного и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, при сложившемся дефиците традиционных органических удобрений (навоз) рекомендуется использовать в качестве биомелиоранта осадки сточных вод в норме до 100 т/га под первую ротацию пятипольного севооборота и нормой до 80 т/га сухого вещества под вторую ротацию севооборота с учетом содержания тяжелых металлов в ОСВ и почве.

При использовании ОСВ на кислых почвах рекомендуется проводить известкование для уменьшения подвижности тяжелых металлов, вносимых в почву с биомелиорантом.

Фосфорно-калийные отходы поролонового производства не уступают по влиянию на агрофизические, агрохимические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур традиционным фосфорно-калийным удобрениям, в связи с чем их можно использовать как дешевые, местные фосфорно-калийные удобрения.

## Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Чекаев Н.П., Лошкарев Д.А. Изменение содержания тяжелых металлов под действием известкования // *Материалы II Международной научной конференции «Эволюция и деградация почвенного покрова»*. - Ставрополь, 2002. - С.424-426.
2. Чекаев Н.П., Лошкарев Д.А. Возможность использования осадков сточных вод при лесоразведении и озеленении городов // *Сборник Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы плодородия почв на современном этапе»* (посвященная 50-летию кафедры почвоведения и агрохимии Пензенской государственной сельскохозяйственной академии). - Пенза. 2006. - С.132-134.
3. Чекаев Н.П., Лошкарев Д.А. Действие повторного внесения осадков сточных вод на продуктивность озимой пшеницы // *Материалы научно-производственной конференции «Проблемы АПК и пути их решения»* / Пензенская ГСХА. - Пенза- РИО ПГСХА, 2003. - С.91-93.
4. Чекаев Н.П., Кузин Е.Н., Лошкарев Д.А. Изменение плотности сложения почвы и ее структурного состояния под влиянием осадков сточных вод // *Материалы научно-практической конференции «Проблемы АПК и пути их решения»*. Пенза: РИО ПГСХА, 2003. - С. 85-88.
5. Лошкарев Д.А., Чекаев Н.П. Возможность использования отходов поролонового производства в земледелии // *Бюлл. ВИУА №118. Материалы международной научной конференции «Обеспечение высокой экономической эффективности и экологической безопасности приемов использования удобрений и друшх средств химизации в агротехнологиях»*. Москва. 2003. - С.235-237.
6. Фомин Н.А., Чекаев Н.П., Лошкарев Д.А. Влияние отходов поролонового производства на фосфорно-калийный режим почв и урожайность озимой пшеницы // *Человек и вселенная*. № 11-32. Санкт-Петербург, 2003. - С.158-160.
7. Лошкарев Д.А. Использование отходов промышленности в сельском хозяйстве // *Сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры земледелия «Актуальные проблемы земледелия на современном этапе развития сельского хозяйства»* - Пенза: РИО ПГСХА, 2004 - С.112-113.
8. Чекаев Н.П., Лошкарев Д.А. Энергетическая оценка использования отходов поролонового производства в качестве удобрений // *Материалы 38 Международной конференции (ВНИИА) «Применение средств химизации - основа повышения продуктивности с.-х. культур и сохранения плодородия почвы»* - М: ВНИИА, 2004 - С. 297-300.
9. Чекаев Н.П., Лошкарев Д.А. Использование отходов промышленности и местных минеральных ресурсов в сельском хозяйстве // *Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова*, 2004. - № 2 - С. 20-21.
10. Лошкарев Д.А., Кузин Е.Н., Чекаев Н.П. Изменение физико-химических свойств почвы под действием отходов поролонового производства, минеральных удобрений и доломитовой муки // *Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: Сборник материалов II Международной научно-практической конференции*. - Пенза - Нойбранденбург, 2004. - С. 26-27.
11. Лошкарев Д.А., Кузин Е.Н., Чекаев Н.П. Влияние осадков сточных вод на содержание гумуса и агрофизические свойства чернозема выщелоченного // *Экология человека: концепция факторов риска, экологической безопасности и управления рисками. Материалы Международной научно-практической конференции*. - Пенза, 2004. - С. 28-30.
12. Лошкарев Д.А., Кузин Е.Н. Влияние отходов поролонового производства на плодородие чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур. // *Материалы научно-практической конференции, посвященной 50-летию организации кафедры селекции и семеноводства и памяти Г.В. Гуляева* - Пенза, 2004 - С. 56-59.



Подписано в печать 15.11.04. Объем 1,35 усл.пл. Тираж 100 экз.

Заказ № 184

Отпечатано с готового оригинал-макета в **мини-типографии.**

Свидетельство № 5551.

440600, г. Пенза, ул. Московская, 74.





**Р23545**

РНБ Русский фонд

2005-4

23060