

*На правах рукописи*



**ЮРКОВА РИТА ЕВГЕНЬЕВНА**

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ  
И ПРИЕМЫ ИХ ИНАКТИВАЦИИ  
В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ**

Специальность:

06.01.03 – «Агрочвоведение и агрофизика»

06.01.02 – «Мелиорация, рекультивация и охрана земель»

**АВТОРЕФЕРАТ**

*диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук*

п. Персиановский – 2006

Работа выполнена в Федеральном государственном научном учреждении  
«Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»  
Министерства сельского хозяйства Российской Федерации

**Научный руководитель -** доктор сельскохозяйственных наук  
**Новиков Алексей Алексеевич**

**Официальные оппоненты:** доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
**Скуратов Николай Семенович**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
**Иванова Нина Анисимовна**

**Ведущая организация:** Ростовский государственный университет

Защита состоится « 7 » июля 2006 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 220.028.02 при Донском государственном аграрном университете по адресу: 346493, п. Персиановский Октябрьского (с) района Ростовской области, Донской госагроуниверситет, тел., факс: (86360)-3-61-50.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Донского государственного аграрного университета.

Автореферат разослан « 7 » июня 2006 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Фетюхин И.В.

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Техногенное загрязнение окружающей среды, оказывающее негативное влияние на количественные и качественные показатели сельскохозяйственной продукции, приобретает глобальный характер и ставит человечество на грань экологической катастрофы.

Особенно актуальна эта проблема для орошаемых земель, так как без проведения профилактических мероприятий, направленных на снижение выщелачивания кальция и обогащение почв органикой, плодородие снижается, загрязненность прогрессирует (Скуратов Н.С. и др., 2001, Добровольский Г.В. и др., 2002). В некоторых почвах отмечены увеличение хрома в 2 раза, свинца - в 1,8 раза, меди, ванадия и никеля - в 1,4, цинка - в 1,2 раза.

Несмотря на проводимые исследования, многие вопросы по разработке способов инактивации тяжелых металлов (ТМ) изучены недостаточно, некоторые из них для орошаемых почв неприемлемы (внесение извести или дополнительное подщелачивание почв), что и определяет актуальность настоящей работы, направленной на разработку приемов санации почв, технологически эффективных, экономически рентабельных и экологически безопасных.

**Цели и задачи исследований.** Цель работы - выявить и оценить загрязнение тяжелыми металлами черноземов при орошении, установить зависимости содержания тяжелых металлов от их свойств и разработать экологически обоснованные способы инактивации тяжелых металлов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить наличие тяжелых металлов в черноземах обыкновенных, типичных, выщелоченных в условиях орошения и выявить зависимости между содержанием подвижных форм тяжелых металлов и свойствами почв;
- выявить оптимальные компоненты для приготовления мелиорантов и органо-минеральных компостов, определить их поглонительную способность по отношению к тяжелым металлам и их влияние на химические, физико-

химические, физические и агрохимические свойства чернозема обыкновенного террасового орошаемого в лабораторном и полевом опытах;

- установить действие и последствие приемов инактивации ТМ на урожайность сельскохозяйственных культур;

- оценить экономическую целесообразность проведения приемов инактивации ТМ в орошаемых почвах.

**Научная новизна работы.** Впервые установлены зависимости между содержанием ТМ и свойствами орошаемых почв, созданы и изучены органо – минеральные компосты, улучшающие их свойства и снижающие содержание подвижных форм ТМ после мелиорации, что способствует увеличению продуктивности орошаемых массивов и получению экологически чистой продукции.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- зависимости между содержанием ТМ и свойствами орошаемых почв;

- оптимальные соотношения компонентов, используемых в качестве инактиваторов ТМ и улучшающих свойства орошаемых почв;

- влияние мелиорантов и компостов на изменение содержания ТМ, физико-химических, физических и агрохимических свойств чернозема обыкновенного террасового орошаемого;

- влияние приемов инактивации ТМ на урожайность сельскохозяйственных культур;

- экономическая эффективность приемов инактивации ТМ в орошаемых почвах.

**Практическая значимость** работы заключается в разработке предложения производству приемов снижения негативного воздействия ТМ на почву, обеспечивающих улучшение их физических и химических свойств и повышение урожайности сельскохозяйственных культур при окупаемости затрат.

**Апробация работы.** Результаты исследований доложены и одобрены на научно-практических конференциях, проводимых в 2003 – 2005 гг. в ФГНУ

«РосНИИПМ» и ФГОУ ВПО «НГМА».

Предлагаемые приемы инактивации ТМ внедрены в ЗАО «Нива» Веселовского района Ростовской области.

**Публикации работ.** Основные положения диссертации опубликованы в шести печатных работах.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов и предложений производству. Работа изложена на 151 странице компьютерного текста, содержит 30 таблиц, 21 рисунок, 6 приложений. Список использованной литературы включает 191 источник, в том числе 19 иностранных авторов.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводили в СКВО «Батайское» Аксайского района Ростовской области, лабораторные – в экологоаналитической лаборатории ФГНУ «РосНИИПМ» в 2003 – 2005 гг.

Почвы на опытных участках представлены черноземами обыкновенными террасовыми. Характеризуются как среднещелочные с поверхности, в глубоких горизонтах - как сильнощелочные. Наличие щелочности по профилю почвы способствует присутствию натрия от 10 % от суммы в почвенно-поглощающем комплексе. Содержание гумуса - 3,84 %. Кальций составляет 65-70 % от ППК.

Плотность сложения почвы находится в пределах 1,2-1,3 т / м<sup>3</sup>. Пористость удовлетворительная в поверхностном горизонте и неудовлетворительная глубже 20 см. Количество агрегатов 0,25-10 мм при мокром просеивании в слое 0 – 20 см - 54 %. Коэффициент дисперсности выше 12. Содержание Cu, Ni, Pb, Cd и Zn в почве экспериментального участка в среднем выше фонового уровня, но ниже ПДК.

Образцы почв отобраны по слоям 0-20 и 0-40 см.

В качестве компонентов для компостов были выбраны птичий помет, глауконит и фосфогипс, которые перемешивались в соотношении, согласно схемам опытов и компостировались при влажности 65-70 % НВ и температуре 20-30°C. Срок компостирования 3 месяца (табл. 1).

Оптимальные соотношения птичьего помета и инактиваторов изучали в опыте 4.

Таблица 1

Схема лабораторных опытов по изучению оптимальных соотношений компостов

Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Птичий помет – фосфогипс	Птичий помет – глауконит	Птичий помет – фосфогипс - глауконит
0 : 1	0 : 1	1 : 1 : 1
1 : 0	1 : 0	1 : 0,5 : 1
1 : 1	1 : 1	2 : 0,5 : 1
2 : 1	2 : 1	3 : 0,5 : 1
3 : 1	3 : 1	-
1 : 2	1 : 2	-

Схема лабораторного опыта 4:

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 1. Контроль;                    | 6. Компост (Пп+Ф 1:2) – 15 т/га          |
| 2. Птичий помет – 16 т/га       | 7. Компост (Пп+Гл. 1:1) – 25 т/га        |
| 3. Фосфогипс – 10 т/га          | 8. Компост (Пп+Гл. 1:2) – 18 т/га        |
| 4. Глауконит – 13 т/га          | 9. Компост (Пп+Ф+Гл. 1:1:1) – 17 т/га    |
| 5. Компост (Пп+Ф 1:1) – 19 т/га | 10. Компост (Пп+Ф+Гл. 2:0,5:1) – 25 т/га |

Изучали действие разных концентраций ТМ в почве: I, II, III ПДК, исходя из официально принятых значений. Образцы почвы для анализов отбирались через 5, 90, 180 дней.

Для установления влияния мелиорантов в чистом виде и компостов с наиболее благоприятными соотношениями по мелиорирующей, удобритель-

ным основам на свойства почвы и содержание ТМ заложен опыт 5.

При проведении полевых экспериментов в СКВО «Батайское» (2003-2005 гг.) специального загрязнения почв не производили. Изучали те же металлы, что и в модельных опытах, но в более низких концентрациях.

Схема полевого опыта:

- |                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 1. Контроль               | 5. Компост (Пп+Ф 1:1) – 19 т/га       |
| 2. Птичий помет – 16 т/га | 6. Компост (Пп+Гл. 1:1) – 25 т/га     |
| 3. Фосфогипс – 10 т/га    | 7. Компост (Пп+Ф+Гл. 1:1:1) – 17 т/га |
| 4. Глауконит - 13 т/га    |                                       |

Дозы мелиорантов рассчитывали на полное вытеснение натрия из ПНК и замещение его на кальций (Скуратов Н.С., 2000). Исследования проводились в трехкратной повторности с использованием общепринятых методик: состав водной вытяжки (Аринушкина Е.В., 1970); состав обменных оснований: Са и Mg по Иванову; Na по Гедройцу (Агрохимические методы исследования почв, 1975); общее содержание гумуса по Тюрину в модификации Никитина (Никитин Б.А., 1983); подвижный  $P_2O_5$  и обменный  $K_2O$  по методу Мачигина (ГОСТ 26205 – 91); нитраты (ГОСТ 26951 – 86); гранулометрический и микроагрегатный составы по Качинскому (Качинский Н.А., 1965); водопрочность (Лабораторные исследования почв, 1983); содержание валовых форм тяжелых металлов по ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.36 (2002); подвижные формы соединений цинка, меди, свинца, кадмия и никеля в почве и растениях (Практикум по агрохимии, 2001), отбор проб почвы по ГОСТ 28168 – 89. Обработка полученных результатов проводилась путем дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову (1979) с применением ПЭВМ.

Орошение в полевых опытах для поддержания влажности на оптимальном уровне (75 – 80 % НВ) осуществляли дождевальная машиной ДДА – 100 МА. Оросительная норма составила по годам соответственно: 2200, 1640 и  $3060\text{ м}^3 / \text{га}$ . Климат за вегетационный период 2003 г. характеризовался как засушливый, 2004 - влажный, 2005 - засушливый.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ  
В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Определено, что количество валовых и подвижных форм ТМ в различных подтипах черноземов в основном было выше фонового, но ниже ПДК. Более всего их имелось в слое 0-20 см чернозема выщелоченного: 225 мг/кг валовых, 14,7 подвижных, минимальное - в черноземе типичном – соответственно 118 и 2,8 мг/кг.

Между количеством подвижных форм ТМ и содержанием гумуса, обменным и водорастворимым кальцием, почвенно-поглощающим комплексом в различных подтипах черноземов установлена корреляционная связь (рис.1).

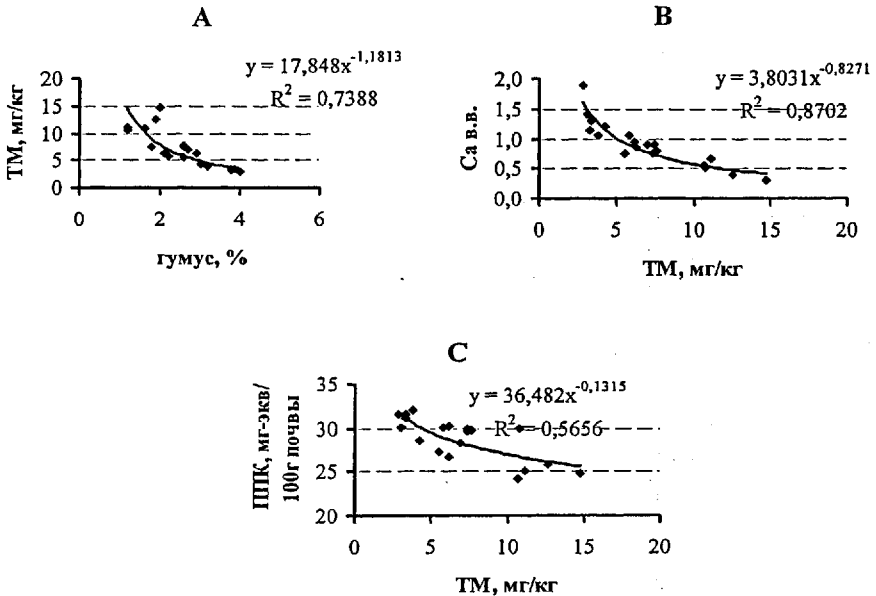


Рис. 1. Зависимость содержания подвижных форм ТМ в слое почвы 0-40 см от гумуса (А), кальция в почвенном растворе (В) и ППК (С).

Самый высокий коэффициент детерминации – между Zn и Са в.в. ( $R^2 = 0,85$ ), Pb и Са в.в. ( $R^2 = 0,59$ ), средний – Са в.в. и Cu, Ni, Cd ( $R^2 = 0,32 - 0,41$ ).



Установлена тесная корреляционная связь между содержанием ТМ и обменным кальцием.

#### **4. ПРИЕМЫ ИНАКТИВАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ПРИ ОРОШЕНИИ**

##### **4.1 Характеристика компонентов и органо-минеральных компостов с различным их соотношением**

Оценка компостов для определения оптимальных соотношений мелиорантов и органических веществ - птичьего помета, фосфогипса, глауконитов проведена по мелиорирующей основе (в пересчете на чистый гипс), затем - питательной основе за счет птичьего помета с содержанием органического вещества не менее 40 %. Обязательным условием для компостов являлась экологическая чистота, то есть содержание в них тяжелых металлов не превышало ПДК.

После такой оценки для закладки лабораторных опытов, выбраны варианты с оптимальными соотношениями: птичий помет (Пп) + фосфогипс (Ф) 1:1 с мелиорирующей основой 49 %; Пп + Ф 1:2 – 67 %; Пп + Гл. (глауконит) 1:1 – 38 %; Пп + Гл. 1:2 – 51 %; Пп + Ф + Гл. 1:1:1 – 57 %; Пп + Ф + Гл. 2:0,5:1–37 %.

##### **4.2 Поглощительная способность глауконитов, фосфогипса и компостов, приготовленных на основе птичьего помета по отношению к тяжелым металлам**

При проведении модельного опыта с загрязнением почвы до I, II, III ПДК ТМ (Zn, Ni, Cu, Pb, Cd) установлено, что наибольшее поглощение тяжелых металлов наблюдалось через 180 дней. При загрязнении почвы до уровня I ПДК концентрация Zn по всем вариантам уменьшилась на 17 - 69 %, Ni - 33 - 65, Pb – 28 -69, Cu – 20 - 50, Cd до 17 %; до уровня II ПДК – на 16 - 71 %, 28 – 64, 25 - 65, 17 - 46, до 16 % соответственно. Практически такое же снижение концентрации оказалась и при III ПДК. Наиболее результативное снижение содержания ТМ при внесении Пп + Ф + Гл, Пп + Ф и Пп + Гл. в соотношении их

1:1:1 и 1:1. Моделирование техногенного загрязнения почвы показало высокую эффективность применения выбранных компостов, способствующих очистке и детоксикации почв от тяжелых металлов.

#### **4.3 Влияние различных мелиорантов и органо – минеральных компостов на свойства чернозема обыкновенного орошаемого**

В почвах после промывки, необходимой для удаления продуктов химических реакций при мелиорации, на контроле рН суспензии составила 8,2, щелочность - 1,9 мг-экв/100 г, что характеризует почву как сильнощелочную.

Промелиорированные фосфогипсодержащими компостами почвы стали слабощелочными, глауконитосодержащими – среднещелочными. На всех вариантах опыта, кроме контроля и варианта с птичьим пометом, содержание поглощенного натрия снизилось в 1,5-3 раза, и почвы стали песолонцеватыми.

Содержание нитратов в исходных образцах составляло от 6,2 до 10,0 мг/кг почвы, то есть обеспеченность чернозема этим элементом была от низкой до средней.

Обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием – повышенная. После 3-х месячного использования чернозема и осуществления промывки: на контроле и варианте с одним компонентом содержание нитратов соответствовало среднему уровню обеспеченности, на вариантах с компостами, кроме Пп + Гл. (1:2), – высокому, видимо, за счет улучшения аэрации и развития микробиологической деятельности.

Количество подвижного фосфора возросло на вариантах с фосфогипсом в 1,5 и более раза, и даже после промывок оно осталось высоким. Увеличение обменного калия отмечено на вариантах с глауконитовыми песками, так как они обогащены калийными минералами. Фосфогипсодержащие компосты по мелиорирующей и удобрительной основам более активны, чем глауконитосодержащие.

После проведения лабораторного эксперимента с почвой и анализа его результатов для закладки полевого опыта предпочли компосты: Пп + Ф; Пп + Гл. и Пп + Ф + Гл. с соотношениями 1:1 и 1:1:1 как наиболее эффективные по своим свойствам.

#### 4.4 Влияние различных мелиорантов и органо-минеральных компостов на свойства орошаемых почв и поведение тяжелых металлов

##### 4.4.1 Изменение химических, физико-химических свойств почвы

Содержание водорастворимых солей в слое 0-40 см чернозема в течение трех лет проведения опыта на контроле практически не изменилось и оставалось на уровне предельно-допустимых параметров. Фосфогипс и фосфогипсодержащие компосты содействовали снижению содержания водорастворимых солей уже с первого года их последействия. На контроле и вариантах с Пп и Гл. щелочность в течение трех лет выше ПДП. Трехкомпонентный компост Пп + Ф + Гл. по снижению этого показателя занимал среднее положение между вариантами Ф и Пп + Гл. К третьему году последействия наилучшими вариантами по снижению щелочности являлись Пп + Ф, Ф и Пп + Ф + Гл.

Аналогичная картина наблюдалась и с показателями рН водной суспензии: на контроле и на вариантах с Пп реакция почвенной среды в течение трех лет оставалась выше 8 единиц. Улучшение состава ППК более всего происходило при внесении Пп + Ф, Пп + Ф + Гл. и Ф.

На этих вариантах содержание поглощенного натрия к третьему году последействия было оптимальным. На варианте с Гл. и глауконитосодержащим компостом они остались на границе ОП и ПДП, на варианте с Пп и на контроле - выше ПДП (рис.2). С уменьшением обменного Na и Mg ППК обогащался кальцием и на лучших вариантах к третьему году последействия соответствовал оптимальным параметрам. Птичий помет не содействовал улучшению физико-химических свойств деградированного чернозема.

По скорости воздействия на физико-химические свойства фосфогипс и фосфогипсодержащие компосты можно отнести к быстродействующим средствам, глауконит и компост, приготовленный из Пп + Гл. - медленнодействующим.

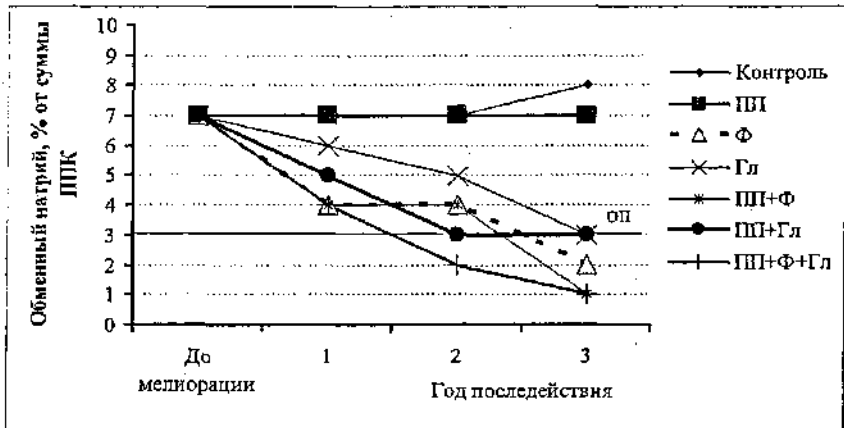


Рис. 2. Динамика изменения Na в мелиорируемом черноземе обыкновенном

#### 4.4.2 Изменение физических свойств почвы

В исходном состоянии (до мелиорации) черноземы были уплотнены в 0-20 см слое и сильно уплотнены в слое 20-40 см. В 0-40 см слое плотность почвы составляла  $1,26 \text{ т/м}^3$ . Порозность в слое почвы 0-20 см относилась к категории удовлетворительной, глубже – к неудовлетворительной.

Птичий помет на третий год последействия способствовал некоторому разуплотнению почв. В 0-20 см слое плотность почвы на этом варианте составляла  $1,19 \text{ т/м}^3$ , в то время как на контроле после трех лет освоения и до мелиорации эти показатели равнялись соответственно 1,23 и 1,21. Слой почвы 20-40 см продолжал оставаться сильноуплотненным. На этом варианте не намечалось улучшение структурного состояния и усиление водопрочности агрегатов. Видимо, птичий помет, имея реакцию ближе к щелочной, не способствовал агрегации почвенной массы и образованию агрегатов, а незначительное разуплотнение объясняется разбавлением почвы органикой.

Внесение фосфогипса обеспечивало подкисление почвенного раствора, в

результате чего происходила коагуляция мелких частиц в более крупные и образование структуры. Плотность почв уменьшилась по сравнению с контролем на 11, порозность – на 57%, коэффициент дисперсности составил 8 единиц. Аналогичные результаты получены и на вариантах с фосфогипсосодержащими компостами.

Глаукониты с нейтральной реакцией обладали более слабой активностью и их действие нарастало с каждым годом. На третий год последствия глауконита и птичьего помета с глауконитом физические показатели имели только тенденцию к оптимизации.

Фосфогипсосодержащие компосты в большей степени способствовали оптимизации физических свойств деградированного чернозема. Глауконитосодержащие компосты, как более медленнодействующие мелиоранты, разуплотнили почву, улучшили аэрацию и структуру почв к третьему году последствия, но в меньшей степени, чем фосфогипсосодержащие компосты.

#### 4.4.3 Изменение агрохимических свойств почвы

При возделывании культур в условиях орошения после трех лет последствия приемов инактивации ТМ выявлено, что на вариантах с птичьим пометом и с компостами, приготовленными на его основе, наблюдались наименьшие потери гумуса, самые высокие и значительные - на варианте с внесением фосфогипса.

В черноземе обыкновенном террасовом после трех лет воздействия органо-минеральных компостов установлена корреляционная зависимость между общим гумусом и ТМ. Коэффициент детерминации находится в пределах  $R^2 = 0,83$ .

В исходной почве обеспеченность нитратами была средней. В результате внесения мелиорантов и компостов, а также возделывания люцерны содержание нитратов в третий год последствия было на вариантах с фосфогипсосодержащими компостами в слое 0-20 см очень высоким, в слое 20-40 см - высоким, с фосфогипсом - высоким и повышенным соответственно, на остальных вариантах -соответственно- повышенным и средним. На контроле ос-

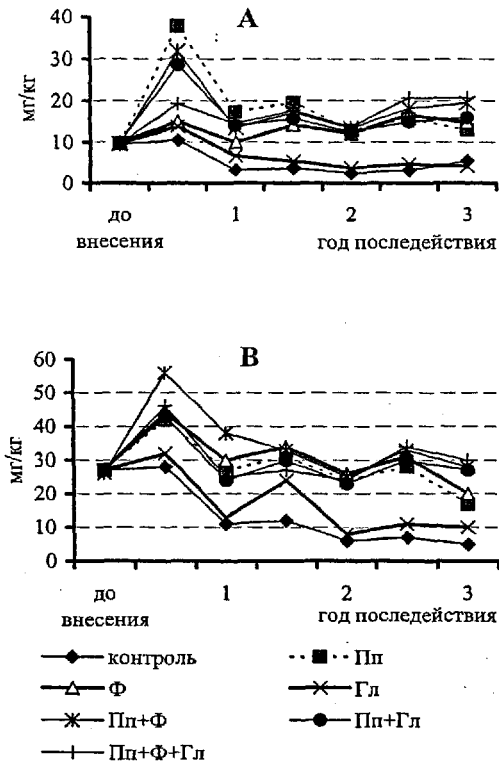


Рис. 3. Динамика содержания нитратов (А) и подвижного фосфора (В) в слое 0-40 см в мелиорируемом черноземе

После внесения глауконита, птичьего помета и компостов его содержание еще более возросло, фосфогипса — не изменилось. К концу третьего года наблюдений содержание калия увеличилось по всем вариантам.

Внесение мелиорантов и питательных элементов в виде компостов, выращивание культур, сохраняющих плодородие земель, сохраняло и даже увеличивало содержание элементов питания орошаемых черноземов обыкновенных без внесения минеральных удобрений, исключая дополнительное загрязнение ТМ.

тался средний фон обеспеченности почв этим элементом в слое 0-20 см и низкий в слое 20-40 см (рис.3).

До мелиорации содержание подвижного фосфора в черноземах соответствовало средней обеспеченности. К концу третьего года последствия на варианте Пп + Ф + Гл. оно соответствовало повышенной степени обеспеченности, а на других — средней; на контроле — снизилось от среднего до очень низкого уровня.

Черноземы обыкновенные до проведения агро-мелиоративных приемов обладали в слое 0-20 см повышенной обеспеченностью обменным калием.

#### 4.4.4 Влияние мелиорантов и органико-минеральных компостов на содержание тяжелых металлов в почве

Результаты определения содержания подвижных форм свинца, цинка, кадмия, меди и никеля, а также суммы ТМ, свидетельствуют, что в первый год последействия  $\Sigma$  ТМ на варианте Пп + Ф + Гл. составила 3,06 мг/кг, Пп + Ф – 3,16 мг/кг, Пп + Гл. – 4,45 мг/кг, на контроле – 7,83 мг/кг (табл. 2).

Таблица 2

Влияние инактиваторов на содержание подвижных форм тяжелых металлов в слое 0-40 см мелиорируемой почвы, мг/кг (СКВО «Батайское»)

Вариант	Cu	Ni	Pb	Cd	Zn	$\Sigma$ ТМ
До мелиорации						
Контроль	0,56	0,61	1,86	0,16	4,48	7,67
3 год последействия						
Контроль	0,38	0,47	1,54	0,14	4,80	7,33
Пп	0,23	0,29	1,08	0,10	2,80	4,50
Ф	0,18	0,23	0,93	0,09	0,71	2,14
Гл.	0,17	0,19	0,90	0,09	1,71	3,06
Пп + Ф	0,21	0,25	0,94	0,10	1,26	2,42
Пп + Гл.	0,12	0,13	0,51	0,05	1,12	1,93
Пп + Ф + Гл.	0,15	0,15	0,54	0,06	0,88	1,80

В последующие годы на вариантах с фосфогипсосодержащими компостами количество ТМ уменьшалось незначительно, поскольку они инактивировали большую их часть в первый год последействия.

Изменение каждого металла в отдельности по годам на вариантах опыта аналогично изменению  $\Sigma$  ТМ. Содержания меди, никеля, кадмия, свинца и цинка снижалось на всех вариантах, но более значительно на вариантах с компостами. На варианте с применением Гл. в первый год проведения опыта отмечена меньшая степень поглощения металлов по сравнению с Ф: Cu - 28,0%, Ni - 26,0, Pb - 21,5, Zn - 35,0%. Концентрация Cd в почве не изменилась.

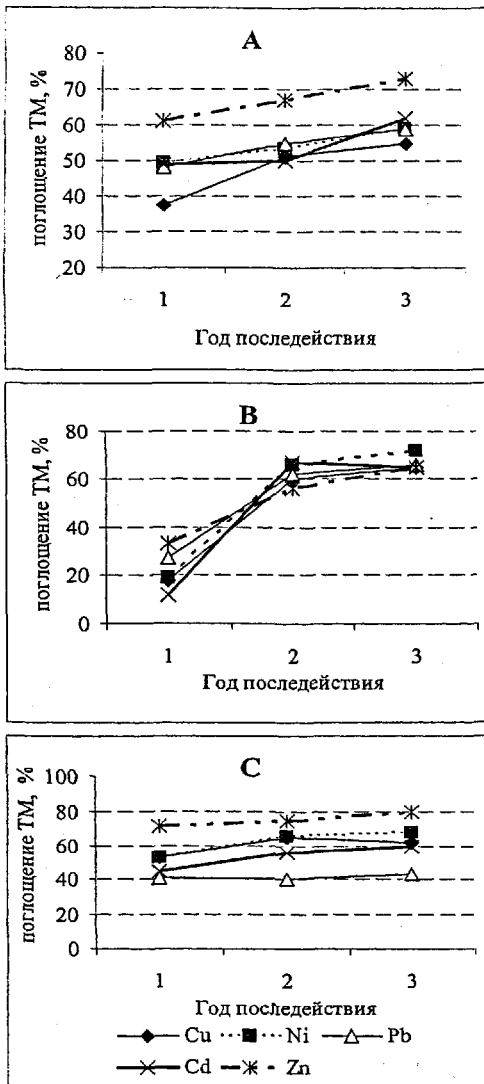


Рис. 4. Динамика воздействия Пп + Ф (А), Пп + Гл. (В) и Пп + Ф + Гл. (С) на содержание подвижных форм ТМ в слое 0 - 40 см мелиорируемого чернозема

Поглотительная способность компоста Пп + Ф в соотношении 1:1 (19 т/га) оказалась высокой. Содержание ТМ уменьшилось на 34,0-60 % (Cu - Zn), (рис. 4).

На второй год последствие Гл. в сравнении с первым поглощение проявилось на всех металлах, уровень его колебался от 24,0-55,0 %. Достаточно высокие результаты получены на третий год исследований: от 30,5 - 72,0%.

После трех лет наблюдений отмечено стабильное действие компоста на поглощение ТМ и перевод их в менее доступные формы для растений. Концентрация ТМ снизилась на 55,0-72,0 %.

Применение Пп привело к снижению концентрации ТМ на 18,0-42,0%; Ф - на 31,0-77,0%.

В результате внесения Пп + Гл. (25 т/га) содержание металлов уменьшилось от 17,0 до 69,0%.

Наиболее эффективным оказался вариант с внесением Пп + Ф + Гл. в соотношении 1:1:1. За годы последствия поглоще-



ние было: Zn – 82,0 %, Cu – 62,0, Ni – 68,5, Pb – 55,0 и Cd – 60,0 %.

Инактивирующая способность предлагаемых компостов разная во времени. Действие птичьего помета выросло к третьему году, поглотительная способность фосфогипса активнее проявлялась в первый год, глауконита - во второй и третий год наблюдений значительно больше, чем в первый год. На варианте внесения птичьего помета и глауконита концентрация металлов снизилась, но менее, чем на варианте с фосфогипсом и птичьим пометом в первый год опыта.

Активность фосфогипса вначале и глауконита в конце опыта стабилизировало последствие компостов. Совместное внесение трех компонентов показало наибольшее поглощение ТМ - от 49,0 до 82,0%, в том числе Ni и Zn – до 69,0 и 82,0% соответственно.

#### **4.5 Влияние приемов инактивации на содержание тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах**

На опытном участке за период наблюдений превышений ПДК ТМ в сельскохозяйственных культурах (картофеле, озимой пшенице и люцерне) не выявлено. Применяемые компосты способствовали переводу соединений ТМ в почву в малодоступные для растений формы и тем самым снижали загрязнение сельскохозяйственной продукции.

### **5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОСТОВ ПРИ ИНАКТИВАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ ТЕРРАСОВЫХ**

Урожайность возделываемых культур на мелиорируемых черноземах изменялась в зависимости от изменения свойств почв (табл. 3).

В первый год их последствия урожайность картофеля на варианте с глауконитом по сравнению с контролем возросла всего на 18, на варианте с компостом Пп+Гл. - на 23%.

На второй год последствия такой компост усиливал свое мелиорирую-

щее воздействие на почвы и увеличивал урожайности озимой пшеницы на 34 %. Несмотря на то, что в третий год последствий выращивания люцерны первого года пользования, нарастание массы которой в этот год слабое, прибавка урожайности на варианте Пп + Гл. составила 31 %, на варианте с компостом из Пп + Ф - 35, из Пп + Ф + Гл. - 37%.

Таблица 3

Урожайность сельскохозяйственных культур при мелиорации черноземов обыкновенных компостами, т/га (СКВО «Батайское»)

Вариант	Картофель, клубни 2003 г.		Озимая пшеница, зерно 2004 г.		Люцерна на сено, 2005 г.		Урожайность в среднем за три года т корм. ед./га
	А	В	А	В	А	В	
Контроль	26,9	-	2,35	-	5,1	-	4,46
Пп	32,0	5,1	2,77	0,42	6,1	1,0	5,30
Ф	34,4	7,5	3,03	0,68	6,7	1,6	5,73
Гл	31,7	4,8	2,90	0,56	6,5	1,4	5,38
Пп+Ф	38,5	11,6	3,38	1,03	6,9	1,8	6,32
Пп+Гл	33,0	6,1	3,17	0,79	6,7	1,6	5,65
Пп+Ф+Гл	37,7	10,8	3,37	1,02	7,0	1,9	6,25
НСР <sub>0,5</sub>	1,95		0,20		0,19		

Примечание: А – урожайность, В – прибавка.

Птичий помет пополнял запасы органического вещества и питательных элементов, но практически не улучшал физико-химические и физические свойства чернозема, поэтому прибавки урожайности возделываемых культур были ниже ( $\approx 19\%$ ), чем на других вариантах.

В последующие годы эффект мелиорации на этих вариантах возрастал, прибавки урожая стабилизировались: 29 % - от фосфогипса в чистом виде, 44-35 – на варианте Пп + Ф и 43-37 % - на варианте Пп + Ф + Гл.

В среднем за три года наибольшие и практически одинаковые прибавки урожайности получены на вариантах с компостами: Пп + Ф - 41 и Пп + Ф + Гл. - 40%, на остальных вариантах они составили: Пп - 19, Ф - 29, Гл. - 23, Пп + Гл. - 29%.

Экономическая эффективность мелиорации представлена в табл. 4.

Экономическая эффективность химической мелиорации  
черноземов обыкновенных террасовых

Варианты	До- за, т/га	Затраты на мелиора- цию, руб/га	Стоимость допол- нительной продук- ции, руб/га	Экономичес- кий эффект, руб/га	Окупае- мость затрат, годы
Пп	16	1221	2520	2430	0,5
Ф	10	7581	3843	2706	2,8
Гл	13	2968	2792	2343	1,3
Пп+Ф	19	7782	5588	4421	1,8
Пп+Гл	25	3484	3584	3061	1,1
Пп+Ф+Гл	17	6028	5385	4481	1,3

В среднем за три года наибольший экономический эффект получен на вариантах Пп + Ф + Гл. - 4481 руб / га, Пп + Ф - 4421, Пп + Гл. - 3061 руб/га. Окупаемость капитальных затрат на этих вариантах соответственно 1,3; 1,8; 1,1 лет.

### ВЫВОДЫ

1. Загрязнение черноземов орошаемых валовыми формами Cu, Ni, Pb, Cd, Zn оказалось выше фонового уровня, но ниже ПДК. Подвижными формами ТМ более загрязнены черноземы выщелоченные, в других черноземах выше фонового уровня содержится Pb и Cd. Установлены зависимости между количеством ТМ и содержанием гумуса, емкости ППК, Са в ППК и почвенном растворе.

2. Чернозем обыкновенный террасовый характеризовался солонцеватостью, щелочностью, низким содержанием Са в ППК и водной вытяжке, низким содержанием гумуса.

3. На основании лабораторных опытов установлена возможность снижения ТМ в черноземах обыкновенных, деградированных в результате поливов слабominерализованной водой сульфатно-натриевого состава, фосфогипсом, глауконитом, птичьим пометом при оптимальном соотношении: Пп + Ф - 1:1; Пп + Гл. - 1:1; Пп + Ф + Гл. - 1:1:1.

4. К третьему году последствия наибольший мелиорирующий и удобрительный эффект был получен на вариантах с компостами Пп + Ф, Пп + Гл., Пп + Ф + Гл: в слое почвы 0 - 20 см в сравнении с контролем нормализовалась реакция среды, снизилась солонцеватость до уровня оптимальных параметров ( $< 3\%$  от ППК), плотность - на  $11\%$ , коэффициент дисперсности - в  $1,5$  раза, увеличилось содержание гумуса на  $0,07-0,08\%$ . Фосфогипсосодержащие компосты оптимизировали физико-химические свойства деградированного чернозема уже с первого года последствия, глауконитосодержащие, как более медленнодействующие, снизили щелочность и солонцеватость только к третьему году.

5. Содержание Cu, Ni, Pb, Cd, Zn в черноземах обыкновенных террасовых, на контроле без мелиорации практически не изменилось. Поглотительная способность инaktivаторов по отношению к ТМ разная: компост из Пп + Ф поглотил в первый год в слое почвы 0-20 см от  $37,5\%$  (Cu) до  $61,4\%$  (Zn), в последующие годы -  $3-8\%$ . Компосты из Пп + Гл. в первый год поглотили ТМ  $19-33\%$ , во второй -  $56-64$ , в третий год -  $65-68\%$ . Совместное внесение трех компонентов показало наибольшее поглощение ТМ: в первый год - от  $50,8$  до  $70\%$  во второй год -  $49,7-75$ , в третий год -  $52-84\%$ . Растениеводческая продукция, получаемая с этих участков, экологически чистая.

6. Наибольшие прибавки урожайности клубней картофеля, зерна озимой пшеницы и сена лоперны сформированы на вариантах Пп + Ф и Пп + Ф + Гл, превышающими контроль без мелиорантов на -  $41$  и  $40\%$ . Одинаковые и меньшие прибавки урожая получены на вариантах с Ф и Пп + Гл. ( $29\%$ ).

7. Наибольший экономический эффект за первый год последствия мелиорантов и органико-минеральных компостов достигнут на варианте Пп + Ф + Гл. ( $17$  т/га) -  $8816$  руб/га, на варианте Пп + Ф ( $19$  т/га) -  $10440$  руб/га; за второй -  $2737$  и  $2510$  руб/га соответственно. На третий год наибольший годовой эффект отмечен на варианте Пп + Ф + Гл. ( $17$  т/га) -  $1889$  руб/га. Срок окупаемости затрат по этим вариантам -  $1,3-1,8$  лет.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для снижения негативного воздействия тяжелых металлов на черноземы обыкновенные террасовые, улучшения их мелиоративного состояния, почвенного плодородия и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур рекомендуется внесение компостов, приготовленных на основе птичьего помета, фосфогипса и глауконита (Пп + Ф - 1:1 (19 т/га), Пп + Гл. - 1:1 (25 т/га), Пп + Ф + Гл. - 1:1:1 (17 т/га).

### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Юркова Р.Е., Гарин С.Л., Шалашова О.Ю. Очищающие, удобрительные и мелиорирующие компосты // Мелиорация антропогенных ландшафтов: Межвуз сб. науч. тр. - Т. 22: Проблемы природопользования и обеспечения экологической безопасности / ФГОУ ВПО «НГМА»-Новочеркасск.-2004. -С. 58 – 68.
2. Юркова Р.Е. К методам научных исследований по выявлению загрязнения почв тяжелыми металлами в условиях орошения // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: Сб. науч. тр. ФГНУ «РосНИИПМ» – Новочеркасск, 2004. – С.125 – 128.
3. Юркова Р.Е. Приемы инактивации вредного воздействия тяжелых металлов на почвы // Мелиорация и водное хозяйство: Материалы науч.-практ. конф. «Рациональное использование орошаемых ландшафтов на юге России» (Шумаковские чтения), г. Новочеркасск, 20-22 окт. 2004 г. – Вып. 3/ФГОУ ВПО НГМА. – Новочеркасск: ООО НПО «Темп», 2005. – С. 167-170.
4. Юркова Р.Е., Новиков А.А. Характер токсичного действия тяжелых металлов на почву // Совершенствование технологий и техники орошения в современных условиях: Сб. науч. тр. ФГНУ «РосНИИПМ» – Новочеркасск: 2005. – С.256-263.
5. Юркова Р.Е. Влияние органо-минеральных компостов на содержание тяжелых металлов в почвах // Совершенствование технологий и техники оро-

шения в современных условиях: Сб. науч. тр. ФГНУ «РосНИИПМ» - Новочеркасск: 2005. – С.267-272.

6. Юркова Р.Е., Гутриц Л.С., Антоненко Е.М. Актуальность оценки агрохимического состояния почв и тепличных грунтов//Совершенствование технологий и техники орошения в современных условиях: Сб. науч. тр. ФГНУ «РосНИИПМ» – Новочеркасск: 2005. – С. 263-267.



