

На правах рукописи

ДАШКИН САЛАВАТ МУРАТОВИЧ

ПОЛУЧЕНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ИЗ
ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ПРИРОДНЫХ АГРОРУД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ
ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ В ЗАУРАЛЬСКОЙ СТЕПНОЙ ЗОНЕ

03.00.16 – Экология

06.01.03 – Агрочвоведение, агрофизика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Уфа – 2009

Работа выполнена в Учреждении РАН
«Институт биологии Уфимского научного центра РАН»

- Научные руководители:** доктор биологических наук, профессор
Габбасова И.М.
кандидат сельскохозяйственных наук, в.н.с.
Сулейманов Р.Р.
- Официальные оппоненты:** доктор биологических наук, профессор
Суюндуков Я.Т.
доктор биологических наук, профессор
Середа Н.А.
- Ведущая организация:** ГОУ ВПО Оренбургский государственный
университет

Защита состоится «___» _____ 2009 г в «___» ч. на заседании диссертационного совета ДМ 002.136.01 при Учреждении РАН «Институт биологии Уфимского научного центра РАН» по адресу: 450054, г. Уфа, пр. Октября, 69; тел: (347)2355362; e-mail: ib@anrb.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского научного центра Российской Академии Наук и на официальном сайте www.anrb.ru/inbio/dissovet

Автореферат разослан «___» _____ 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Р.В. Уразгильдин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В современных условиях, когда возрастающее антропогенное воздействие приводит к усилению деградации почв, большое значение приобретает поиск наиболее экономичных и экологически приемлемых способов повышения или восстановления их плодородия. В условиях ограниченной возможности использования органических и минеральных удобрений в качестве альтернативных органо-минеральных удобрений целесообразно использование природных агрономических руд и возобновляемых растительных ресурсов. Такой подход способствует развитию экологически ориентированной организации сельскохозяйственного производства.

Как известно, мелководья водохранилищ, как и природных озер, подвергаются зарастанию специфической растительностью (рогоз, камыш, осоки т.д.), поэтому для сохранения водных ресурсов необходима систематическая очистка водоемов. Образующиеся при этом отходы, состоящие из донных отложений, сапропеля, торфа и растений, захламляющих берега водоемов, можно рационально использовать для получения органо-минеральных удобрений.

В мировой практике распространено использование местных агроруд и возобновляемых растительных ресурсов для повышения плодородия почв, но в каждом конкретном случае такой прием применяется с учетом местных природно-климатических условий, особенностей отложений и растительности.

Цель и задачи исследований. Целью исследований явилось изучение технологии получения органо-минеральных удобрений из возобновляемого растительного сырья и использования природных агроруд для повышения плодородия засоленных почв в Зауральской степной зоне республики Башкортостан.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Оценить сырьевые ресурсы агрономических руд в регионе.
2. Определить оптимальные условия гумификации возобновляемого растительного сырья на примере сплавины для получения органо-минерального удобрения.
3. Изучить возможность использования природных агроруд, в том числе сапропеля, сплавины, цеолита, а также навоза и соломы для повышения плодородия чернозема южного глубокосолончаковато-солонцеватого.

Научная новизна. Впервые для региона изучены запасы и состав природных агрономических руд и показана эффективность использования сапропеля, сплавины, цеолита, песка и природных фосфоритов для улучшения комплекса свойств малопродуктивных почв. Показана возможность получения ценного органо-минерального удобрения из возобновляемого растительного сырья.

Практическая значимость работы. Проведенные исследования позволяют рекомендовать использовать природные агроруды для повышения плодородия почв, а донные отложения и сплавины, образующиеся при очистке водохранилищ и озер, а также относительно бедные фосфором природные фосфориты региона – для получения ценного органо-минерального удобрения.

Апробация работы и публикации. Основные положения и отдельные результаты диссертационной работы доложены и опубликованы в материалах:

Региональной научно-практической конференции почвоведов, агрохимиков и земледельцев Южного Урала и Среднего Поволжья «Почвы Южного Урала и Среднего Поволжья: экология и плодородие» (Уфа, 2005); Всероссийской научно-практической конференции «Перспективы агропромышленного производства регионов России в условиях реализации приоритетного национального проекта «Развитие АПК» (Уфа, 2006); Международного симпозиума «Агроэкологическая безопасность в условиях техногенеза» (Казань, 2006); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Интеграция аграрной науки и производства: состояние, проблемы и пути решения» (Уфа, 2008); на V Всероссийском съезде почвоведов им В.В. Докучаева (Ростов-на-Дону, 2008).

По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК МОН РФ.

Связь работы с научными программами. Исследования были поддержаны: Программой фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России: Фундаментальные основы рационального использования», по проекту «Использование природных органических агроруд для биологической мелиорации засоленных почв» (2006-2008 г.г.), а также ГНТП Академии Наук Республики Башкортостан «Научное обеспечение воспроизводства биологических ресурсов и развития агропромышленного комплекса Республики Башкортостан», по проекту «Разработка композиций органоминеральных удобрений и мелиорантов на основе местных агрономических руд и возобновляемого биологического сырья» (2007-2008 г.г.).

Личный вклад автора состоит в анализе литературных источников по теме исследования, участии в проведении полевого и лабораторных опытов, аналитических исследований по физическим и физико-химическим свойствам почв, описании результатов исследований.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 124 страницах машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследования, результатов исследования и их обсуждения, выводов. Список литературы включает 144 работы, в том числе 11 работ зарубежных авторов. Диссертация иллюстрирована 8 рисунками, 24 таблицами и 2 фотографиями.

Автор выражает глубокую признательность и благодарность сотрудникам лаборатории почвоведения и прикладной микробиологии Института биологии УНЦ РАН и научным руководителям за помощь и высококвалифицированные консультации.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований явились черноземы южные Зауральской степной зоны республики Башкортостан и природные агроруды. Экспериментальная работа выполнялась стационарно-полевыми, модельными и лабораторно-аналитическими методами, которые проводили общепринятыми методами (Методы ..., 1966; Аринушкина, 1970; Агрохимические..., 1975). Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сырьевые ресурсы агрономических руд республики Башкортостан.

Удобрительное значение природных агрономических руд достаточно известно, но их широкое применение зачастую ограничено удаленностью соответствующих месторождений, отсутствием техники по их добыче, транспортировке и внесению т.д. Особенная необходимость в использовании этого сырья возникает в районах распространения малопродуктивных и деградированных, в том числе засоленных и осолонцованных почв в Зауральской степи в условиях недостаточности органических и минеральных удобрений.

Для этого возможно использование природных агроруд и возобновляемого растительного сырья, обладающих удобрительными и мелиорирующими свойствами: торфа, сапропелей, фосфоритов (в т.ч. болотных руд), известняков, доломитов, гипса, некоторых видов углей, цеолитов, а также сплавины и других растительных остатков. Природные агрономические руды наряду с системными свойствами являются высоко экологичными и обладают генетическим сродством к почвам региона.

Сырьевые ресурсы в пределах Республики Башкортостан, их запасы и воздействие на физические и физико-химические свойства почв в зависимости от типа деградации представлены в таблице 1.

Заращение водоемов достаточно распространенное явление, особенно в степной зоне республики. Зачастую оно начинается с образования плавающих островов (**сплавины**). Субстрат этих островов является начальной стадией оторфовывания растительных остатков. В связи с тем, что эти плавающие острова могут привести к полному заращению озер и водохранилищ, а также нанести вред имеющимся гидротехническим сооружениям, целесообразно их извлечение из водоема и использование в сельском хозяйстве. Например, в Зауральской степи в озере Чебаркуль запасы сплавины составляют около 150 тыс. т, причем ежегодный прирост достигает 20 тыс. т. Растительность этих островов представлена в основном рогозом широколиственным (*Typha latifolia* L.), сабельником болотным (*Comarum palustre* L.) и вахтой трехлистной (*Menyanthes trifoliata* L.). Изучение агрохимических свойств этого материала проводилось в высушенных на воздухе, растертых и просеянных через сито $d=1$ мм образцах. Содержание органического вещества в среднем образце составило 50-60 % (Сорг.), содержание общего азота – 28020 мг/кг, щелочногидролизуемого азота – 1493 мг/кг или 5,3 % от общего, количество валового фосфора – 376,2 мг/100 г, подвижного (по Чирикову) 1,2 мг/100 г, рН водной суспензии – 6,72, солевой – 6,48.

Из приведенных данных видно, что субстрат плавающего острова богат органическим веществом, валовыми формами азота и фосфора, характеризуется нейтральной реакцией среды. Обеспеченность подвижным азотом очень высокая, а доступным фосфором – очень низкая. Очевидно, что компостирование измельченной сплавины, например, с жидкими животноводческими стоками и добавлением суперфосфата позволит получить ценное органо-минеральное удобрение.

Таблица 1. Использование природных агроруд для повышения и восстановления плодородия почв

Природное сырье	Действие на физические и физико-химические свойства почв	Эффективность применения в зависимости от типа деградации	Запасы* в Республике Башкортостан, млн. т
Торф	Увеличивается влагоемкость почв, скважность, емкость поглощения, повышается содержание гумуса, ослабляется кислотность	Физическая (эрозия), истощение, загрязнение, пиролиз	134,3
Фосфориты, в т.ч. болотные фосфаты (торфовиванит, виванит, виванитовый торф)	Увеличивается содержание фосфора. Увеличивается влагоемкость почв, емкость поглощения, содержание гумуса, азота, микроэлементов	Физическая (эрозия), истощение, загрязнение	5,5
Бурые угли	Увеличивается влагоемкость, емкость поглощения, адсорбционная способность	Загрязнение, засоление	257,5
Сапрпель	Повышается содержание гумуса, азота, фосфора, микроэлементов, адсорбционная способность, ослабляется кислотность	Физическая (эрозия), истощение, засоление	Нет данных
Цеолиты	Повышается влагоемкость, емкость поглощения, адсорбционная способность	Загрязнение, засоление, иссушение	Нет данных
Гипс	Замещается обменный натрий кальцием, ослабляется щелочность	Осолонцевание	84,1
Известняк	Нейтрализуется кислотность	Подкисление, истощение	59,5
*По материалам «Экономическая энциклопедия регионов России. Республика Башкортостан», М., 2004 и фондам «Башкиргеологии» и «Башмелиоводхоза»			

Для озер Башкортостана характерен процесс интенсивного образования **сапрпелей**. Сапрпель озера Чебаркуль в естественно-влажном состоянии представляет собой однородную студенистую массу почти черного цвета. Относится к классу детритовых сапрпелей, состоит в основном из органической массы. Содержание Сорг. составляет около 53%, общего азота – 18084 мг/кг, легкогидролизуемого азота – 5,9% от общего или 1064 мг/кг, общего фосфора - около 200 мг/100 г, подвижного – 5,0 мг/100 г. Содержание

свободных карбонатов менее 1%, реакция среды нейтральная (рНН₂O 6,9). Данный сапропель относится к категории наиболее ценных. Его можно использовать в качестве самостоятельного органо-минерального удобрения, ценность которого существенно увеличится при добавлении минерального фосфора.

Получение органо-минеральных удобрений из возобновляемого растительного сырья. Разработка технологии получения органо-минеральных удобрений проводилась методом моделирования. Целью первого опыта явилось выявление оптимальных условий гумификации сплавины (оз. Чебаркуль). Схема опыта представлена в таблице 2. Сплавина, сапропель и их смеси использовались в качестве субстрата, в который были внесены минеральные и органические удобрения. Исходный субстрат, увлажненный до полной влагоемкости был заложен в пластиковые сосуды емкостью 2 л. Опыт проводился при комнатной температуре. Влажность компостов поддерживалась регулярным добавлением воды. Аналитические исследования проводились через 1, 6, 9 и 12 месяцев. В вариантах с добавлением минеральных удобрений азот вносился в виде раствора мочевины с тем расчетом, чтобы сбалансировать соотношение С:N до оптимального (25:1). Фосфор был внесен в виде раствора однозамещенного фосфата калия, с помощью которого соотношение С:P было доведено до 120:1 – максимального в данном опыте содержания фосфора. Навоз вносился в количестве 10 % от веса субстрата.

Таблица 2. Схема модельного опыта № 1

№	Вариант	Состав	№	Вариант	Состав
1	Сплавина	Сплавина 100 г + 300 мл воды	9	Смесь I + NP	Смесь I + NP
2	Сапропель	Сапропель 150 г + 250 мл воды	10	Смесь II	Смесь II
3	Сплавина + N	Сплавина 100 г + N+ 300 мл воды	11	Смесь II + N	Смесь II + N
4	Сплавина + P	Сплавина 100 г + P+ 300 мл воды	12	Смесь II + P	Смесь II + P
5	Сплавина + NP	Сплавина 100 г + NP + 300 мл воды	13	Смесь II + NP	Смесь II + NP
6	Смесь I	Сплавина 50 г + сапропель 75 г + 275 мл воды	14	Сплавина + навоз	Сплавина + навоз + 280 мл воды
7	Смесь I + N	Смесь I + N	15	Смесь I + навоз	Смесь I + навоз
8	Смесь I + P	Смесь I + P	16	Смесь II + навоз	Смесь II + навоз

Исходная сплавина представляла собой смесь растительных остатков, не утративших своего анатомического строения, что в соответствии с классификацией торфов по степени разложения соответствовало неразложившемуся состоянию. По истечении года компостирования субстрат стал темным по цвету, растительные остатки - малоразличимыми, при растирании субстрат мажется; степень его разложения можно оценить как высокую.

Трансформация органического вещества субстрата состоит из двух протекающих параллельно, но противоположно направленных процессов: минерализации и гумификации. В опыте минерализацию оценивали по снижению содержания органического углерода, а гумификацию - по изменению степени гумификации органического вещества (Сгк:Собщ. в %).

В течение опыта по всем его вариантам происходило снижение содержания органического вещества, судя по которому его минерализация составила от 4 до 7 % за первый месяц компостирования. К концу года потери органического вещества достигли 10 – 14 % от его исходного содержания. Темпы минерализации органического вещества субстрата с течением времени резко снизились и через год были более чем в 10 раз меньше, чем в начале компостирования.

Степень гумификации органического вещества в исходном субстрате была незначительной – 6,2% в сплавине и 11,0 % в сапропеле. В течение первого месяца она увеличилась до 12-20%, а к концу года в вариантах с добавлением навоза – до 37%, т.е. возросла от очень слабой и слабой до средней и высокой (табл. 3).

Таблица 3. Степень гумификации и групповой состав органического вещества, %

№	Вариант	Сорг.	Степень гумификации	Сфк	Коэф. минерализации	1 месяц		12 месяцев	
						Сорг.	Степень гумификации	Сфк	Коэф. минерализации
1	Сплавина	39,41	12,5	15,6	4,0	36,91	26,8	12,9	10,0
2	Сапропель	30,0	15,7	10,5	6,2	28,17	23,3	11,4	12,0
5	Сплавина + NP	38,72	11,8	16,2	5,5	35,64	34,3	13,6	13,1
6	Смесь I	33,60	14,4	13,7	5,6	31,78	31,7	12,5	10,7
9	Смесь I + NP	34,04	12,4	17,2	4,4	31,21	31,9	11,7	12,4
14	Сплавина + навоз	37,31	18,2	17,5	4,4	34,11	37,2	13,9	12,5
15	Смесь I + навоз	33,37	20,3	16,6	7,0	30,16	36,4	14,2	13,2

В первый месяц компостирования интенсивность процессов минерализации органического вещества и его гумификации была одного порядка. Исключением являлись варианты с внесением навоза, в которых гумификация проходила в два раза интенсивнее, чем в других вариантах. В дальнейшем интенсивность процесса гумификации снижалась. В целом можно констатировать, что несмотря на отсутствие возможностей для закрепления новообразованных гумусовых веществ (минерального субстрата), начиная со второго месяца компостирования субстрата гумификация превалировала над минерализацией.

Изменения, происходящие в течение опыта, оказались однонаправленными на всех вариантах. Интенсивность процессов минерализации в отдельно взятых сплавине и сапропеле была близка ко всем остальным вариантам, но скорость гумификации – замедленной. Вместе с тем, смешивание этих субстратов способствовало усилению гумификации.

Влияние минеральных удобрений на процессы трансформации органического вещества на начальном этапе компостирования сплавин было незначительным и существенные различия проявились к концу инкубации. Минерализации сплавин и ее смесей с сапропелем в двух испытанных

соотношениях в большей степени способствовало совместное внесение азота и фосфора. Интенсивность минерализации в этих случаях оказалась близкой к вариантам с навозом.

В отличие от воздействия навоза, минеральные добавки на первом этапе инкубации тормозили процессы гумификации грубого органического материала, но со временем степень гумификации слявины возрастала и через 12 месяцев отличалась от варианта с навозом только на 3%.

Разработка технологии получения органо-минерального удобрения на основе слявины и фосфоритов. В опыте № 2 изучалось влияние активных микробных изолятов, полученных в лаборатории прикладной микробиологии Института биологии УНЦ РАН, на процессы гумификации слявины при внесении фосфоритов Суракайского месторождения и мочевины.

В пластиковые стаканы объемом 500 мл помещали по 50 г сухой измельченной слявины и увлажняли до 60% полной влагоемкости, микробные изоляты вносились с водой. Фосфорит вносили в количестве 10 г (7,7% P_2O_5 в субстрате), мочевины – 0,46 г (С:N = 25:1).

Опыт проводился по следующей схеме: слявина (С); С + фосфорит (Ф); С + мочевина (М); С + *Trichoderma* sp-4 (Т-4); С + Т-4 + Ф; С + Т-4 + М; С + *Trichoderma* sp-9 (Т-9); С + Т-9 + Ф; С + Т-9 + М; С + *Trichoderma* sp-14 (Т-14); С + Т-14 + Ф; С + Т-14 + М; С + контроль-среда; С + С-1; С + Н-4; С + К-1; С + К-2; С + К-3. (С-1, К-1, К-2, К-3, Н-4 – бактериальные изоляты целлюлозолитических штаммов).

Микробиологический анализ образцов показал, что максимального развития группа целлюлозоразлагающих микроорганизмов достигала через 2 месяца инкубирования в вариантах с внесением бактериальных изолятов К-1 и Н-4. использование триходермы (штамм № 9) также способствовало поддержанию высокой численности целлюлозолитиков, причем этот эффект наблюдался как при индивидуальном применении, так и при сочетании с фосфоритом. Следует отметить, что фосфорит способствовал увеличению количества целлюлозоразлагающих микроорганизмов и при внесении штамма № 14. Через 4 месяца инкубирования в большинстве образцов численность этой группы микроорганизмов снизилась, лишь в вариантах с применением триходермы штамм № 4 и бактерий (изолят С-1) наблюдалась интенсификация развития целлюлозолитиков. Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее интенсивно процесс разложения органических веществ протекает в первые месяцы инкубации.

Микроскопические грибы активно развивались во всех исследованных образцах, через 2 месяца их максимальная численность отмечена в вариантах с использованием *Trichoderma* № 4 и № 9 в сочетании с фосфоритом. К концу инкубирования плотность популяций микромицетов существенно возросла во всех вариантах опыта.

Сопоставление результатов микробиологических и агрохимических анализов позволяет считать наиболее перспективными для ускорения гумификации слявины штамм *Trichoderma* sp. № 9 и бактериальные изоляты С-1.

В соответствии с развитием активности микроорганизмов изменялась степень гумификации славвины. Среди вариантов с внесением различных изолятов грибов более интенсивная гумификация наблюдалась на вариантах с Т-4 и Т-14, причем через 4 месяца инкубирования этот процесс был более выражен, чем через 2 месяца. Вместе с тем, дополнительное внесение фосфорита и мочевины оказалось более эффективным через 4 месяца на варианте с Т-9, в котором степень гумификации относительно контроля увеличилась на 5,9 и 4,2 % соответственно. Следует отметить, что влияние удобрений оказалось более выраженным через 4 месяца инкубирования, и эффективность добавления фосфоритов была выше, чем мочевины. Наиболее высокая степень гумификации среди вариантов с использованием изолятов грибов, равная 35,2 % выявлена на варианте С + Т-9 + Ф (на контроле – 28,5%).

В славвине содержится большое количество щелочногидролизующего азота – ближайшего резерва доступного азота. При компостировании славвины без добавок его количество к четвертому месяцу уменьшилось почти в два раза, а содержание минерального азота возросло почти в шесть раз. При добавлении микробных изолятов гидролиз органического вещества славвины ускорялся, причем во всех вариантах, кроме варианта с внесением фосфорита, преобладали процессы нитрификации. Через 4 месяца компостирования количество минерального азота в славвине (контроль) составило 168 мг/кг, а при внесении мочевины достигло 315 мг/кг. Следует отметить, что при внесении фосфорита количество аммонийного и нитратного азота к этому сроку было самым низким. Очевидно, при оптимизации соотношения N:P процессы гумификации были более интенсивными, что подтверждается увеличением численности различных групп микроорганизмов и степени гумификации славвины. Минеральный азот в этих условиях был в большей степени усвоен микроорганизмами и в некоторой степени включился в состав гумуса и перешел в негидролизующую форму. Наиболее активные изоляты, выявленные в этом опыте, использовались при изучении процессов гумификации в измельченной и неизмельченной славвине.

В модельном опыте № 3 по влиянию измельчения на гумификацию славвины в пластиковые прямоугольные контейнеры объемом 1 литр внесли по 150 грамм неизмельченной и измельченной до размера 0,5 мм славвины, увлажняли до 60% от полной влагоемкости, с водой внесли изоляты грибов *Trichoderma* sp. № 9 и бактериальные изоляты С-1.

Через 2 месяца инкубации степень гумификации при внесении изолятов грибов в первом случае возросла на 5,3%, во втором – на 4,4%, а при внесении изолятов бактерий на 6,1 и 2,9% соответственно. Следовательно, при внесении изолятов грибов измельчение не имеет существенного значения, а при использовании изолятов бактерий для ускорения гумификации славвины желательно ее измельчать.

Использование природных агроруд для повышения плодородия черноземов южных Зауральской степи. Опыт заложен весной 2005 года на территории хозяйства «Маканский» на черноземе южном глубокосолончаковато-солонцеватом тяжелосуглинистом средне

эродированном по следующей схеме: 1. контроль; 2. донник + структурообразователь Дэман (0,03 % от массы почвы); 3. сапрпель (60 т/га + N₃₀); 4. сплавина (60 т/га + N₃₀); 5. солома (60 т/га + N₃₀); 6. навоз (60 т/га); 7. цеолит (150 т/га); 8. песок (150 т/га); 9. люцерна и 10. эспарцет. Опыт заложен в трех повторностях. Площадь делянок 60 м². Норма высева фитомелиорантов составила 14 кг/га или 84 г на 60 м². Составы сапрпеля, сплавин из озера Чебаркуль и цеолита описаны выше. Образцы почвы по делянкам опыта отбирались весной (10-20 мая) и осенью (10-20 сентября) из пахотного горизонта (0-10 и 10-20 см).

Проведенный статистический анализ свойств опытного участка показал его достаточную однородность. Коэффициенты вариации изменялись в диапазоне 5-25%. В пахотном слое среднее содержание гумуса составило 2,8%, фосфора подвижного – 7,74 мг/100 г почвы, щелочногидролизуемого азота – 87 мг/кг почвы, рН Н₂O – 7,9, емкость катионного обмена – 30,5 мг-экв/100 г почвы, содержание СаСО₃ – 0,27%, содержание обменного натрия изменялось от 1,3 до 10,3 % от ЕКО, водорастворимых солей – от 0,1 до 1,7%.

Агрофизические свойства. Внесение агроруд способствовало улучшению водного режима почвы. Осенью первого года максимальные запасы влаги в пахотном слое наблюдались на вариантах с внесением органических мелиорантов: навоза, соломы и сплавин. На следующий год проявилась роль сапрпеля, влажность почвы при его внесении была самой высокой по всему профилю. Очевидно, это обусловлено тем, что, обладая высокой водоудерживающей способностью, он способствовал сохранению весенних запасов влаги до конца вегетационного периода. В несколько меньшей степени этот процесс наблюдался при внесении навоза и сплавин. На третий год при меньших общих запасах влаги первенство осталось также за этими вариантами, но их эффективность в плане водоудержания существенно снизилась, а на варианте с навозом была близка к контрольному варианту, что связано с минерализацией органического вещества.

На вариантах с выращиванием трав содержание влаги в период исследований было, как правило, ниже, чем при внесении мелиорантов и существенно не отличалось от контроля.

Динамика влажности в почвах опыта соответствовала изменившимся под влиянием агроруд водно-физическим свойствам. Плотность пахотного слоя на контрольном варианте осенью третьего года исследований составила 1,21-1,29 г/см³, что характеризует ее как повышенную. Данные таблицы 4 свидетельствуют, что наиболее выраженное уменьшение плотности пахотного слоя произошло при внесении соломы и сплавин. В слое 0-10 см этих вариантов плотность снизилась с 1,21 до 1,07 г/см³. В меньшей степени, но достаточно эффективными оказались навоз и цеолит.

Следствием внесения агроруд явилось также изменение пористости, капиллярных свойств почвы, определяющих ее почвенно-гидрологические константы. Существенно увеличилась наименьшая влагоемкость почвы, указывающая на ее водоудерживающую способность, что имеет особенно важное значение для почв сухостепной зоны, испытывающих недостаток влаги.

Таблица 4. Влияние мелиорантов на водно-физические свойства (осень 2007 г.)

Вариант опыта	Глубина, см	Плотность сложения, г/см ³	Пористость, %	Влагоемкость, %			ДАВ, %
				НВ	КВ	ПВ	
Контроль	0-10	1,21	53,8	31,8	36,4	42,8	20,3
	10-20	1,29	50,9	27,8	31,8	35,7	16,7
Эспарцет	0-10	1,15	56,1	34,1	39,1	44,6	22,6
	10-20	1,18	55,1	30,0	34,3	41,5	18,9
Навоз	0-10	1,10	58,0	38,8	42,2	48,8	27,3
	10-20	1,24	52,9	30,0	33,4	35,8	18,9
Песок	0-10	1,22	53,4	33,9	36,1	44,9	22,4
	10-20	1,27	51,7	28,2	33,8	38,3	17,1
Солома	0-10	1,07	59,2	37,5	42,2	52,8	26,0
	10-20	1,16	55,9	34,5	36,6	44,0	23,4
Цеолит	0-10	1,12	57,3	37,4	41,5	47,4	25,9
	10-20	1,20	54,4	29,0	34,6	40,8	17,9
Сплавина	0-10	1,07	59,2	40,7	42,8	53,9	29,2
	10-20	1,40	46,8	28,8	30,7	35,1	17,7
Сапрпель	0-10	1,21	53,8	36,4	38,7	44,5	24,9
	10-20	1,36	48,3	28,9	30,1	34,6	17,8
Дэман+Донник	0-10	1,17	55,3	37,3	39,5	45,5	25,8
	10-20	1,21	53,9	26,3	32,8	35,7	15,2

Примечание: НВ – наименьшая влагоемкость, КВ – капиллярная влагоемкость, ПВ – полная влагоемкость, ДАВ – диапазон активной влаги

Максимальное увеличение наименьшей влагоемкости наблюдалось при внесении сластины (почти на 10%). Соответственно возросла капиллярная и полная влагоемкость, увеличился диапазон активной влаги.

Анализ структурно-агрегатного состава и водопрочности агрегатов проводился осенью третьего года исследований. В почве опыта среди структурных фракций пахотного горизонта выявлено преобладание глыбистых отдельностей (> 10 мм). Содержание агрономически наиболее ценных фракций в пахотном горизонте, в который включаются все фракции, входящие в диапазон от 5 до 0,25 мм, не превышало 30%, что характеризует качественную оценку структуры как неудовлетворительную. Более того, в пахотном горизонте было много очень плотных глыб размером с нескольких до десятков сантиметров.

При внесении мелиорантов существенное снижение содержания илистой фракции наблюдалось только на вариантах с навозом, цеолитом и структурообразователем «Дэман», на которых коэффициент структурности увеличился с 1,0-1,5 до 2,4-4,1, что характеризует существенное улучшение структуры.

Водопрочность агрегатов по всем вариантам опыта характеризовалась как «хорошая», а при внесении «Дэмана» - «избыточно высокая». Следует отметить, что использование всех мелиорантов способствовало некоторому возрастанию водопрочности структуры.

Определение механической прочности комков почвенной структуры показало, что самое большое усилие, необходимое для раздавливания комков почвы крупнее 10 мм, отмечалось на контроле и составило 6,5-7,1 кг для пахотного слоя, а самое низкое 4,3-4,7 кг при внесении навоза и песка. Внесение других мелиорантов также способствовало снижению этого показателя на 1-1,5 кг.

Физико-химические свойства. Чернозем южный глубокосолончаковато-солонцеватый содержит повышенные концентрации солей в средней части профиля, что создает опасность увеличения их концентрации в пахотном слое. Изучение динамики количества водорастворимых солей в этом слое показало, что за три года исследований не произошло их существенного накопления. Вместе с тем этот показатель достаточно динамичный и в отдельные периоды на всех вариантах вплотную приближался к «слабому» уровню засоления, а при внесении навоза – к «сильному» в первый год после внесения, что обусловлено составом навоза крупного рогатого скота в сухостепной зоне Зауралья. В последующем содержание сухого остатка на этом варианте снизилось (табл. 5).

Как известно (Поздняков и др., 1996), степень засоления почв можно диагностировать измерением ее удельного электрического сопротивления (УЭС). Удельное электрическое сопротивление - параметр, характеризующий способность почвы изменять величины электрического тока и напряженности (электрических потенциалов) в почве, возникающих после наложения на нее электрического поля. Результаты исследований (табл. 5) показали, что величина УЭС по вариантам опыта изменяется в достаточно широком диапазоне от 500 до 2000 Ом/м. Анализ зависимости УЭС от содержания водорастворимых солей в почвах опыта показал наличие достоверной отрицательной зависимости между этими характеристиками ($r = - 0.68$; $p = 0,0005$; $y = 1607,97-2935,09*x$). Следовательно, с помощью измерения УЭС можно оперативно определять степень засоления почв в полевых условиях.

Внесение органических мелиорантов способствовало повышению величины емкости катионного обмена (ЕКО). Наиболее существенное увеличение наблюдалось при внесении навоза и сапропеля (на 3-4 мг-экв/100 г почвы), несколько меньшее – на вариантах с соломой и славвиной, воздействие цеолита на ЕКО оказалось равным навозу.

Содержание свободных карбонатов в этих почвах изменялось в широком диапазоне, что обусловлено, прежде всего, высокой вариабельностью этого показателя в естественных условиях (табл. 5).

Реакция среды почвы опыта слабощелочная (рН 7,8) и во всех вариантах сразу после внесения относительно кислых агроруд наблюдалось незначительное подкисление пахотного горизонта. В последующие годы кислотность почв во всех вариантах, кроме варианта с внесением славвины и сапропеля сдвинулась в щелочную сторону, что обусловлено естественными процессами: изменением влажности, подтягиванием карбонатов и т.д. Следует отметить, что в динамике кислотности по всем вариантам опыта к осени происходило возрастание рН Н₂О.

Таблица 5. Физико-химические свойства чернозема южного при внесении природных агроруд и мелиорантов (средние значения за 2005-2007 г.г.)

Вариант	Слой, см	рН H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	ЕКО	CaCO ₃	УЭС	Сух. ост.
			мг-экв/100 г почвы			%	Ом/м	%
Контроль	0-10	8,02	28	12	34,1	0,2	1303	0,1
	10-20	8,18	28	12	35,8	0,18	1512	0,15
Люцерна	0-10	7,96	25	13	36,1	0,13	1564	0,08
	10-20	7,94	24	13	33,3	0,08	1502	0,08
Эспарцет	0-10	7,94	20	13	35,5	0,08	1754	0,09
	10-20	7,99	21	13	34,3	0,08	1296	0,07
Навоз	0-10	8,24	29	11	34,2	0,68	950	0,22
	10-20	8,2	27	11	35,9	0,92	852	0,15
Песок	0-10	8,17	26	12	31,3	1,58	1403	0,11
	10-20	8,03	28	11	32,1	0,86	1273	0,09
Солома	0-10	8,04	24	12	34,7	0,38	1534	0,07
	10-20	8,02	22	13	35,0	0,45	1316	0,09
Цеолит	0-10	8,02	25	12	34,5	0,07	1702	0,07
	10-20	7,77	26	13	36,9	0,1	1478	0,09
Сплавина	0-10	7,55	25	12	31,2	0,03	2201	0,08
	10-20	7,7	25	12	35,7	0,01	2171	0,1
Сапрпель	0-10	7,36	23	13	38,0	0,02	2149	0,08
	10-20	7,14	19	13	38,6	0,15	3515	0,1
Донник	0-10	7,56	21	12	37,3	0,02	1901	0,08
	10-20	7,42	20	12	37,7	0,15	1693	0,1

Почва опытного поля характеризуется низким содержанием гумуса (рис. 1). Как видно из рисунка существенное увеличение его содержания произошло только на вариантах с внесением соломы, сапропеля, славинны и навоза, причем в первые два года максимальные величины наблюдались при внесении навоза, а на третий и четвертый год по мере минерализации навоза и гумификации славинны содержание гумуса в них выровнялось. Внесение сапропеля также способствовало некоторому увеличению гумусированности почвы и мало изменялось в течение четырех лет. В отличие от этих вариантов максимальный эффект от внесения соломы проявился на второй год и в последующие годы содержание гумуса в почве этого варианта постепенно снижалось.

Применение агроруд и фитомелиорации оказало заметное влияние на фракционно-групповой состав гумуса почвы опыта. В соответствии с системой показателей гумусного состояния почв (Гришина, 1986) чернозем южный характеризуется фульватно-гуматным типом гумуса и высокой степенью гумификации органического вещества. В составе гуминовых кислот почвы опыта преобладает фракция, связанная с кальцием. Ее содержание оценивается

как «высокое» (более 70 % от суммы гуминовых кислот), в то время как содержание «свободных» гуминовых кислот – «низкое», а прочносвязанных – «очень низкое». Фракционное распределение фульвокислот в основном соответствует распределению гуминовых кислот.

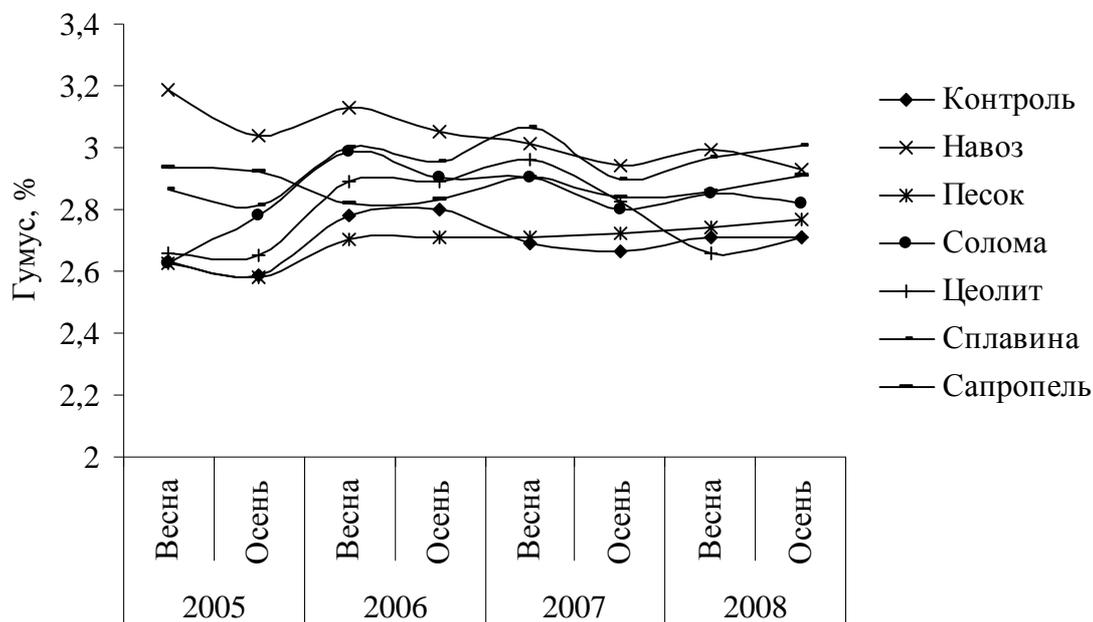


Рис. 1. Влияние внесения агроруд на содержание гумуса в почве

К осени третьего года после внесения агроруд и посева фитомелиорантов в групповом составе гумуса по сравнению с контролем возросло общее содержание гуминовых кислот (во всех вариантах, кроме внесения песка). Применение навоза, сплавина и сапрпель способствовало увеличению степени гумификации органического вещества, которая превысила в этих вариантах 40%, т.е. стала «очень высокой».

При внесении агроруд соотношение Сгк:Сфк увеличилось до 1,62-1,80, при использовании фитомелиорантов увеличение было незначительным, а в варианте с песком осталось на уровне контроля.

Сдвиг соотношения Сгк:Сфк в пользу гуминовых кислот при внесении агроруд связан прежде всего с увеличением новообразования гумусовых веществ и изменением его фракционно-группового состава. Наиболее заметные изменения произошли во 2-й и 3-й фракциях гуминовых кислот, связанных с минеральной частью почвы. Так, содержание связанной с кальцием фракции гуминовых кислот возрастало в ряду: контроль – песок – донник – люцерна – эспарцет – цеолит – солома – сапрпель – сплавина – навоз.

Вследствие этого произошло относительное снижение доли негидролизуемого остатка во всех вариантах с внесением агроруд и посева фитомелиорантов по сравнению с контролем и внесением песка.

Питательный режим. Повышению содержания щелочногидролизуемого азота (наиболее близкого источника его доступной формы) способствовало внесение соломы, сплавина, сапрпель и навоза, причем изменение этого показателя во времени аналогично гумусу. Следует отметить, что самая

высокая обогащенность гумуса азотом наблюдалась при внесении навоза и сапропеля. Использование фитомелиорантов не оказало существенного влияния на обеспеченность почвы доступным азотом.

Высокое содержание валового фосфора и обеспеченность его подвижной формой наблюдалось только при внесении навоза, запахивание измельченной слявины, соломы и сапропеля способствовало незначительному улучшению фосфатного состояния, но не оказалось достаточными для его оптимизации.

Продуктивность и экономическая эффективность. Почва опытного участка заседалась культурами в рамках севооборота хозяйства. В первые два года опыта поле было засеяно подсолнечником. В первый год растения были единичными и учет урожайности был невозможен. На второй год ситуация несколько изменилась и хотя урожай был чрезвычайно низким, его учет показал заметную разницу по вариантам. Если на контроле фитомасса составила 0,1 ц/га, то при внесении органических мелиорантов она возростала в ряду слявина – навоз – солома – сапропель от 0,23 до 0,64 ц/га. В связи с низкой продуктивностью всего поля на третий год (осень 2007 г.) оно было выведено из севооборота и не заседалось. Поэтому учет проводился по общей фитомассе растений, выросших на опытном участке. Исследования показали, что эффективность органических мелиорантов можно расположить в следующий возрастающий ряд: солома (на 31,6ц/га выше, чем на контроле) – слявина (на 86,6 ц/га) – сапропель (на 88,3 ц/га) – навоз (на 106,6 ц/га). Применение цеолита привело к увеличению урожайности фитомассы на 31,6 ц/га, песка - на 11,6 ц/га. Фитомасса многолетних трав донника, люцерны и эспарцета составила соответственно 95,6; 71,6 и 65,6 ц/га против 50 ц/га на контроле.

Расчет экономической эффективности использования природных агроруд и фитомелиорации на черноземе южном показал, что рентабельным оказалось только использование соломы (134%), навоза (166%), слявины (242%) и сапропеля (245%). Относительно высокая рентабельность внесения слявины и сапропеля по сравнению с навозом определяется низкой себестоимостью слявины и сапропеля, которые образуются при очистке водоема с целью улучшения качества воды и безаварийной работы оросительных систем.

ВЫВОДЫ

1. В республике Башкортостан имеются значительные запасы богатых органическими веществами природных агроруд – торфа, сапропеля, бурого угля, слявины; минеральных удобрений и мелиорантов – фосфоритов, цеолитов, гипса, известняка. Эти агроруды целесообразно использовать в комплексе мероприятий по повышению плодородия засоленных и осолонцованных почв.

2. Получение органо-минерального удобрения из слявины возможно путем ее компостирования в течение 12 месяцев в условиях оптимальной влажности и температуры. Усилению гумификации способствует добавление навоза или сапропеля в сочетании с минеральными удобрениями.

За один вегетационный период (4 месяца) высокой степени гумификации сплавнины можно достигнуть путем ее компостирования в аналогичных условиях при добавлении грибного изолята *Trichoderma* sp. 9 и природного фосфорита.

3. Длительное сельскохозяйственное использование чернозема южного глубокосолончаковато-солонцеватого привело к ухудшению комплекса его свойств, определяющих агроэкологические функции. В четырехлетнем полевом опыте показано, что внесение в эту почву природных агроруд: сапропеля, сплавнины, цеолита, а также навоза и соломы способствует улучшению агрофизических свойств: уменьшается плотность сложения, возрастает водоудерживающая способность и влагоемкость почв, улучшается структурно-агрегатный состав, уменьшается механическая прочность агрегатов.

4. Использование органических мелиорантов приводит к повышению содержания гумуса, улучшению его качественного состава: расширению соотношения Сгк:Сфк, возрастанию во фракционном составе гумуса доли связанных с кальцием гуминовых кислот, повышению обеспеченности почвы доступными формами азота и фосфора.

По эффективности воздействия на свойства почвы, используемые агроруды можно расположить в следующий убывающий ряд: навоз – сапропель – сплавнина – солома – цеолит – песок, причем на третий год влияние соломы, навоза и сапропеля уменьшается, а сплавнины – возрастает.

5. Среди природных агроруд наиболее экономичным является внесение сапропеля и сплавнины, рентабельность которых почти в 1,5 раза выше, чем навоза.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Рекомендуется использование органо-минерального удобрения, полученного из грубого органического материала (сплавнины) путем его инкубирования в течение одного вегетационного периода при добавлении микробных изолятов и природных фосфоритов (Суракайское месторождение).

2. Для удобрения почв на участке орошения совхоза «Красная Башкирия» Абзелиловского района республики Башкортостан рекомендовано использовать измельченную сплавнину и сапропель в дозах 60 т/га, извлеченных при очистке оз. Чебаркуль, расположенного в 5 км.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК МОН РФ

1. Сулейманов Р.Р., Габбасова И.М., Дашкин С.М., Малаева Н.Б. Влияние длительного сельскохозяйственного использования на свойства чернозема южной степной зоны Зауралья // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. Выпуск 10 (75). С. 335-337.

2. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Дашкин С.М., Гарипов Т.Т. Повышение плодородия черноземов южных Зауральской степи с использованием природных агроруд // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2008. № 5. С. 34-37.

Публикации

1. Сулейманов Р.Р., **Дашкин С.М.** Почвы солонцово-солончакового комплекса Южного Урала // «Почвы Южного Урала и Среднего Поволжья: экология и плодородие». Материалы региональной научно-практической конференции почвоведов, агрохимиков и земледельцев Южного Урала и Среднего Поволжья. Уфа: БашГАУ, 2005. С. 74-75.

2. Сулейманов Р.Р., **Дашкин С.М.**, Назырова Ф.И. Почвы засоленного ряда степной зоны Зауралья и пути оптимизации их функционирования // «Перспективы агропромышленного производства регионов России в условиях реализации приоритетного национального проекта «Развитие АПК». Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Часть V. Уфа: БашГАУ, 2006. С. 33-34.

3. Сулейманов Р.Р., Габбасова И.М., Хазиев Ф.Х., **Дашкин С.М.** Агроэкологическое состояние почвенного покрова Зауралья республики Башкортостан в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования // «Агроэкологическая безопасность в условиях техногенеза». Сборник научных докладов международного симпозиума. Часть I. Казань: Медок, 2006. С. 241-248.

4. Сулейманов Р.Р., Батанов Б.Н., Габбасова И.М., **Дашкин С.М.** Природные сырьевые ресурсы Республики Башкортостан // «Проблемы экологии и мелиорации в Республике Башкортостан». Сборник научных статей. Уфа: Информреклама, 2006. С. 81-87.

5. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Гарипов Т.Т., Простякова З.Г., **Дашкин С.М.** Получение органно-минерального удобрения путем оптимизации условий компостирования сплавнины // «Интеграция аграрной науки и производства: состояние, проблемы и пути решения». Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Часть 2. Уфа: ФГОУ ВПО «Башкирский ГАУ», 2008. С. 22-27.

6. Сулейманов Р.Р., **Дашкин С.М.**, Малаева Н.Б. Использование природных агроруд для повышения плодородия чернозема южного // Материалы V Всероссийского съезда почвоведов им. В.В. Докучаева. Ростов-на-Дону: ЗАО «Ростиздат», 2008. С. 203.