

УДК 631.895

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ КОМПОСТОВ

Белюченко Иван Степанович
д.б.н., профессор
ФГБОУ «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, Россия

Сложный компост с участием органических и минеральных отходов в процессе своего формирования заметно сохраняет органическое вещество через уменьшение количества продуктов разложения нитрифицирующими и денитрифицирующими организмами, за счет экономного расходования фосфора и кальция, увеличения аммонийного и общего азота, формирования в процессе развития сульфата кальция при участии в его образовании остатков соли кальция и газообменного аммиака

Ключевые слова: КОМПОСТ, АММИАК, СУЛЬФАТ КАЛЬЦИЯ, СУЛЬФАТ АММОНИЯ, ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, НИТРИФИЦИРУЮЩИЕ И ДЕНИТРИФИЦИРУЮЩИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ

UDC 631.895

PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF COMPOUND COMPOST

Belyuchenko Ivan Stepanovich
Dr.Sci.Bio., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Compound compost during its formation involving organic and mineral wastes retains the organic matter by reducing its degradation products with nitrifying and denitrifying organisms due to its economical expenditure of phosphorus and calcium, increased ammonia and total nitrogen, formation in the process of development of calcium sulfate with participation in its formation of residue calcium salt and ammonia

Keywords: COMPOST, AMMONIA, CALCIUM SULFATE, AMMONIUM SULFATE, ORGANIC SUBSTANCES, NITRIFYING AND DENITRIFYING MICROORGANISMS

Введение. Живые организмы в сложном компосте достаточно свободно мигрируют по различным направлениям. Например, при наличии легкоразлагаемых органических веществ (листовая масса, подстилка, плоды и т.д.) микроорганизмы, усиливающие их разложение, в сложном компосте отличаются быстрым нарастанием численности популяций отдельных таксонов и значительным разнообразием видов [1]. Можно допустить, что сформированный сложный компост нередко выделяется огромным разнообразием видов микроорганизмов, способных продуцировать многие активизирующие разложение вещества, включая аминокислоты, витамины, ферменты, а также и другие сложные соединения. Работу по вопросам и способам формирования сложных компостов ведет кафедра общей биологии и экологии Кубанского ГАУ, и потому на исследования ряда наших специалистов, опубликованные в основном в последние годы, мы и ссылаемся.

При развитии в буртах сложные компосты в определенной степени дублируют процессы развития микроорганизмов в почве. При внесении в

верхний слой почвы сложные компосты являются благоприятной средой для создания новых экологических ниш [2, 5, 13, 27], свойственных широкому кругу живых организмов. В процессе компостирования в условиях обеспеченности пищей количество клеток микроорганизмов в сложном компосте достигает большой численности, но их видовой набор относительно ограничен; при развитии в менее благоприятных условиях численность микроорганизмов снижается, но их видовой набор становится более разнообразным. При улучшении условий микроорганизмы несколько усиливают процессы минерализации органического вещества.

В начале формирования сложного компоста при смешивании в нем нескольких видов отходов преобладают органические вещества, трансформация которых протекает весьма быстро, и значительная часть живых организмов, куда относятся споры бактерий, грибов, актиномицетов и других видов, находится в покоящемся состоянии. Образование комплекса органических и минеральных отходов при формировании сложного компоста сдерживается, особенно во второй половине лета, развитием микроорганизмов, поскольку свежего растительного материала в систему не поступает. В органических отходах (свиной навоз, куриный помет, отходы осадков сточных вод, отходы овощной продукции и т.д.) на различных стадиях их преобразования формируется сравнительно много спиртов, сахаров, органических кислот и других соединений, которые как раз и поддерживают жизнедеятельность микроорганизмов в течение всего периода развития компостов, заменяя отсутствие поступления свежего растительного материала [4, 10, 11, 12].

Органические вещества. При организации сложного компоста в нём имеется определенный запас энергетических ресурсов для снабжения живых организмов, включая различные по природе органические вещества. При благоприятных условиях развития в сложных компостах перерабатывается за весьма короткое время столько органических веществ, сколько

при естественных условиях не поступает в почву и за год. Весьма активная трансформация органического вещества характерна для отходов щелочного типа (свиной навоз в контакте с кислой средой фосфогипса, обогащенного кальцием, серой, фосфором и многими микроэлементами, навоз КРС и куриный помет в сочетании с галитами, сильвинитами, известковой водой и другими соединениями) [3, 14, 15, 17].

Высокая активность органических и минеральных соединений характерна при их смешивании в условиях хорошего увлажнения (60-75%) и высоких температур (27-32°C); при низких показателях указанных факторов ферментативная активность развития сложного компоста резко снижается [20, 21, 22, 24]. Температура является пусковым фактором развития сложных компостов в весенне-осенний период: весной ускоряет процесс переработки материала через развитие отдельных популяций микроорганизмов, а осенью существенно их приостанавливает [25, 28, 34]. Увеличение популяций микроорганизмов и их активности весной идет параллельно с постоянным поддержанием высокой температуры сложного компоста, его увлажнением и улучшением пищевого режима.

В осенний сезон развитие популяций микроорганизмов связано с увеличением количества сочных растительных отходов, с одной стороны, а с другой, с хорошим увлажнением и сохранением еще не вымытых дождями многих биологических выделений, особенно из влажных отходов (ботва свёклы, отходы овощных культур, плодовых и т.п.). Многие относительно большие по численности прокариотные и эукариотные микроорганизмы еще сильнее увеличивают свои популяции в развивающихся в этот период сложных компостах, что способствует консервированию их азотной и углеродной составляющей [30, 31, 33].

Варьирование числа видов и численности популяций микроорганизмов в сложных компостах связано с периодическими колебаниями количества этилена, варьированием концентрации других токсических соедине-

ний. Наличие в фосфогипсе фосфора, сульфидов, оксидов железа, кремнезема и ряда других окислов способствует минерализации клеток отмерших микроорганизмов.

Единство физических и химических связей минерального субстрата и органических веществ в сложном компосте при развитии физико-химических и биологических процессов особенно тесное, если они содержат активные соединения кремния, алюминия, железа, свинца и ряда других элементов. Обязательным условием формирования сложного компоста еще в самом начале его образования является тщательное перемешивание всех отходов с целью равномерного распределения между собой всех органических и минеральных соединений [9, 10, 11, 12].

Микробиологический анализ сложных компостов с преобладанием в нем органической среды показал, что доминирующее положение занимает прокариотный комплекс, который значительно превышает численность микроскопических грибов. Общая численность бактерий в почвах при выращивании сельхозкультур варьирует в широких пределах (от 31 до 73 млн клеток), среди бактерий наблюдается доминирование аммонифицирующих групп (табл. 1).

Таблица 1. Изменение численности эколого-трофических групп микроорганизмов в разных вариантах компоста

Вариант опыта	Микроорганизмы				Микромицеты, *10 ⁻³ КОЕ/г
	Аммонифицирующие, *10 ⁻⁶ КОЕ/г	Амилотические, *10 ⁻⁶ КОЕ/г	Олиготрофные, *10 ⁻⁵ КОЕ/г	Нитрифицирующие, титр	
Сложный компост	73	48	69	10 ⁻⁴	6
Полуперепревший навоз КРС	58	31	53	10 ⁻⁵	4

Результаты исследований показали, что при создании сложного компоста со значительным участием органических остатков отдельных культур (озимая пшеница, кукуруза, подсолнечник) наблюдается увеличение численности микробного сообщества. Этот факт, видимо, связан с измене-

нием условий среды. Все части микробного сообщества в «зрелом» сложном компосте связаны друг с другом и окружающей средой. Микроорганизмы чутко реагируют на изменения условий среды: снижение pH до нейтральной и улучшение аэрации способствуют активизации микробиологических процессов. Установлено, что фосфогипс, входящий в состав сложного компоста, ингибирует развитие нитрифицирующих бактерий, снижает их численность, которая наиболее высокая в почвах под пшеницей [4].

Важной группой микроорганизмов в сложном компосте являются актиномицеты, на долю которых приходится значительная роль в круговороте минеральных элементов, поскольку именно они осуществляют в трофической цепи функции микробов-редуцентов (табл. 2). Было установлено, что на голодном агаре численность и видовое разнообразие актиномицетов было значительно выше. В исследуемых образцах широкое распространение имели представители таких родов, как *Streptomyces*, *Nocardia*, *Nocardiosis*, *Micromonospora*, наиболее редко встречающимися были представители рода *Streptosporangium* [22, 23, 29].

При изучении таксономического разнообразия микроорганизмов в вариантах с использованием сложного компоста, в котором доля соломы озимой пшеницы доходила до 30%, было установлено наличие представителей родов *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Nocardia* и др. Наиболее многочисленным в исследуемых компостах оказался род *Streptomyces*, входящий в состав микробного комплекса, осуществляющего процесс разложения органических веществ и характеризующегося достаточно широким видовым спектром. Анализ полученных данных показал, что наиболее часто встречаются актиномицеты, относящиеся к секции *Cinereus*, реже выделялись представители серий *Chromogenes*, *Violaceus*, *Aureus*.

Таблица 2. Численность микроорганизмов на крахмально-аммиачном и голодном агаре

Вариант опыта	Амилолитические, 10^{-6} КОЕ/г		Олиготрофные, 10^{-4} КОЕ/г	
	общее количество	из них актиномицетов	общее количество	из них актиномицетов
Сложный компост	71	4	75	45
Полуперепревший навоз КРС	38	3	41	38

Необходимо отметить еще одну важную группу микроорганизмов – это плесневые и дрожжевые грибы, занимающие весьма значительное место среди других микроорганизмов по числу таксонов и биомассе. Наибольшая встречаемость этих микроорганизмов отмечена в вариантах, где вносилось много органического вещества. Микроскопические грибы, являющиеся одной из крупных экологических групп и минерализующие органические остатки благодаря наличию разнообразных гидролитических ферментов, активно участвуют в превращениях соединений азота и способствуют улучшению структуры сложного компоста через агрегацию его мелких частиц [19].

Наиболее широко распространены в разных вариантах компостов представители родов *Penicillium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Alternaria*. Среди дрожжевых грибов наиболее часто встречались представители родов *Lypomyces* и *Candida*. Обычно они отмечались в бактериально-дрожжевом комплексе азотфиксирующих микроорганизмов. В развитии сложного компоста также наблюдается увеличение численности микроскопических грибов. В вариантах с разным участием в сложном компосте отдельных групп культур также встречались микромицеты следующих родов *Penicillium* и *Aspergillus*. Следует отметить, что в варианте с внесением сложного компоста с участием озимой пшеницы грибы рода *Fusarium* в смешанном варианте не были выделены.

Сочетание бактерий и грибов в сообществе микроорганизмов в сложном компосте имеет большое значение в оценке соотношения в них углерода и азота. При близком соотношении этих элементов в сложном компосте преобладают бактерии, и, наоборот, при значительном расхождении их количеств доминируют грибы. Грибы и бактерии в сложном компосте значительно различаются по эффективности использования углерода, по разложению и стабилизации органического вещества, а также по особенностям метаболизма и в накоплении биомассы. При усилении эффекта органического углерода в сложном компосте (нарастание общей биомассы) его меньше расходуется на дыхание, меньше уходит в форме CO_2 в воздух атмосферы и заметнее устойчивость структуры и сохранение органического вещества.

При недостатке азота доля грибов и бактерий в сложном компосте составляет около 65-70%, а при добавлении азота их участие повышается примерно на 10-12% [5, 12]. Грибы и бактерии в сложном компосте различаются уровнем соотношения C:N; у бактерий этот показатель в 2,0-2,5 раза ниже, чем у грибов. Еще значительнее это расхождение для эктомикоризного мицелия, у которого показатель накопления органического углерода превышает таковой в 15-20 раз, что убедительно показало изучение выращивания кукурузы в азотном варианте и в варианте со сложным компостом с участием перегноя и фосфогипса [9, 15, 28].

Многие виды микроорганизмов – бактерии, грибы, актиномицеты и другие организмы – в сложном компосте находят вполне удобные для их развития и размножения новые экологические ниши,. В сложном компосте микроорганизмы по-разному защищены возможностью минералов связывать метаболиты, которые снижают рост микроорганизмов и препятствуют обезвоживанию клетки физическими барьерами: диаметр бактерий доходит до 4,0 мкм, а грибных гиф - до 8 мкм. Гифы грибов редко встречаются в микропорах, а бактерии, наоборот, их заселяют и защищаются от ряда

хищников. По сравнению с бактериями грибы имеют высокую степень защищенности от разложения из-за тесного взаимодействия с глинистыми минералами и почвенными агрегатами; скорость отмирания защищенной биомассы микроорганизмов в сутки весьма незначительная (0,5%), а незащищенной, наоборот, очень существенная (до 60-70%).

Роль микроорганизмов в формировании сложного компоста. Функциональное значение микроорганизмов в сложном компосте весьма велико. Наиболее значимые биохимические процессы разложения труднорастворимых органических веществ (кочерыжки кукурузы, её корни, стебли, однолетние побеги кустарников и т.д.), различных по своей природе, выполняют весьма значимые по своей экологической функции микроорганизмы: молочнокислые, фотосинтезирующие, азотфиксирующие и ферментирующие бактерии, грибы, дрожжи, почвенные актиномицеты и другие группы. Большинство указанных групп в меньшем или большем количестве встречается практически в разных органических отходах; их мало в растительных остатках, но много концентрируется во всех видах навоза, осадках сточных вод, курином помете и других субстратах. Например, азотфиксация осуществляется многими прокариотными микроорганизмами: автотрофными и гетеротрофными, различными фотосинтезирующими и клубеньковыми, в частности представителями родов *Azotobacter*, *Clostridium* и многими другими.

По своей функциональной роли микроорганизмы в сложном компосте представлены азотфиксаторами, нитрификаторами, денитрификаторами, аммонификаторами, целлюлозолитическими, пектинолитическими и другими трофическими группами. Нитрификация осуществляется группой хемолитотрофных бактерий, а гетеротрофная нитрификация - рядом гетеротрофных бактерий и грибов. Гидролиз труднорастворимых фосфатов в фосфогипсе сложного компоста, окисление в его составе железа и марган-

ца и их восстановление также осуществляется функционально разнообразными микроорганизмами.

Отдельные процессы, протекающие в сложном компосте с участием различных видов микроорганизмов, являются особенно важными. К примеру, *Azotobacter* относится к группе основных азотфиксаторов. Среди денитрификаторов выделяются *Pseudomonas denitrificans* и другие виды. Сходные процессы в сложном компосте свойственны также другим группам микроорганизмов с учетом условий среды их обитания. Например, в случае отсутствия в сложном компосте связанного азота микроорганизмы осуществляют азотфиксацию; при недостатке кислорода и наличии связанного азота усиливаются процессы нитрификации и денитрификации. При определённом режиме развития в сложном компосте наличие кислорода устанавливает соотношение азотфиксации и денитрификации.

Многие физиологические реакции бактерий в сложном компосте отличаются широкой активностью. При накоплении определенной биомассы белка бактерии могут выступать в сложных компостах на определенном этапе в роли аммонификаторов и в то же время в других условиях выполняют функции нитрификаторов и денитрификаторов, что говорит о многофункциональности некоторых групп живых организмов. Аналогичные свойства можно отметить в сложном компосте также для грибов, актиномицетов, одноклеточных водорослей и других микроорганизмов. В отдельных случаях отмечается дублирование процессов разложения в сложном компосте различными видами бактерий.

Чем меньше в сложном компосте кислот (соляной, серной, азотной, угольной и других), тем медленнее протекает процесс разложения в верхнем слое почвы пестицидов, фенолов и других загрязнителей и тем больше их накапливается. Можно предположить, насколько важным для поддержания равновесности в развитии сложных компостов, где проходят одновременно процессы разложения (нитрификация, денитрификация и др.) и

образования других веществ (ферментов, витаминов и т.д.) при разных температурах, является дублирование разных групп микроорганизмов, отличающихся своей экологией, занимающих близкие экологические ниши, варьирующих во времени и пространстве.

Микроорганизмы разлагают в сложном компосте органические вещества с доминированием гетеротрофного процесса с образованием углекислого газа. В сложном компосте микроорганизмы разрушают одни (например, целлюлозу) и образуют другие органические вещества (например, белки, сахара и др.). При азотфиксации или денитрификации в сложном компосте осуществляется окисление и восстановление соединений азота; окисляются и восстанавливаются отдельные элементы с переменной валентностью – марганец, сера и др. В сложном компосте совершенствуются разные процессы, осуществляемые разными видами организмов, выполняющих роль стабилизирующего механизма в управлении развитием субстрата.

В начале формирования сложного компоста образуются участки с различным содержанием отдельных веществ (фосфора, серы и других элементов), в том числе и органических. Включение в сложный компост многообразных отходов типа осадков сточных вод, куриного помета, свиного навоза, фосфогипса, галита и некоторых других расширяет его экологические ниши и способствует увеличению как численности отдельных популяций микроорганизмов, так и их видового разнообразия. При выпадении дождей происходят определенные сдвиги в составе и развитии сложного компоста [6, 7, 8, 16].

Формирование сложного компоста в различных условиях способствует сочетанию различных макро– и микроэлементов, а также микроорганизмов. Не во всех отходах могут обитать в нужном количестве столь важные микроорганизмы, осуществляющие, например, фиксацию азота (клубеньковые бактерии, азотобактер, некоторые актиномицеты), которые об-

наруживаются в количестве тысяч клеток на 1 г выделенного сложного компоста. Вопрос о наличии в сложном компосте различных микроорганизмов, осуществляющих фиксацию азота или выделение других элементов питания, с учетом их сезонных колебаний в процессе адсорбции почвенных частиц, а также сукцессионных колебаний их состава весьма сложен и требует отбора значительного количества образцов (как правило, не менее 30), а также повторения анализов при тщательном исследовании в разных его смесях.

В сложных компостах, отличающихся широким разбросом физических, химических и биологических условий, состав и содержание любых минеральных элементов в зависимости от конкретной территории, будет разным. Сочетание в сложном компосте различных органических отходов привносит в него большие количества элементов с учетом их валового и подвижного состава. В сложном компосте далеко не все его зоны богаты минеральными элементами, и с этим обстоятельством связаны различия в скорости и интенсивности минерализации в целом органического вещества. Сложный компост создает определенный запас органического вещества с учетом разнообразия минеральной основы, что и формирует среду обитания отдельных групп микроорганизмов.

Сложный компост является многогранной гранулометрически и химически органоминеральной смесью и потому не может представлять равновесную среду обитания, особенно в начальный период. Именно сложность состава компоста, включающего разнообразные органические и минеральные вещества, позволяет анализировать его как субстрат, различающийся условиями формирования сообществ различных микроорганизмов, которые найдут свое местообитание во множестве его разнообразных дисперсных и коллоидных системах. Микроорганизмы нередко осваивают каждую органическую частицу сложного компоста, а их удивительная способность к адаптации позволяет приспосабливаться к самым разным ситу-

ациям. Значительно отличаясь скоростью размножения и временем перехода к покою, микроорганизмы в сложном компосте при неблагоприятных условиях (температура, влажность, загрязнение тяжелыми металлами и др.) способны быстро осваивать органические дисперсные системы, составляя отдельные микроколонии из разнотипных видов, которые нередко развиваются относительно изолированно [26, 32].

Важное значение в разворачивании круговорота веществ в сложных компостах имеют те популяции микроорганизмов, которые выделяются при определенных условиях (благоприятная температура, богатство почвы увлажнение) высокой активностью. Изучать в сложном компосте все виды микроорганизмов в целом нет необходимости. Достаточно выделить в них доминирующие виды, характеризующие развитие конкретных процессов. Для бактерий нередко принимается условный показатель их численности (например, на 1 г субстрата около 1 млн клеток). Для грибов и актиномицетов в сложных компостах можно принять другие экологические оценки с учетом их численности, размеров, а также особенностей метаболизма. Обычно их численность составляет порядка 1×10^4 КОЕ/г субстрата. В равнинных ландшафтах важную роль играют лесные массивы, оказывающие существенное влияние на соотношение различных групп микроорганизмов [18].

Важные для развития живых организмов биологически активные вещества в сложных компостах (аминокислоты, антибиотики, стимуляторы и ингибиторы роста, ферменты, витамины, токсины) нуждаются в весьма серьезных исследованиях. На первое место следует поставить газообразные вещества, которые в сложных компостах быстро перемещаются и существенно влияют в целом на газообмен во всей системе, а при правильной компоновке могут формировать соли азотных удобрений. Функционирование отдельных видов организмов в этом случае отмечается при учете показателей массы и числа видов газообразных отходов еще в самом начале со-

ставления сложных компостов. Например, аммиак NH_3 – бесцветный газ с характерным запахом, растворяется в воде, раствор сильнощелочной. Образуется при гниении органических веществ под влиянием уреазоактивных анаэробных бактерий, активность которых усиливается при повышении температуры: летом его концентрация выше, зимой – ниже. Высокие концентрации вызывают отравление организмов: раздражают верхние дыхательные пути человека, возбуждающе действуют на центральную нервную систему, вызывают ожог слизистой оболочки, повышают кровяное давление и усиливают частоту дыхания; при высоких концентрациях (до 35 мг/м³) возможен ожог легких, нарушение пищеварения.

Сероводород (H_2S), встречающийся в отходах с выбросами нефти и газа, бесцветный газ с резким запахом образуется при бактериальном гниении высокобелковых продуктов растений и животных. Вдыхание газа вызывает нервные расстройства, нарушение кровяного давления; у животных падает продуктивность. Формируются также другие газы в зависимости от органического состава отходов.

Второе место в отходах занимают жидкие вещества, которые существенно меньше перемещаются, но заметно влияют на водный обмен в сложном компосте и при удачном соотношении его составляющих формируют различные соли, улучшающие пищевой режим высших растений. Третье место остается за твердыми веществами, которые определяют активность газообразных и жидких веществ и тем самым поддерживают условную стабильность развития в целом всего сложного компоста.

Изучение функциональной роли живых организмов в системе сложных компостов еще недостаточно развито, хотя этот вопрос имеет важное и практическое, и теоретическое значение. Минерализация органического вещества и трансформация органического и минерального азота, а также ряд других вопросов формирования сложных компостов затрагивает образование сложных соединений при постепенном превращении многих отхо-

дов в единую смесь. Проанализировав некоторые процессы, прохождение которых в сложных компостах немислимо без микроорганизмов, в первую очередь следует обратить внимание на переработку ряда отходов и их превращение в источник питания для грибов, бактерий, актиномицетов, водорослей, некоторых представителей мезо- и микрофауны. Трансформация многих из этих отходов формирует новые соединения, существенно расширяющие и углубляющие экологические ниши в целом всего субстрата [2].

Сложный компост, как никакое другое образование, представляет трехфазную систему, способную трансформироваться в среды обитания различных групп организмов – твердую, жидкую и газообразную, включая в целом жизненное пространство для живых систем [4, 12]. Основной субстрат сложного компоста и его развитие в целом проходит по аналогии с почвой и в то же время отличается спецификой условий для отдельных живых организмов, образующих свои микроколонию, а также развития физико-химических процессов, серьезно преобразующих систему формирования минеральных соединений в верхнем слое полученного субстрата.

Состояние колоний микроорганизмов в разных типах сложных компостов имеет важное значение, поскольку активность их развития во времени и пространстве зависит от концентрации органического вещества (перегной КРС, солома пшеницы, ячменя, кукурузы, стебли подсолнечника и др.), многообразия и широкого спектра органических соединений (аминокислоты, белки, крахмал, нуклеиновые кислоты, ферменты, витамины, целлюлоза), а также различия минеральных соединений и разнонаправленности ряда важных процессов (аммонификация, азотфиксация, трансформация многих органических и минеральных веществ, минералов и др.), которые также находятся в весьма тесной взаимосвязи.

Поверхность субстрата сложных компостов отличается значительным физическим, химическим и биологическим разнообразием и потому спо-

способствует жизнедеятельности различных по функциям популяций микроорганизмов. В сложном компосте микроорганизмы находят десятки экологических ниш, различающихся своим химизмом, составом и содержанием питательных веществ, реакцией среды. В создании почвоподобного состава в системе сложного компоста активно участвуют многие живые организмы, где продукты их жизнедеятельности выполняют цементирующую роль в создании множества мелких дисперсных и коллоидных частиц [13].

Многие бактерии, актиномицеты, водоросли и грибы в сложном компосте образуют слизи пептидного и углеводного типов, а с глинистыми частицами формируют водопрочные образования размером до 2 мм. Большую роль в этом плане выполняют также микроскопические грибы и некоторые водоросли, которые заметно влияют на оструктурирование субстрата сложных компостов через выделение различных сахаров, склеивающих минеральные и органические частицы, и своими нитевидными талломами скрепляющие мелкие структуры субстратов. В основном такой процесс идет в верхнем слое компоста 0-10, 0-12 см с его перемешиванием каждые 10-12 дней в теплый период года, что ускоряет образование ими почвоподобных структур при активном развитии живых организмов, в основном грибов и водорослей; значение бактерий и актиномицетов в этом плане незначительное.

Активную роль в формировании почвоподобных структур в сложном компосте играют мелкие одноклеточные водоросли на кислых субстратах (например, фосфогипс, зола и др.), где они, выделяя слизистые вещества, объединяют мелкие коллоидного типа частицы органоминеральной природы, а также своими нитями связывают и уплотняют их, делая такие объединения достаточно устойчивыми. К сожалению, некоторые живые организмы выделяют весьма активные вещества, разрушающие комковатую почвоподобную структуру и не способствующие её укреплению (подкисляющие бактерии), особенно при внесении азотных удобрений [15, 20].

Сложные компосты служат хранилищем некоторых видов живых организмов определенной географической зоны и представляют широкий спектр почвенных и растительных микробоценозов. Учитывая эти обстоятельства, из такой сложной смеси нескольких отходов можно отбирать пробы формируемого субстрата и изучать наиболее ценные виды микроорганизмов (бактерии, грибы, актиномицеты и водоросли) в сравнении с природными объектами, какими являются условно нетронутые территории. Гифы грибов способствуют построению мостиков между внутренними и поверхностными слоями сложного компоста и меньше всего зависят от пространственного расположения разных отходов. Подвижность в компосте разных видов бактерий сравнительно ограничена, и они используют наиболее доступные им отходы [28, 34].

Грибы различают и трансформируют различные формы лигниновых комплексов. Для разложения множества соединений многочисленными бактериями выделяются необходимые специфические ферменты. В сложном компосте, а также в почве, куда они вносятся, сравнительно долго сохраняются остатки растительных веществ, содержащих меланин, хитин, стенки грибных клеток и другие образования. Сравнительно быстро происходит разложение фосфолипидов из мембран бактерий, что существенно снижает накопление углерода и в целом органического вещества в системе. Микроорганизмы, особенно бактерии и микроскопические грибы, входящие в систему сложного компоста, существенно трансформируют весь комплекс питательных веществ и влияют на протекание в нем окислительно-восстановительных процессов. На состав питательных веществ в сложном компосте живые организмы влияют через органические кислоты, которые образуются при разложении растительных остатков и дисперсии минералов, а также экстракции фосфора, кремния, железа и других элементов [11, 12].

Роль микоризных грибов как облигатных симбионтов в стабилизации органического углерода в сложных компостах весьма существенная, а их внесение активизирует освоение растениями большого объема почвы, что сказывается на концентрациях в биомассе самих грибов углерода (углерода в них накапливается около 1×10^3 кг/га), представленного в составе устойчивого к разложению хитина. В микоризных грибах в сложном компосте органический углерод может накапливаться также в форме гломалина, весьма устойчивого к распаду гликопротеида, активно взаимодействующего с минералами почвы и отходов промышленности (например, фосфогипсом), что сказывается на существенном упрочнении их агрегатов. Микоризные грибы через свои гифы вместе с мелкими корнеподобными выростами водорослей формируют густую сеть, уплотняющую органоминеральные частицы сложного компоста, а при его внесении в почву усиливают их прочность в агрегатах. Велика также роль автотрофных бактерий в трансформации ими углекислого газа.

Биологические структуры в сложном компосте (микроорганизмы, растительные и животные организмы) в ходе разложения органических веществ освобождают органический углерод и азот, серу и кальций и другие элементы, осуществляя основную функцию в системе – отбор и накопление питательных веществ. Большое значение имеют аэробные микроорганизмы, которые способны вегетировать на поверхности корней растений, поставляя доступные макроэлементы (в основном N, P, S) и другие вещества, благоприятствующие росту, включая ауксины и витамины. В сложном компосте и почве, гумусе и в живых организмах азота содержится больше, чем в растениях и животных, где он концентрируется в малодоступной форме медленно распадающихся органических веществ. Вот почему фиксация молекулярного азота атмосферы прокариотными организмами весьма важна в снабжении этим элементом растений и имеет гло-

бальное значение в биосфере, поскольку биологический азот важнее промышленного.

По связи с растениями азотфиксирующие бактерии разделяются в сложном компосте на симбиотические и несимбиотические; по их долево-му соотношению в сложном компосте преобладают, и весьма существенно, несимбиотические бактерии. Первая группа формирует клубеньки на корнях бобовых, а также деревьев и кустарников – например, ольхи и облепихи. Несимбиотические бактерии, достаточно многочисленные и многообразные, зависят от доступных источников органического углерода, которых в сложном компосте сравнительно много, и потому их роль в фиксации свободного азота достаточно весомая. Микоризные виды грибов в сложном компосте способны использовать труднодоступные соединения фосфора. Грибы-микоризообразователи улучшают питание высших растений не только фосфором, но и азотом, калием, серой, медью, цинком и некоторыми другими элементами.

Внесение сложного компоста в почву. Сложный компост обладает существенным запасом органического вещества, который расходуется в значительной мере живыми организмами и достигает определенного уровня минерализации. Верхний слой сложного компоста обычно выделяется рассеянным распределением органического вещества и широким варьированием встречающихся организмов. При задержке с внесением в почву органическое вещество сложного компоста активно расходуется, а микроорганизмы переходят на использование рассеянных его участков. При отсутствии поступления в сложный компост свежего растительного материала микроорганизмы переходят в основном в состояние покоя. Весьма важно определить уровень микробного пула, который для сложного компоста можно считать определяющим показателем его гомеостатичности [5, 12].

Для каждого вида отходов (дефекат, свиной навоз, куриный помет и т.д.) характерно свойственное именно ему содержание органических ве-

ществ (белков, сахаров, аминокислот, витаминов, ферментов и т.д.) и неорганических соединений (аммония, подвижного фосфора и других), а также уровень рН и специфика этих показателей в зависимости от региона. При добавлении в сложный компост растительных отходов (солома озимой пшеницы, ячменя, стебли кукурузы, подсолнечника, отходы свеклы и др.) в разложение включаются различные виды микроорганизмов, которые при благоприятных условиях (наличие влаги, температуры, питательных веществ) доводят их состояние до равновесного уровня [4, 5, 14].

По скорости разложения растительные остатки в компостах в осенне-зимне-весенний период можно расположить в следующий ряд: сахарная свекла → озимая пшеница → кукуруза → подсолнечник → озимый ячмень. Остатки свеклы минерализовались полностью, и сформированная масса сложного компоста была однородной без их четкого разделения. В остальных вариантах опыта визуально отмечено наличие остатков неразложившихся стеблей, а в некоторых случаях и полуразложившихся листовых влагалищ, особенно у кукурузы и озимого ячменя. Во всех вариантах отмечена хорошая агрегированность сформированных компостов, отличающихся пористой мелкозернистой структурой, сыпучестью и устойчивой влажностью на уровне 15-20% (рис. 1).



Рис. 1. Сложный компост с включением растительных отходов:

1 – отходы подсолнечника, 2 – солома озимой пшеницы

Передвижение микроорганизмов в разных направлениях от места их концентрации существенно затрудняется их адсорбцией почвенными частицами, особенно органическими веществами и глиной. Мелкие поры между частицами сложного компоста и почвы также вызывают затруднения в их перемещении. В отдельных местах возникают либо аэробные, либо анаэробные условия с резко меняющимися температурами, увлажнением, значениями рН и т.д. [28]. Сообщества живых организмов при разных условиях компостирования включают популяции микроорганизмов, осуществляющих аммонификацию, нитрификацию, азотфиксацию, а также трансформирующих органические и минеральные вещества и существенно разлагающих целлюлозу и другие труднодоступные соединения (табл. 3).

По общей оценке содержания основных элементов в сложном компосте наиболее вероятным сроком его первого внесения в почву является середина мая - начало июня. Задержка с внесением сложного компоста в почву приводит к существенной потере запасов углерода, общего и аммонийного азота. С усилением антропогенного влияния на окружающую среду возникает необходимость изучения особенностей функционирования всего комплекса сложных компостов. Понимание механизмов регулирования их устойчивости является весьма важным в формировании продуктивного сложного компоста, поскольку они определяют комплекс мероприятий, применяемых в сельском хозяйстве для повышения продуктивности почвы как важнейшей составляющей любой экосистемы.

Таблица 3. Агрохимическое состояние компостов с включением различных однолетних растительных остатков

Вариант	C, %	N, %	NH ₄ ⁺ , мг/кг	NO ₃ ⁻ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг
Май					
Пшеница	19,35	0,52	9,06	23,95	282,97
Ячмень	17,10	0,56	7,24	14,00	316,30
Подсолнечник	19,34	0,56	9,74	25,85	279,33
Кукуруза	19,88	0,57	8,39	27,90	297,21
Свекла	19,82	0,55	9,74	17,20	333,38
Вишня	18,62	0,63	11,67	14,00	267,21
Июль					
Пшеница	14,61	0,43	6,22	30,23	272,92
Ячмень	14,51	0,51	5,49	30,94	256,86
Подсолнечник	13,52	0,52	4,35	19,14	245,80
Кукуруза	13,30	0,55	4,19	24,63	235,35
Свекла	17,64	0,47	6,95	30,91	267,62
Вишня	14,32	0,57	8,98	24,62	347,06

Активность развития микроорганизмов в сложных компостах обеспечивает многообразие химических реакций между органическими и минеральными отходами и превращает их в верхнем слое почвы в единую биогеохимическую систему. Микроорганизмы в сложных компостах являются основными регуляторами формирования в них главных парниковых газов: двуокси углерода, окислов азота и других соединений. Использование сложных компостов для улучшения верхнего слоя почвы способствует его долговременному (на 4-6 лет) обогащению органическими, минеральными и азотно-фосфорными соединениями, а также сохранению концентрации полуторных окислов минеральных соединений, благоприятствующих экономному расходованию питательных веществ. В связи с накоплением значительного количества органических веществ сложный компост существенно превосходит по набору видов и обилию отдельных популяций микроорганизмов окружающие системы почвы. При внесении сложного компоста верхний слой почвы активно пополняется микроорганизмами, что активизирует обмен энергией и веществами между различными составляющими экосистемы.

Внесение в почву сложного компоста и развитие растений. Сообщества живых организмов способны при внесении в почву сложного компоста занять место в ризосфере и ризоплане формирующихся растений. В качестве примера приведем фотографии растений озимой пшеницы в разные фазы вегетации (рис. 2, 3, 4, 5). Взаимоотношения при внесении сложного компоста между растениями и почвенными условиями являются одной из наиболее актуальных проблем почвенной и сельскохозяйственной экологии, которая давно привлекает внимание ученых [28, 34]. Например, изучение микромицетов под посевами озимой пшеницы представляет большой интерес во взаимодействии высших растений и развития почвы при насыщении этой культурой севооборота (табл. 4). Большинство исследователей, изучавших микрофлору почв, основное внимание уделяют бактериям в консорциях этой культуры и их таксономическому составу. Грибная флора относительно мало исследована, хотя микромицеты играют важную роль в микробиологических процессах, как в формировании и развитии сложного компоста, так и в почвообразовании.



Контроль

Полуперепревший навоз КРС

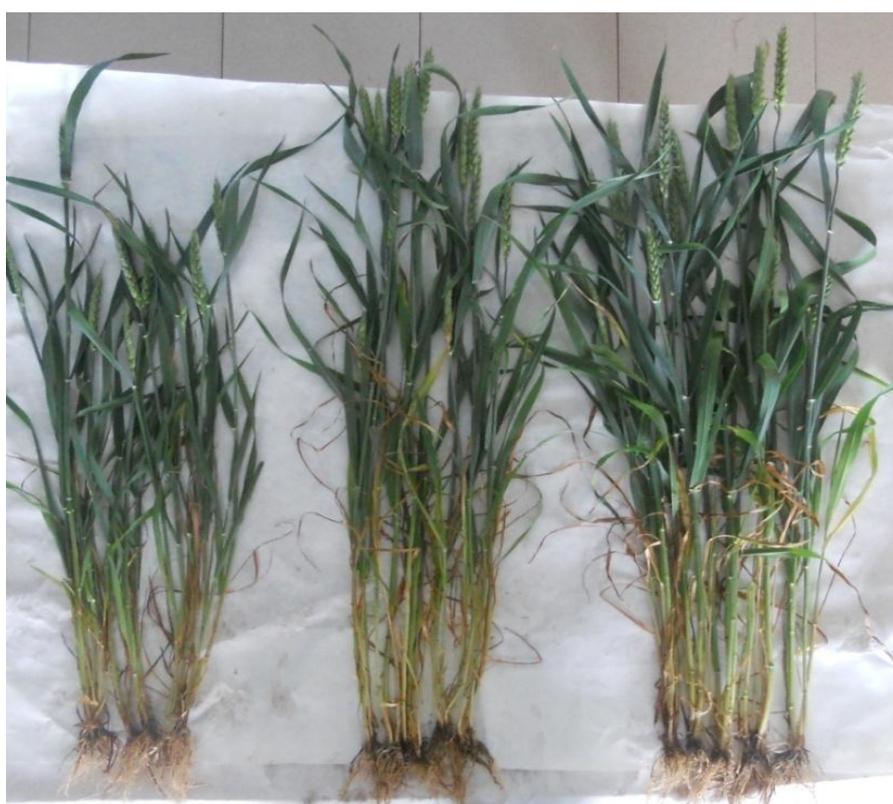
Сложный компост

Рис. 2. Последействие использования компоста и навоза на посевах озимой пшеницы: количество растений на 1 м² (III декада ноября 2011 г.)



Контроль Полуперепревший навоз КРС Сложный компост

Рис. 3. Последствие использования компоста и навоза на посевах озимой пшеницы: развитие растений в период кущения (II декада декабря 2011 г.)



Контроль Полуперепревший навоз КРС Сложный компост

Рис. 4. Последствие использования компоста и навоза на посевах озимой пшеницы: развитие растений в период колошения (II декада апреля 2012 г.)



Рис. 5. Последействие компоста в полевом опыте озимой пшеницы в период её созревания (II декада июня 2012 г): количество побегов на 1 м²

Таблица 4. Влияние внесения сложного компоста на агрофизические свойства почвы на полях с озимой пшеницей (апрель 2012 г.)

Вариант	Полевая влажность, %	Плотность почвы, г/см ³	Плотность твердой фазы почвы, г/см ³	Полная влагоемкость	Пористость	Коэффициент структурности
Контроль	30,04±0,6 1	1,10±0,02	2,13±0,05	0,44±0,02	0,48±0,02	2,56±0,2 9
Полуперепревший навоз КРС	30,31±0,7 9	1,08±0,02	2,10±0,08	0,45±0,02	0,49±0,02	2,43±0,3 2
Сложный компост	31,13±0,3 4	1,02±0,01	2,08±0,07	0,53±0,03	0,52±0,03	2,98±0,3 9

Случаи почвоутомления, как следствие токсикоза почвы при частом выращивании одной культуры (например, картофеля, подсолнечника и т.д.), связаны с накоплением в субстрате грибов-токсинообразователей, относящихся к сапротрофам. Почвенные микроскопические грибы обра-

зуют микотоксины, представляющие серьезную опасность для живых организмов, включая и человека. На развитие растений и микроорганизмов оказывают влияние минеральные вещества, витамины, фитонциды, ферменты и другие биологически активные соединения (табл. 5).

Таблица 5. Влияние внесения сложного компоста на агрохимические свойства почвы на полях с озимой пшеницей (апрель 2012 г.)

Вариант	Органическое вещество, %	N _{общ.} , %	NH ₄ ⁺ , мг/кг	NO ₃ ⁻ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг
Контроль	4,21±0,13	0,21±0,01	5,06±0,17	28,34±3,11	26,56±4,35
Полуперепревший навоз КРС	4,58±0,09	0,23±0,01	5,30±0,19	29,78±4,03	37,64±5,35
Сложный компост	4,90±0,08	0,26±0,01	5,53±0,20	29,12±4,31	59,14±6,91

Особо угнетающую роль в развитии растений играют микроскопические грибы, вызывающие замедление роста через выделение различных фитогормонов, которые в низких концентрациях в почве регулируют рост и другие функции метаболизма. Сюда относится этилен, производимый некоторыми грибами, в частности дрожжевыми. Микроскопические грибы как источники органического углерода являются основными продуцентами в почве этилена на средах с гуминовыми и фульвокислотами. Микроскопические сапротрофы способны выделять также другие газообразные вещества, оказывающие токсическое воздействие на растения. Токсичность грибов для растений проявляется и в задержке прорастания семян. Отдельные грибы и бактерии выделяют ауксины, продуцентом которых в первую очередь выступает азотобактер, вызывающий у растений снижение роста. Некоторые микоризообразующие грибы и коринеподобные бактерии выделяют фитогормоны и цитокинины, задерживающие старение клеток и выступающие в качестве регуляторов роста.

Анализ агрофизического состояния почвы на полях озимой пшеницы при различных вариантах исследований показал, что внесение сложного компоста заметно повышает полевую влажность верхнего слоя почвы, понижает показатели плотности почвы примерно на 6-10%, ослабляет плот-

ность твердой фазы почвы (на 5-6 г/см³), повышает пористость почвы и коэффициент её структурности, что вызывает улучшение физических свойств верхнего слоя почвы [27].

Изучение различных вариантов комбинирования минеральных и органических отходов показало, что формирование сложного компоста увеличило содержание органического вещества на 10-12%, общего азота на 6-8%, аммонийного азота на 5-6%, нитратного азота на 4-6%. Внесение как полуперепревшего навоза, так и отдельно взятого сложного компоста существенно увеличило содержание фосфора. Общая оценка химических свойств почвы при внесении по отдельности органических удобрений и сложных компостов показала заметное увеличение в последнем варианте содержания фосфора в её верхнем слое.

Улучшение агрофизических и агрохимических характеристик верхнего слоя почвы с внесением сложного компоста в посевах озимой пшеницы в целом благоприятно отразилось на её развитии (табл. 6).

Таблица 6. Влияние внесения сложного компоста на развитие растений озимой пшеницы в фазу созревания (середина июня 2012 г.)

Вариант	Количество побегов, шт. / 110 см	Количество колосков в колосе, шт.	Количество продуктивных побегов, шт./ 110 см	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
Контроль	57,00±3,2 3	17,30±0,2 4	2,51±0,14	37,63±2,68	38,09±1,27	46,90
Полуперепревший навоз	65,00±3,4 5	18,34±0,2 1	2,61±0,14	42,03±2,62	40,57±0,58	50,50
Сложный компост	76,00±4,1 1	19,32±0,2 2	3,04±0,19	43,89±1,28	42,77±0,78	55,80

Таким образом, бактериальные и грибные системы в сложном компосте в процессе его развития, а также растительные и микробные системы в почве весьма активно взаимодействуют. Так, сохранение семян растений,

спор микроорганизмов, активность покоящихся почек зоны кущения и другие процессы определяются в сложных компостах конкретными условиями – температурными, водными, воздушными и трофическими характеристиками. При внесении сложного компоста в почву его влияние на эти процессы в жизни растений осуществляются через почвенные микроорганизмы и выделяемые ими метаболиты. Такие зависимости проявляются в процессе анализа особенностей развития консорциев в растительных и микробных сообществах. Именно детерминант определяет в основном систему высших и низших живых организмов, фитопатогенных грибов, симбиотических и ризосферных микроорганизмов, формирующих различные консорции. Микотрофные организмы сложного компоста способны к весьма широкой адаптации, и при их внесении в почву нередко отмечаются корреляции между их составом, развитием растений и микоризой почвы в целом и с её водно-воздушным режимом и наличием питательных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артемьева З.С. Органические и органоглинистые комплексы органодеградированных почв: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – М., 2008. – 45 с.
2. Белюченко И.С. Эволюционная экология. – Краснодар, 2001. – 504 с.
3. Белюченко И.С. Геленджикский район // Экол. проблемы Кубани. – 2002. – № 17. – 274 с.
4. Белюченко И.С. Зонирование территории Краснодарского края и особенности функционирования природных и техногенных систем // Экол. проблемы Кубани. – 2003. – № 20. – С. 4-19.
5. Белюченко И.С., Корунчикова В.В. К вопросу о поддержании биоразнообразия живых организмов в природных ландшафтах Краснодарского края методами интродукции и акклиматизации // Экол. проблемы Кубани – 2003. – № 20. – С. 20-33.
6. Белюченко И.С. К вопросу о специфичности речной гидрологии Краснодарского края // Экол. проблемы Кубани. – 2004. – № 26. – С. 5-9.
7. Белюченко И.С., Мамась Н.Н. Оценка состояния речных систем степной зоны края и предложения по улучшению их экологической ситуации // Экол. проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 198-206.
8. Белюченко И.С. К вопросу о специфичности речной гидрологии Краснодарского края // Экол. проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 21-164.
9. Белюченко И.С. Экология Кубани. – Краснодар, 2005. – Ч. II – 470 с.
10. Белюченко И.С. Введение в экологический мониторинг. – Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2011. – 297 с.
11. Белюченко И.С. Введение в антропогенную экологию. – Краснодар: Изд-

во КубГАУ, 2011. – 265 с.

12. Белюченко И.С. Влияние фосфогипса на трансформацию азота в черноземе обыкновенном степной зоны Кубани // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2008а. – Т. 4. – № 2. – С. 144-147.

13. Белюченко И.С., Муравьев Е.И. Коллоидный состав и коагуляционные свойства дисперсных систем почвы и некоторых отходов промышленности и животноводства // Тр. КубГАУ. – 2008а. – № 11. – С. 177-182.

14. Белюченко И.С., Муравьев Е.И. Влияние отходов промышленного и сельскохозяйственного производства на физико-химические свойства почв // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2009. – Т. 5. – № 1. – С. 84-86.

15. Белюченко И.С. Проблемы рекультивации отходов быта и производства (по материалам I Всероссийской научной конференции по проблемам рекультивации отходов) // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2009. – Т. 5. – № 3. – С. 72-78.

16. Белюченко И.С. Экологическое состояние бассейнов степных рек Кубани и перспективы их развития // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010а. – Т. 6. – № 2. – С. 5-16.

17. Белюченко И.С. Роль регионального мониторинга в управлении природно-хозяйственными системами края // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010б. – Т. 6. – № 4. – С. 3-16.

18. Белюченко И.С. К вопросу о роли леса в функциональном восстановлении бассейнов степных рек края // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010в. – Т. 6. – № 3. – С. 3-14.

19. Белюченко И.С. Экология Краснодарского края (Региональная экология). Краснодар. 2010г. 315 с.

20. Белюченко И.С. Экологические проблемы степной зоны Кубани, причины их возникновения и пути решения // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2011а. – Т. 7. – № 3. – С. 47-64.

21. Белюченко И.С. К вопросу о формировании и свойствах органоминеральных компостов и реакции растений кукурузы на их внесение // Экол. Вестник Сев. Кавказа – 2011б. – Т. 7. – № 4. – С. 65-74.

22. Белюченко И.С. Применение органических и минеральных отходов для подготовки сложных компостов с целью повышения плодородия почв* // Тр. / Куб ГАУ. – 2012а. – Т. 1. – № 39. – С. 63-68.

23. Белюченко И.С. Использование отходов быта и производства для создания сложных компостов с целью повышения плодородия почв // Тр. / Куб ГАУ. – 2012б. – Т. 1. – № 38. – С. 68-72.

24. Белюченко И.С. К вопросу о механизмах управления развитием сложных компостов // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012в. – Т. 8. – № 8. – С. 88-111.

25. Белюченко И.С. Сложный компост и его роль в улучшении почв // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012г. – Т. 8. – № 2. – С. 75-86.

26. Белюченко И.С., Петренко Д.В. Содержание стронция по профилю различных почв в районе предприятия по производству фосфорных удобрений (на примере ОАО «Еврохим-БМУ», г. Белореченск) // Тр. / Куб ГАУ. – 2012д. – Т. 1. – № 35. – С. 123-128.

27. Белюченко И.С. Дисперсные и коллоидные системы отходов и их коагуляционные свойства // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2013. – Т. 9. – № 1. – С. 13-38.

28. Кураков А.В., Белюченко И.С. Микроскопические грибы почвы, ризосферы и ризопланы хлопчатника и тропических злаков, интродуцированных на юге Таджикистана // Микробиология. – 1994. – Вып. 6. – С. 97-104.

29. Муравьев Е.И., Белюченко И.С. Коллоидный состав и коагуляционные

свойства дисперсных систем почвы и некоторых отходов промышленности и животноводства // Тр. / Куб ГАУ. – 2008. – № 11. – С. 177-182.

30. Муравьев Е.И., Добрыднев Е.П., Белюченко И.С. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 1. – С. 31-39.

31. Муравьев Е.И., Попок Л.Б., Попок Е.В., Гукалов В.Н., Белюченко И.С. Закономерности латерального и вертикального распределения тяжелых металлов в почвах агроландшафта (на примере изучения агроландшафта ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района Краснодарского края) // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 1. – С. 5-24.

32. Петренко Д.В., Белюченко И.С. Влияние отходов Белореченского химзавода на содержание стронция в окружающих ландшафтах // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012. – Т. 8. – №1. – С. 4-79.

33. Попова Т.В., Гукалов В.Н., Белюченко И.С. Особенности распределения тяжелых металлов в корнеобитаемом слое чернозема обыкновенного в разных местобитаниях // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 1. – С. 24-26.

34. Kurakov A.V., Than H.T.H., Belyuchenko I.S. Microscopic fungi of soil, rhizosphere, and rhizoplane of cotton and tropical cereals introduced in southern Tajikistan, Microbiology (Mikrobiologiya) – 1994. – Т. 63. – № 6. – С. 1101.

REFERENCES

1. Artem'eva Z.S. Organicheskie i organoglinistye komplekсы organo-degradirovannyh pochv: Avtoref. diss. ... dokt. biol. nauk. – M., 2008. – 45 s.

2. Beljuchenko I.S. Jevoljucionnaja jekologija. – Krasnodar, 2001. – 504 s.

3. Beljuchenko I.S. Gelendzhikskij rajon // Jekol. problemy Kubani. – 2002. – № 17. – 274 s.

4. Beljuchenko I.S. Zonirovanie territorii Krasnodarskogo kraja i osobennosti funkcionirovanija prirodnyh i tehnogennyh sistem // Jekol. problemy Kubani. – 2003. – № 20. – S. 4-19.

5. Beljuchenko I.S., Korunchikova V.V. K voprosu o podderzhanii bioraznoobrazija zhivyh organizmov v prirodnyh landshaftah Krasnodarskogo kraja metodami introdukcii i akklimatizacii // Jekol. problemy Kubani – 2003. – № 20. – S. 20-33.

6. Beljuchenko I.S. K voprosu o specifichnosti rechnoj gidrologii Krasnodarskogo kraja // Jekol. problemy Kubani. – 2004. – № 26. – S. 5-9.

7. Beljuchenko I.S., Mamas' N.N. Ocenka sostojanija rechnyh sistem stepnoj zony kraja i predlozhenija po uluchsheniju ih jekologicheskoj situacii // Jekol. problemy Kubani. – 2005. – № 30. – S. 198-206.

8. Beljuchenko I.S. K voprosu o specifichnosti rechnoj gidrologii Krasnodarskogo kraja // Jekol. problemy Kubani. – 2005. – № 30. – S. 21-164.

9. Beljuchenko I.S. Jekologija Kubani. – Krasnodar, 2005. – Ch. II – 470 s.

10. Beljuchenko I.S. Vvedenie v jekologicheskij monitoring. – Krasnodar: Izd-vo KubGAU, 2011. – 297 s.

11. Beljuchenko I.S. Vvedenie v antropogennuju jekologiju. – Krasnodar: Izd-vo KubGAU, 2011. – 265 s.

12. Beljuchenko I.S. Vlijanie fosfogipsa na transformaciju azota v chernozeme obyknovennom stepnoj zony Kubani // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2008a. – Т. 4. – № 2. – S. 144-147.

13. Beljuchenko I.S., Murav'ev E.I. Kolloidnyj sostav i koaguljacionnye svojstva dispersnyh sistem pochvy i nekotoryh othodov promyshlennosti i zhivotnovodstva // Tr. KubGAU. – 2008a. – № 11. – S. 177-182.
14. Beljuchenko I.S., Murav'ev E.I. Vlijanie othodov promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva na fiziko-himicheskie svojstva pochv // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza, – 2009. – T. 5. – № 1. – S. 84-86.
15. Beljuchenko I.S. Problemy rekul'tivacii othodov byta i proizvodstva (po materialam I Vserossijskoj nauchnoj konferencii po problemam rekul'tivacii othodov) // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2009. – T. 5. – № 3. – S. 72-78.
16. Beljuchenko I.S. Jekologicheskoe sostojanie bassejnov stepnyh rek Kubani i perspektivy ih razvitija // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2010a. – T. 6. – № 2. – S. 5-16.
17. Beljuchenko I.S. Rol' regional'nogo monitoringa v upravlenii prirodnohozjajstvennymi sistemami kraja // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2010b. – T. 6. – № 4. – S. 3-16.
18. Beljuchenko I.S. K voprosu o roli lesa v funkcional'nom vosstanovlenii bassejnov stepnyh rek kraja // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2010v. – T. 6. – № 3. – S. 3-14.
19. Beljuchenko I.S. Jekologija Krasnodarskogo kraja (Regional'naja jekologija). – Krasnodar. – 2010g. – 315 s.
20. Beljuchenko I.S. Jekologicheskie problemy stepnoj zony Kubani, prichiny ih voznikovenija i puti reshenija // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2011a. – T. 7. – № 3. – S. 47-64.
21. Beljuchenko I.S. K voprosu o formirovanii i svojstvah organomineral'nyh kompostov i reakcii rastenij kukuruzy na ih vnesenie // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza – 2011b. – T. 7. – № 4. – S. 65-74.
22. Beljuchenko I.S. Primenenie organicheskikh i mineral'nyh othodov dlja podgotovki slozhnyh kompostov s cel'ju povyshenija plodorodija pochv* // Tr. / Kub GAU. – 2012a. – T. 1. – № 39. – S. 63-68.
23. Beljuchenko I.S. Ispol'zovanie othodov byta i proizvodstva dlja sozdaniya slozhnyh kompostov s cel'ju povyshenija plodorodija pochv // Tr. / Kub GAU. – 2012b. – T. 1. – № 38. – S. 68-72.
24. Beljuchenko I.S. K voprosu o mehanizmah upravlenija razvitiem slozhnyh kompostov // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012v. – T. 8. – № 8. – S. 88-111.
25. Beljuchenko I.S. Slozhnyj kompost i ego rol' v uluchshenii pochv // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012g. – T. 8. – № 2. – S. 75-86.
26. Beljuchenko I.S., Petrenko D.V. Soderzhanie stroncija po profilju razlichnyh pochv v rajone predpriyatija po proizvodstvu fosfornyh udobrenij (na primere OAO «Evrohim-BMU», g. Belorechensk) // Tr. / Kub GAU. – 2012d. – T. 1. – № 35. – S. 123-128.
27. Beljuchenko I.S. Dispersnye i kolloidnye sistemy othodov i ih koaguljacionnye svojstva // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2013. – T. 9. – № 1. – S. 13-38.
28. Kurakov A.V., Beljuchenko I.S. Mikroskopicheskie griby pochvy, rizosfery i rizoplany hlochatnika i tropicheskikh zlakov, introducirovannyh na juge Tadjikistana // Mikrobiologija. – 1994. – Vyp. 6. – S. 97-104.
29. Murav'ev E.I., Beljuchenko I.S. Kolloidnyj sostav i koaguljacionnye svojstva dispersnyh sistem pochvy i nekotoryh othodov promyshlennosti i zhivotnovodstva // Tr. / Kub GAU. – 2008. – № 11. – S. 177-182.
30. Murav'ev E.I., Dobrydnev E.P., Beljuchenko I.S. Perspektivy ispol'zovanija fosfogipsa v sel'skom hozjajstve // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2008. – T. 4. – № 1. – S. 31-39.
31. Murav'ev E.I., Popok L.B., Popok E.V., Gukalov V.N., Beljuchenko I.S. Zakono-mernosti lateral'nogo i vertikal'nogo raspredelenija tjazhelyh metallov v pochvah agro-

landshafta (na primere izuchenija agrolandshafta OAO «Zavety Il'icha» Leningradskogo rajona Krasnodarskogo kraja) // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2008. – T. 4. – № 1. – S. 5-24.

32. Petrenko D.V., Beljuchenko I.S. Vlijanie othodov Belorechenskogo himzavoda na sodержanie stroncija v okružhajushhих landshaftah // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012. – T. 8. – №1. – S. 4-79.

33. Popova T.V., Gukalov V.N., Beljuchenko I.S. Osobennosti raspredelenija tjazhe-lyh metallov v korneobitaemom sloe chernozema obyknovenного v raznyh mestoobitanijah // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2010. – T. 6. – № 1. – S. 24-26.

34. Kurakov A.V., Than H.T.H., Belyuchenko I.S. Microscopic fungi of soil, rhizosphere, and rhizoplane of cotton and tropical cereals introduced in southern Tajikistan, Microbiology (Mikrobiologiya) – 1994. – T. 63. – № 6. – S. 1101.