

УДК 631.879.42

СЛОЖНЫЙ КОМПОСТ КАК ВАЖНЫЙ ИСТОЧНИК ОБОГАЩЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПИТАТЕЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

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

Многокомпонентный сложный компост представляет собой хорошую среду для развития значительного числа видов и популяций живых организмов, продуцирующих ферменты, витамины и другие активные вещества. По химическим и физическим свойствам сложные компосты являются гетерогенными и многодисперсными временными системами, а по генофонду живых организмов представляют собой богатый комплексный субстрат. Гетерогенность сложных компостов характеризуется весьма широким набором организмов, использующих отходы животных и выделения прорастающих семян и спор высших и низших растений.

Ключевые слова: СЛОЖНЫЙ КОМПОСТ, ПОПУЛЯЦИИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ, МНОГОДИСПЕРСНЫЙ КОМПЛЕКСНЫЙ СУБСТРАТ, ГЕТЕРОГЕННОСТЬ КОМПОСТОВ, ТРОФИЧЕСКИЕ ГРУППЫ МИКРООРГАНИЗМОВ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША

Введение. Значение сложных компостов в подготовке искусственных качественных мелиорантов на основе использования отходов разного производства и происхождения чрезвычайно важна. Сложные компосты при правильном их приготовлении, а затем и внесении в верхний слой почвы существенно дополняют и улучшают его физико-химические и биологические свойства, функционально усиливают экологические взаимосвязи, и потому, мы считаем, необходимо выделить их в особую группу биокосных образований [1]. Это возможно реализовать через совместимость в компостах четырехфазной системы их функционирования, включая три фазы абиотического блока (твердую, жидкую и газообразную) и одну биотическую фазу (система живых организмов). В нашем понимании, почва и сложный компост представляют собой единство биокосной системы и населяющих их живых организмов со многими экологическими функциями. Живые организмы сложных компостов составляют собой сообщества биохимического единения живых клеток всех форм организации, включая от весьма примитивных образований прокариот, до весьма сложных высокоорганизованных животных, включая в свой состав сходные структурные элементы применяющие близкие механизмы образования энергии [5, 29, 31].

Сложный компост оказывает заметное влияние на численность и самое главное соотношение ряда трофических групп почвенных живых организмов (табл. 1). Внесение сложного компоста в верхний слой почвы подчеркивает влияние на популяции практически всех их основных группировок [1, 2, 7]. Обращает на себя внимание усиление активности азотфиксирующих и особенно целлюлозоразрушающих групп. С поступлением в почву сложного компоста при хорошем увлажнении в целом всего субстрата усиливается связь минеральной части с органическими веществами, а затем и гумусом, а также

УДК 631.879.42

MULTI-LAYER COMPOST AS AN IMPORTANT SOURCE OF ENRICHMENT OF SOIL NUTRIENTS

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

Multicomponent compost represents a good environment for a significant number of species of living organisms and populations which produce enzymes, vitamins and other active substances. Chemical and physical properties of complicated composts are heterogeneous and polydisperse interim systems, and on the gene pool of living organisms are a rich comprehensive substratum. The heterogeneity of complicated composts of characterized by a very wide range of organisms which using animal waste and isolating of germinating seeds and spores of higher and lower plants

Keywords: COMPLICATED COMPOST, POPULATIONS OF LIVING ORGANISMS, POLYDISPERSE COMPLICATED SUBSTRATUM, HETEROGENEITY OF COMPOSTS, TROPHIC GROUPS OF MICROORGANISMS, ECOLOGICAL NICHE

фосфором, что в основном обусловлено дисперсностью отходов и химизмом их коллоидов [4, 5, 9].

Таблица 1. Численность основных трофических групп почвенных микроорганизмов

Вариант	Аммонифицирующие, кл/г x 10 ⁶	Амилотические, кл/г x 10 ⁶	Нитрифицирующие	Олиготрофные, КОЕ/г x 10 ⁵	Уровень потенциальной активности микрофлоры, %	
					Азотфиксирующей	Целлюлозоразрушающей
Почва	105	115	10 ⁻⁵	21	62	61
Почва + NPK	80	154	10 ⁻⁵	30	74	82
Почва + NPK + сложный компост	70	110	10 ⁻⁴	18	82	93

В сложных компостах в зависимости от их состава можно выделить следующие составляющие: 1) крупные минеральные и органические остатки, 2) коллоидальные образования (минеральные и органические), 3) водные и воздушные включения, 4) ионы растворимых соединений, 5) почвенные животные и микроорганизмы, 6) семена, корневища и запасные почки растений. Близкое сходство сложного компоста с почвой подчеркивается тесным их взаимодействием и аналогией многих процессов [3, 6, 8, 10]. Сложные компосты в верхнем слое почвы играют существенную роль в системе сохранения и восстановления её функций. В процессе формирования сложных компостов и подготовки отходов составляющих закладываются основы их совместимости с почвой и расширению эколого-функциональных ниш. При изложении вопросов об экологических функциях сложных компостов мы опираемся на результаты наших исследований, а также на данные других авторов [12, 13, 15].

В основу классификации сложных компостов положены их физические свойства – влажность, температура, плотность, гранулометрический и валовый состав, а также биометрическая структура: отдельные зачатки разнообразных живых организмов, включая прокариоты и эукариоты, одноклеточные водоросли, семена растений, яйца и личинки беспозвоночных и т.д.[17, 20, 21, 25] Указанные свойства вызванные сложным компостом выполняют важнейшую функцию – предоставление за счет расширения экологических ниш жизненного пространства для широкого круга живых организмов в отличие от чисто минеральных сухих или жидких удобрений. Сложные компосты не только обеспечивают возможность функционировать, но и защищать живые организмы от неблагоприятных условий, чему способствует улучшение и увлажнения, и температуры. Сложный компост улучшает водный режим и условия питания всех живых организмов, обитающих в его структуре [39, 40, 41].

Особый интерес сложные компосты вызывают своими химическими свойствами и в первую очередь – содержанием питательных веществ (гумус, азот, фосфор, сера, кальций, практически все микроэлементы, многие витамины и другие органические включения), обеспечивая важнейшую функцию - питание микроорганизмов, включающихся в сложнейшие биохимические процессы в получаемой смеси (почва + сложный компост).

С внесением в сложный компост минеральных отходов после увлажнения субстрата активно образуются достаточно устойчивые микро- и макроагрегаты. Известно, что органическое вещество (гумус) в различных сложных компостах отличается по срокам своего функционирования, но в целом выделяется относительно коротким ак-

тивным периодом. Введение минеральных отходов в сложный компост способствует образованию в нем широко микро- и макроагрегатов органоминерального комплекса. Агрегация органических и минеральных частиц является весьма важной основой физической стабильности органического вещества, а сами агрегаты выполняют роль главного хранителя в сложном компосте органического углерода. Образующиеся с минеральными отходами органические агрегаты различаются по форме и размеру [39, 43, 45]. Основным организатором агрегатного устройства в сложном компосте является органическое вещество. При внесении минерального отхода, основу которого составляет кальций, организатором сложного компоста выступает все-таки органическое вещество почвы или полуперепревший навоз, но ядром формирующихся агрегатов выступают минеральные частицы размером менее 0,1 мм, на которые «наклеивается» масса органических (гуминовые вещества, белки и другие образования) и мелких минеральных частиц (алюмосиликаты) [46, 48, 52].

Предварительная оценка продолжительности периода полураспада гумуса в черноземе обыкновенном в условиях Кубани колеблется от 1,5 до 2,5 лет, т.е. полный период расходования органического вещества в макроагрегатах в среднем составляет от 15 до 25 лет. Исследования в этом направлении весьма перспективны, поскольку получение и внесение сложного компоста и усиление в нем агрегируемости (микро- и макро-) способствует защите её органического углерода, благоприятствует компостированию с органическими отходами (навоз, дефекация, куриный помет, осадки сточных вод и т.д.) и способствует удлинению активной функции совместимости минеральных отходов и органических веществ в почве до 5 лет и больше благодаря их умеренному и равномерному расходованию [13, 14, 16, 19].

Большое значение в сложном компосте представляют запасы влаги и легкодоступных питательных веществ, которые расходуются растительными и животными организмами. Питательные вещества находятся в коагулированных органоминеральных агрегатах сложного компоста. Органические коллоиды сложных компостов обеспечивают подвижные соединения питательных веществ и влаги, которые поддерживают существование разнообразных живых организмов, что является основой формирования почвенного плодородия. В процессе адсорбции органических и минеральных коллоидов при совмещении разнородных отходов (например, навоза и фосфогипса и т.д.), активизируется ряд ферментов (уреазы и др.), усиливающих биохимические процессы в сложных компостах [19, 26, 27].

Представляя комплексную систему, сложные компосты объединяют в процессе формирования из разнородных составляющих органического (осадки бытовых стоков, навоз КРС, свиней, куриный помет, отходы растительности после уборки и др.) и минерального (фосфогипс, сильвинит, галит, зола) происхождения, обладающих определенными силами поверхностного натяжения, которые проявляются на границах различных коллоидов. Благодаря проявлению таких взаимоотношений между различными компонентами сложные компосты способны поддерживать многие соединения, формирующиеся за период их образования из осадков и пыли, а также в результате полива и т.д. [18, 29, 30].

Основная часть инфильтрата обогащает верхний слой сложного компоста, который накапливает коллоиды, а также растворимые соединения, составляющие основу обмена ряда веществ на поверхности формирующихся тонкодисперсных частиц. Возникновение сорбционной активности при формировании сложных компостов не всегда обобщается, поскольку компостируемый материал иногда не удачно сочетается при смешении их составляющих [31, 32, 33].

Сорбционная активность сложных компостов проявляется не только в механическом или химическом поглощении поступивших органических и минеральных соеди-

нений, но и в накоплении популяций живых организмов на поверхности органоминеральных коллоидов. Значение этой особенности сложных компостов нельзя недооценивать, поскольку многие из живых организмов не только не наращивают свои популяции, но и не участвуют в формировании их сообществ. Сорбционная активность микроорганизмов (прокариотов и эукариотов, а также одноклеточных водорослей) в сложных компостах благоприятствует развитию определенной направленности биологических процессов, активируемых при их попадании в верхний слой почвы [34, 42, 49, 53].

Внесение сложного компоста в верхний слой почвы целесообразно осуществлять в фазе их полной «спелости», когда они достигают своего пика по соотношению органических и минеральных веществ, а также уровня развития биологических систем. Раннее внесение сложного компоста будет способствовать выбору ряда элементов из почвы для его формирования, а при позднем внесении он не всегда сможет поддерживать мощность верхнего слоя почвы. Иными словами, индикация стадий состояния сложного компоста имеет важное значение и требует обращать внимание на его температуру и влажность, солевой режим, плотность, аэрацию и т.д. Эти и другие физические и химические свойства сложных компостов, несущие определенную информацию в верхний слой почвы, могут ускорять или тормозить развитие в них тех или иных процессов [9, 13, 18].

Определенный интерес представляет системная роль сложных компостов, проходящих такие важные процессы, как трансформация составляющих в них веществ, включающих прежде всего химические и биохимические реакции. Сюда следует отнести преобразование чисто минеральной составляющей сложного компоста (мел, фосфогипс, галиты, сильвиниты и т.д.), а также преобразование выделяющихся газов в результате разложения органических составляющих (NH_3 , CH_4 и CO_2 в навозе, курином помете и т.д.) и отличающихся хорошей растворимостью. К этой проблеме следует отнести также защитную функцию процессов гниения и выделения CO_2 и других газов, которыми обогащается биосфера, что предохраняет уход газообразных соединений в атмосферу, потерю элементов питания с аэрируемой влагой территории и т.д. [29]

Взаимодействие различных функций компонентов в сложном компосте, его готовность и внесение в верхний слой почвы является для последней весьма важным условием поддержания и повышения плодородия и в целом улучшения развития почвенного покрова и растительных систем. Масштабы образования многих органических отходов и трансформации их развития стали сопоставимыми с формированием детритной стадии развития составляющих основу их сообществ. В связи с этим большое значение имеют проблемы формирования сложного компоста в их взаимодействии с населяющими живыми организмами; совмещение их с минеральными отходами существенно улучшает в целом гранулометрический и валовый состав, а также сокращает расходную составляющую [33, 34, 39, 40].

Завершая анализ обсуждения этого раздела необходимо подчеркнуть, что для сложных компостов в целом характерна широкая полифункциональность в отличие от минеральных удобрений (сухих или жидких); в их функционировании проявляется широкий спектр взаимодействий физических, химических и биологических особенностей, существенно усложненных по сравнению с упрощенными характеристиками отдельно взятых химических удобрений [22, 34, 47].

Уникальность сложных компостных систем. Как самая сложная природная система суши почва является многокомпонентным и многофункциональным образованием (атмо-, гидро-, био-, литосферы), определяющим взаимодействие между всеми её составляющими. Располагаясь в верхней части литосферы (в твердофазной литосферной фазе), почва одновременно является каркасом весьма специфичной системы и очень важным структурным образованием. Жидкие и газообразные продукты, выделя-

ющиеся из формирующихся многокомпонентных веществ отходов, накапливающиеся в составе сложного компоста, постепенно меняют свой химический состав и превращают его в материнскую породу, которая постепенно становится относительно самостоятельной системой, с одной стороны, и весьма основательно входит в подсистемы биосферных оболочек – атмосферу, литосферу и других составляющих экосферы, с другой [17, 22, 29]. Сложный компост, внешне схожий с почвой (по составным частям, его структуре и т.д.), тем не менее отличается от неё составом (в 2-3 раза и больше содержит органического вещества, заметно больше поддерживает концентрацию макро- и микроэлементов, лучше сохраняет влагу, имеет более высокий уровень минеральных и органических коллоидов, заметно отличается уровнем физических и химических характеристик и т.д.), агрономическими и другими свойствами [25, 26].

Совмещение сложного компоста и почвы в соотношении 1:100 повышает в последней содержание в верхнем слое органического вещества более чем на 0,5-0,6% и продолжительность его сохранения повышается на 25-30%. Сложный компост усиливает агрономические свойства в основном верхнего слоя почвы в течение 5-6 лет при заметном улучшении использования растениями элементов питания, улучшениях их экологических и биологических характеристик, способствует сокращению непроизводительных расходов основных составляющих. Функции почв (атмосферные, биосферные, гидросферные и литосферные) с внесением сложного компоста существенно трансформируются, активизируются их составляющие и заметно улучшаются качественно [27, 32, 34].

Иными словами, с внесением сложного компоста в верхнем слое почвы улучшаются вещественные, информационные, структурные, энергетические и химические составляющие. Под влиянием сложного компоста вещественные составляющие в почве вызывают образование новых соединений, преобразующих химический состав, включая органическое вещество (гумус, подстилка), различные органоминеральные соединения, различающиеся физическими, физико-химическими и химическими свойствами хелаты, новообразованные гумусовые соединения – видоизмененные минералы, легкорастворимые соли, карбонаты, ил, тонкая пыль, гипс, дисперсные фракции кремния, глины, а также видоизмененные минералы, легкорастворимые соли, осадки и отложения сложных соединений и т.д.

Сложный компост, даже самый сложный, не имеет конкретного научного определения. Безусловно, что в отличие от отходов отдельного производства или ряда производств, каждый из которых представляет самостоятельный физический и химический состав антропогенного происхождения, не имея ни возраста, ни продолжительности развития [31, 33, 34]. Отходы минерального происхождения практически не отличаются, по крайней мере на первых порах, внешними особенностями воздействия (фосфогипс, известняковая мука, зола, отходы калийного производства), что указывает на отсутствие между ними функциональных связей. На отходы органического происхождения воздействуют прямые внешние факторы (временной период, осадки, температура, семена растений и т.д.), и у них более четко проявляются функциональные связи.

Различные виды отходов с годами постепенно формируют между собой функциональные связи, а также между компонентами биосферы – водой, воздухом, растительностью и т.д. Такие свойства сложных компостов явились основой для разграничения взаимосвязей различных отходов с точки зрения их экологической роли, динамики физического, химического и эколого-биологического развития и становления в качестве своеобразных включений в общую систему их формирования [20, 26, 28, 30].

Многие отходы являются продуктом газообразного выброса и сброса жидкого или твердого состава в результате переработки какого-либо природного сырья, приобретающего совершенно новое качество и, как правило, не имеющего никакой связи с со-

ставляющими биосферы. У многих минеральных отходов нет определенной физической структуры и четких характеристик (гранулометрии, определенных параметров водного режима и т.д.), отсутствуют устоявшиеся химические и биологические свойства и взаимодействия с высшими растениями и животным миром. Естественно, что в минеральных отходах нет организованных сообществ, объединяющих прокариоты и эукариоты колонии, отсутствуют реально возможности жизнеобитания животных организмов. Первая особенность любого минерального отхода – это полная невозможность жизни при отсутствии реальных экологических ниш [40, 41, 42].

Чем раньше мы решим проблему формы использования сложных компостов, тем яснее обозначатся конкретные направления воссоздания динамичных систем на основе развития в них химических и биологических процессов. Включением отдельных отходов при смешивании с другими добьемся более раннего их созревания в сложном компосте прежде всего за счет химико-биологических процессов и их вовлечения в развитие весьма сложных взаимосвязей, определяющих перспективу их подготовки и последующего использования в сельскохозяйственном производстве в качестве мелиорантов для улучшения различных почв, и в первую очередь их верхнего покрова [26, 27].

Основными условиями, влияющими на формирование сложных компостов является влага и тепло, усиливающими возможности сближения составляющих их химико-биологических основ. По мере развития отдельных форм отношений между различными отходами сложный компост начинает приобретать черты сходства с формированием верхнего слоя почвы, использующего основным источником энергии солнце. Важная часть солнечной радиации используется на повышение температуры сложного компоста, испарение его воды, развитие и жизнеобеспечение живых организмов, на другие процессы, включая распад горной породы и разложение органического вещества [29, 31, 32].

Скорость почвообразовательного процесса в сложном компосте (механические аспекты агрегации, химические реакции и т.д.) при смешивании различных отходов существенно повышается через их активность: усиливаются внутренние процессы выветривания, идет развитие явления гумификации (при наличии неразложившихся органических остатков), повышается активность агрегирования коллоидов минеральных и органических ресурсов отдельных составляющих нового образования. В процессе такого развития улучшается структура сложного компоста, его химическая и биологическая активность, а также формируется его физическая устойчивость. Важным условием трансформации сложного компоста в его развитии по типу почвообразовательного процесса является вода, поступающая в основном из атмосферных осадков [17].

Сложные компосты лучше сохраняют в своем составе воду, полученную в техническом процессе, а также воду дождей, и они, по сути дела, непрерывно при её поступлении поддерживают, способствуют жизнедеятельности населяющих их организмов и регулируют этот обмен. В сложном компосте вода способствует развитию миграции различных веществ и отдельных элементов через обмен между солями простых растворов с последующим усилением их коллоидального состава. Постепенно взаимодействие в сложном компосте от простых реакций, идущих в жидкой среде, переходит на участие в этих реакциях комплексных жидких и твердых фаз, а затем и газообразных веществ. Именно наличие в сложном компосте влаги и минеральных коллоидов содействует медленному развитию в них окислительно-восстановительных процессов. Высокая влажность органических отходов (навоз, куриный помет, отходы свекловичного производства, осадки сточных вод и др.) служат основой восстановительных условий, в сложном компосте, особенно в нижней части размещения буртов, сдерживая развитие перегноя [21, 29, 34].

Наличие органических минеральных веществ в отходах, формирующих сложный компост определяет емкость их теплообеспеченности, а также влияет на испарение и в целом на водный обмен. Влияние тепла и влаги определяет коэффициент увлажнения сложного компоста с учетом количества осадков и их испаряемости за определенный период времени. Водный режим сложных компостов связан с их водообеспеченностью [33, 36, 37].

Важной особенностью развития сложных компостов является сезонная динамика климатических условий, особенно тепла и влаги, с чем связаны процессы трансформации отходов (их ускорение или торможение) и усиления их биологической активности. Состав органических и минеральных растворов в сложном компосте, их передвижение во всей толще бурта, особенно в вертикальном профиле, зависит от климатических особенностей сезонов года и варьирования скорости энергетического обеспечения трансформации минерального вещества. Большое значение в процессах новообразования отдельных форм гумуса имеют минеральные коллоиды [40, 41].

Развитие сложных компостов невозможно без функционирования живых организмов, избирательно использующих нужные им элементы из состава отходов и потому служащих важным условием переработки самих отходов. Кроме того, например, дождевые черви, жуки и другие «трудяги» служат переносчиками различных частей растений и отмерших животных и тем самым усиливают физические и химические преобразования сложного компоста [34, 44].

Органические вещества сложного компоста, имеющие в начальный период компостирования относительно небольшие популяции живых организмов – микроорганизмов и животных, минерализуются сравнительно мало, и его основная часть трансформируется по направлению гумификации. Примерно седьмая-десятая части органического вещества минерализуется (10-15%) и используется для развития микроорганизмов, другая часть также относительно (примерно 10-15%) и используется на питание животных (червей, жуков) и третья часть – до 70% - гумифицируется и закрепляется минеральной частью сложного компоста, трансформация которого будет зависеть от процессов миграции живых организмов, перемешивания их состава механическим способом, развития микробного населения и т.д. Переработка состава сложного компоста будет зависеть в значительной степени от химического состава отдельных отходов и времени их сбора. Преобладание в сложном компосте легко перерабатываемых структур ускоряет разложение, а при наличии лигнина и других сложных веществ разложение таких материалов затягивается [45, 48].

Поступление различных отходов в позднеосенний и зимний периоды сдерживает их распад, и значительная их часть теряет ценность. Желательно буртование таких отходов производить за счет расширения площадки складирования (до 6-8 м) и увеличения высоты (до 3-4 м), размещая бурты между двумя стогами соломы; в летний период распад проходит быстрее и потому ценность сложного компоста повышается.

Избирательная способность живых организмов использовать отдельные вещества и соединения в сложном компосте составляет основу переработки материалов различного происхождения и их гумификацию. Важной частью отходов является органический углерод и азот и их соотношение C:N. Высокое содержание в отходах микроорганизмов при промывном режиме приводит к накоплению и других элементов – фосфора, калия, серы, кальция и т.д. Условия среды и биологические особенности, складывающиеся со временем в слоях сложного компоста, превращают его в своеобразный перегной с гумификацией основной его части. Если отходы не компостировать, они превратятся в бесполезную труху и их ценная часть выветрится, азот уйдет частично в воздух, а частично в грунтовые воды [38, 39].

Сложный компост – новое экологическое образование. На 90% и больше почва состоит из минеральных соединений, а хорошо подготовленный компост может содержать органического вещества до 10%. Сложный компост наследует черты почвы только в случае правильной системы развития в нем биологических процессов. Наилучшим образом подготовка сложного компоста проходит на черноземе обыкновенном в степной зоне нашего края. Высота бурта сложного компоста и его ширина по мере увеличения объема серьезно влияют на его водоудерживающую способность сложного компоста и снижают физическое и химическое выветривание.

Процессы, происходящие в сложном компосте по мере его развития, определяют выделение углекислого газа, оксидов азота, метана и других газов, оказывают существенное влияние на формирование приземного слоя атмосферы, а выделение молекулярного азота при параллельном воздействии фосфогипсом и раствором серной кислоты ослабляет его воздействие на озоновый слой. Важное влияние оказывает сложный компост на состав гидросферы, в частности, на грунтовые воды и на загрязнение биогенами поверхностных вод [27,28].

В определенной степени в процессе своего развития сложный компост можно отнести к понятию биокосного образования, поскольку в нем объединяется функционирование живого и неживого вещества, в то время как большинство отдельных выделенных отходов такими свойствами не обладают. Биосистема органических веществ в сложном компосте выделяется также рядом специфических особенностей, которые объективно не имеют аналогичного свойства.

Важнейшей характеристикой биокосных систем, с которыми встречаются сложные компосты, является их способность обеспечивать жизнеспособность различных организмов – от низших по организации до высших. Сложные компосты в этом плане следуют за почвой, которая сама по себе многообразна и предоставляет значительное число экологических ниш, освоенных биотой от микроорганизмов и до высших растений, последовательно повторяя особенности почвенного покрова. Основное отличие сложного компоста – это его высокопродуктивность биокосной системы, способной значительный период времени (в течение 4-6 лет) поддерживать в верхнем слое почвы систему высокого жизнеобеспечения различных организмов [40, 41].

Органические отходы отличаются обычно однотипным строением, что существенно отличает их от минеральных систем. Поэтому органические отходы имеют меньшую продолжительность существования в качестве биокосной системы и этим отличаются от других биокосных образований. Составной частью формирования сложного компоста является процедура развития органического комплекса – перегноя, способствующего образованию глинисто-перегнойных комплексов. Органические отходы являются важным субстратом обогащения сложного компоста в основном органическим углеродом, определяющим его энергетическую сторону. Сложные компосты за счет происходящей в них минерализации растительных остатков являются важным источником поступления в атмосферу умеренного количества по сравнению с органическими отходами (например, навоз, куриный помет и др.) углекислого газа, изменяющего её газовый состав. Включение органических отходов в сложный компост изменяет развитие биогеохимического цикла углерода и приводит к изменению содержания последнего в атмосфере (его увеличению или уменьшению). Внесение сложных компостов в верхний слой почвы оказывает сильное влияние на регулирование также других биологических циклов, особенно азота, варьирует его соотношение с углеродом C:N [28,26].

Минеральные отходы в сложном компосте изменяются слабо, особенно в течение первого года, и их участие в биохимических циклах усиливается с перемешиванием с органическими материалами. Компоновка минеральных веществ с органическими

должна учитывать их совместную сопоставимость физическую, химическую, а также биологическую, что обеспечит их трансформацию в сложном компосте, который по своим признакам и свойствам превзойдет отдельные составляющие [33, 39, 45].

В общем сложный компост представляет собой особый мелиорант для почвенного покрова суши в самом широком понимании территориальной специфической оболочки, перекрывающей верхний слой почвы и формирующий новую экологическую среду, реально рассматриваемую как новый этап в омоложении сельскохозяйственных земель на весьма продолжительный срок (4-6 лет). Сложный компост формируется в результате использования экзогенного природного процесса и является весьма молодым, ориентированным, во-первых, на многолетнее улучшение почвенного покрова, и во-вторых, на широкое воздействие её физических, химических и биологических свойств [3, 9].

Структурные функции, формирующиеся в верхнем слое почвы под влиянием внесения в него сложных компостов, расширяют, во-первых, экологические условия для развития макро-, мезо- и микробиоты с расширением её в ППК состава растворенных веществ, а также варьированием температуры и влажности, а с другой, организацией её твердой фазы. Это обуславливает весьма специфическую, отличающуюся от начальных стадий структуру, с более высокой пористостью, газовыми и водными свойствами, что расширяет благоприятный диапазон сложного компоста условиями обитания различных живых организмов [34].

Энергетические свойства почв, характеризующие её верхние слои, представляют с внесением сложных компостов неравновесные системы, которые взаимодействуют с условиями нижних слоев атмосферы и постепенно приобретают динамическое равновесие открытой системы, существенно обогащая почву свободной энергией через увеличение содержания органических веществ, более экономное расходование тонкодисперсных минеральных и органических коллоидных соединений с высокой удельной энергетической поверхностью. С внесением сложного компоста почва существенно активизируется и расширяет пространство своих возможностей для улучшения экологических условий развития живых организмов [29].

С внесением сложного компоста в почву активизируются её информационные функции, образуются новые соединения, меняется состав и их свойства, а также расширяется многообразие их структур. При развитии этих процессов в верхнем слое почвы после внесения сложного компоста за счёт расширения обмена с внешней средой формируются новые экологические ниши. В развитии почвы при внесении сложного компоста усиливаются внутренние процессы в составе, структуре и свойствах твердой фазы в её верхних слоях и постепенно формируется новый тип информационной памяти о взаимодействии с атмосферой и гидросферой и почвенной геохимией [6, 7, 8].

С внесением сложного компоста в соотношении от 1:20 и даже 1:40 верхний слой почвенного покрова трансформируется в двух направлениях, существенно влияющих на привнос веществ в нижние слои и процессы биогенного накопления органических и минеральных веществ и элементов минерального питания растений в живой и мертвой биомассе опада и поддержания их уровня в почве. Во влажных условиях в поток элементов питания включаются больше вносимых со сложным компостом веществ – от легкорастворимых солей, сульфатов и карбонатов до коллоидов кремния и железа, суспензий пылеватых и илистых частиц. Элювиальному выносу частиц из верхней зоны способствует водоудерживающая способность почвы и внутренние геохимические барьеры в твердой фазе (сорбционные, щелочно-кислотные и др.), а также и механизмы перехвата элементов питания растений из растворов корневыми системами, в основном N, P, K, S и ряда микроэлементов [12, 13].

Иными словами, в верхний слой почвы вносится хорошо подготовленный субстрат, именуемый сложным компостом, повышающий буферность и выполняющий

важную роль в поддержании его устойчивости к техногенному воздействию через растительные отходы (подстилка). Насыщенная полуторными окислами минеральная составляющая сложного компоста формирует с использованием растительных отходов гумусово-минеральный блок в верхнем слое почвы. Стабильность почвенного покрова с внесением сложного компоста в общем сохраняется и является одним из условий устойчивости (сроком до 5-6 лет), улучшения функционирования ландшафта с учетом многовариантности рельефа, биологического разнообразия их динамических связей, а повышение буферности в целом всей системы на основе усиления глинисто-гумусового комплекса, совершенствования системы органоминеральных коллоидов, сдерживания загрязнения тяжелыми металлами и нефтью, устойчивости её окислительно-восстановительной системы [15, 29].

Способы борьбы с загрязнениями почвы. При трансформации отдельных отходов образуются весьма опасные вещества с большой токсичностью. Чтобы не допустить такого состояния, необходимо вести постоянный мониторинг за процессами преобразования отдельных отходов, особенно их химического состава. Желательно, чтобы в группе исследователей сложных компостов были биологи и химики–органики, способные создать банк живых организмов и субстратов для конкретной зоны с возможными изменениями их состава и оценкой развития для предупреждения возможной опасности их для человека и животных. Важное значение имеет контроль детоксикации различных загрязнителей, включая тяжелые металлы, нефтяные загрязнения и др. При трансформации загрязнителей роль микроорганизмов в экосистемах основная. Важная функция сложных компостов определяется работой микроорганизмов при их участии в круговороте отдельных элементов – углерода, азота, серы, фосфора и других [35, 47, 50, 51].

Современное предприятие должно заботиться не только о качестве получаемой продукции, но и стремиться к системному управлению отходами своей деятельности (готовой продукцией и отходами). Особенно важна переработка отходов химической промышленности и тех отраслей, которые потребляют огромные количества сырья, существенно превышая по массе основной продукт (например, производство суперфосфата и отхода фосфогипса). Так, фосфорперерабатывающая промышленность на одну тонну продукции суперфосфата, и далеко не чистой, производит до 4,5 т отходов. Несколько меньшее соотношение характерно для калийного производства [15, 16].

Начиная с 90-х годов XX века, экономика обратила внимание на отходы как на вторичное сырье. Многие промышленные отходы, включая металлургию, химическое производство и т.д., сами по себе и их компоненты могут быть эффективно использованы. Можно обратить внимание на то, что, например, при вторичной эксплуатации различных шлаков и отходов подобные продукты меньше испытывают биологическое разрушение (долго не формируются колонии плесневых грибов, не поселяются лишайники и т.д.). Эти и другие свойства позволяют их использовать и для сельскохозяйственного производства – строительство силосных ям, сточных желобов для слива жидких удобрений, кормушек для скота и т.д. [10 14].

Трансформация отходов, как форма образования сложных компостов. Отходы всех производств, включая бытовые, являются гетерогенными дисперсными образованиями, состоящими из двух и большего числа фаз с развитой поверхностью. Дисперсные системы отходов, включая их истинные растворы (ионные, молекулярно-ионные и молекулярные), разделяются на тонкодисперсные коллоидные (золи, гели), грубодисперсные системы (частицы больше 100 нм) и взвеси (эмульсии, суспензии, аэрозоли). По равновесности и устойчивости дисперсные системы отходов делятся на лиофильные и лиофобные: первые термодинамически равновесны и высокодисперсны, формируются на основе отходов при производстве продукции из природного сырья,

вторые – термодинамически неравновесны и обладают большей свободной поверхностной энергией.

В определенных условиях при смешивании отходов лиофильных и лиофобных систем происходит их коагуляция на основе сближения частиц, сохраняющих первоначальные формы и размеры и объединяющихся в плотные агрегаты. Нестабилизированные и неустойчивые лиофобные системы отходов непрерывно изменяют свой дисперсный состав в сторону упрочнения частиц, вплоть до полного расслоения их на микроагрегаты. Стабилизированные лиофильные системы сохраняют свою дисперсность в течение длительного времени [36].

Гидрофобные коагуляции различных отходов отличаются расслоением весьма сложной дисперсной системы на жидкую и твердую фазы. Способность коллоидных частиц в растворе к структурообразованию и формированию разнообразных агрегатов (например, фосфогипс слипается с органическими полуперепревшими отходами КРС, свиней и другими), заполняющих весь объем раствора и приводящих к образованию агрегатных вариантов сложного компоста. Многие сложные компосты включают органические растворы, а также водные растворы кислотных солей, и потому весьма важно изучение идущих в них химических реакций с нарушением равновесия, указывающих на специфику их систем (гетерогенные или гомогенные) [48].

По мере созревания сложного компоста многие вещества разных отходов вступают в контакт, и между ними происходят химические реакции с образованием новых соединений. В случае отсутствия видимого взаимодействия из различных веществ формируется механическая смесь, которая в дальнейшем при изменении условий (реакция среды и др.) может трансформироваться через усиление взаимосвязей в химическую. Важное значение в этой ситуации имеют водные растворы, где идут сложные химические процессы. В растворе проявляются физические (диффузия, непостоянство состава) и химические свойства (неустойчивость соединений), а гидратационные свойства способствуют появлению различных форм связанной воды [41, 43].

Коллоидные дисперсные системы отдельных отходов в сложном компосте формируют различные комбинации дисперсионной среды и дисперсной фазы. Особенности состава и свойств им придают мелкие размеры и большая поверхность коллоидных частиц. В сложном компосте при компоновке 8-10 отходов и периодическом их перемешивании чаще образуются гели, представляющие собой рыхлый осадок. В сложных компостах велика роль и золь, основу которых составляют сообщества в основном живых организмов, в частности бактерий, грибов и одноклеточных водорослей.

Удачно скомпонованный по составу набор отходов для формирования сложного компоста при внесении в почву насыщает её ионами кальция, недостаток которых, особенно в доступной для растений форме, ощущается практически во всех почвах. Являясь поглощающим катионом, кальций сложного компоста придает почвам структуру, наиболее благоприятную в сельскохозяйственном отношении. Он является важным компонентом почвенно-поглощающего комплекса, и на его долю приходится до 60-70% катионообменной емкости сложного компоста. Благодаря высокому насыщению обменным кальцием сложный компост обладает хорошей агрономической структурой, физическими и биологическими свойствами, что существенно повышает плодородие почвы при его внесении, и, что особенно важно, насыщение сложного компоста катионами кальция в почве поддерживается достаточно долго (по нашим исследованиям до 5-6 лет) до резкого снижения доступных форм. При этом формируются устойчивые экологические ниши, существенно расширяющие возможности обитания в почвенном покрове живых организмов и усиливающие развитие растительных организмов [45, 48].

Сложный компост – источник расширения экологических ниш почвенного покрова. С поступлением в сложный компост в разумных количествах свежих расти-

тельных остатков или минеральных отходов (типа мела, фосфогипса и др.) живые организмы и другие живые системы начинают их трансформировать с выходом всех составляющих на равновесный уровень. Этот процесс протекает особенно активно, если в отдельных участках сложного компоста включаются различные по видовому составу и экологическим функциям сообщества живых организмов, способных трансформировать поступающие в них дополнительные вещества. Чем разнообразнее набор живых организмов в сложном компосте, тем больше его способность трансформировать поступающие в него разнообразные отходы, особенно органические. Если биохимические процессы в сложном компосте дублируются несколькими видами живых организмов, то их увеличивающийся запас будет способствовать выполнению важных функций в складывающейся системе [40, 42].

Основной функцией живых организмов (бактерии, грибы, актиномицеты, водоросли, почвенные животные) в сложном компосте является разрушение поступивших в него труднорастворимых органических веществ. Именно конкретная роль отдельных организмов в трансформации веществ в сложном компосте нуждается в серьезном исследовании. В последние 20-30 лет в отходы поступают десятки специфических веществ (нефть и пластмасса, тяжелые металлы, гербициды, пыль, сажа, газовые выбросы и т.д.), и задача в организации сложных компостов состоит в таком их сочетании, которое будет способствовать созданию благоприятных условий для верхнего слоя почвы, куда эти смеси будут внесены. Трансформировать эти отходы с наименьшими затратами для нормального функционирования почвы и внесенного в неё комплекса различных веществ является важной проблемой при одновременном поступлении и выведении негативных элементов [14, 49, 50, 51].

Убедительным примером улучшения развития растительных организмов и расширения экологических ниш почвы является усиление базального кушения пшеницы (на 20-25%) и других культур (кукуруза, ячмень), заключающееся в образовании дочерних побегов. Удлиняется период развития кукурузы, что выражается в формировании её базальной зоны, увеличении количества укороченных узлов и развитии в них придаточных и боковых корней. Повышается продуктивность сахарной свеклы, прежде всего масса её корнеплодов. Внесение сложных компостов способствует более экономному расходованию питательных веществ почвы, включая минеральные и органические составляющие. Иными словами, сложение различных вариантов дисперсно-коллоидных образований отдельных отходов и их благоприятная компоновка в сложном компосте сказываются на улучшении агрономических свойств почвы через существенное увеличение числа экологических ниш и их расширение, что, безусловно, требует серьезного изучения взаимоотношений растений и верхнего слоя почвы на начальном этапе их развития [40, 45, 46].

Разнообразие экологических ниш определяется разным использованием растениями среды обитания, размещением их органов в почве и воздухе, ритмами сезонного развития, длительностью периода вегетации, особенно плодоношения, взаимосвязями с элементами абиотической среды и т.д. Различные культуры в агроландшафте по-разному осваивают и преобразуют энергию, и потому можно сказать, что каждый вид растения имеет свою экологическую нишу; в процессе онтогенеза растения её меняют и активнее преобразуют среду. Стареющие растения снижают напряженность фитогенного поля и свою средообразующую роль, а также продукционные процессы. На обилие экологических ниш серьезное влияние оказывают условия среды, которые мы существенно улучшаем внесением комплекса соединений в виде сложного компоста, а также сам вид, являющийся ресурсом для других [43, 46, 49, 53].

В основе взаимоотношений растительного вида и почвы в агросистеме лежат его требования к комплексу абиотических и биотических условий среды, т.е. его экологи-

ческая ниша, определяющая функциональное участие вида в составе агросистемы с учетом его физического пространства и места в системе связей. Экологическая ниша культуры в севообороте зависит от того, какова её роль в преобразовании энергии и её реакции на физическую, химическую и биологическую среду, насколько сдерживается её развитие другими видами живых организмов и условиями среды. В наших опытах сложный компост усиливал и расширял экологическую нишу любой культуры, что нашло выражение в их развитии, особенно базальных участков [39, 40, 41]. Анализируя реакцию отдельных культур в агросистеме, можно заключить, что она выразилась интегрально через варианты усиления кущения пшеницы, разрастание базальной зоны у кукурузы, усиление роста ботвы и корнеплодов у свеклы и т.д. Например, при снижении нормы высева пшеницы на 40 кг/га её урожай в варианте со сложным компостом не только не снизился, но и увеличился. Сокращение азотных удобрений под пшеницу на 40 кг/га также не привело к снижению урожая зерна, поскольку сложный компост обеспечил расширение экологической ниши растениям пшеницы, обеспечив их высокую продуктивность [15, 16, 21].

При внесении под кукурузу сложный компост создал высокую обеспеченность факторами питания (микро- и макроэлементы, влажность и т.д.), что существенно улучшило развитие отдельных особей, повысило эффективность работы листового аппарата и корневых систем через увеличение их функциональной роли в агросистеме. Особенности структуры и состава сложного компоста в течение 5-6 лет функционально оказывают влияние на сохранение экологических ниш, развитие культур и их конкурентоспособность [26].

В нашей стране и за рубежом находят применение биологические методы обезвреживания отходов. Компостирование является одним из примеров биологического метода утилизации отходов. В его основе лежит способность различных групп живых организмов в процессе своей жизнедеятельности разлагать и усваивать из сложных компостов многие питательные вещества, ускоряя при этом нейтрализацию органических токсикантов, тяжелых металлов, создавая запас азотных и фосфорных соединений. Процесс биодegradации происходит с заметной скоростью при оптимальной температуре и влажности субстрата. Немаловажное значение имеет также pH среды. Условия с нейтральной реакцией среды являются идеальными для биоразложения. Перемешивание смеси способствует активизации микробиологических процессов в компостах [14, 30, 31].

Роль живых организмов в стабилизации органического вещества в верхнем слое почвы. В сложном компосте, особенно в начальный период его формирования, живые организмы весьма разнообразны и отличаются большими различиями в характере их обитания. Они могут и разрушить органическое вещество, и его стабилизировать. В биомассе различных микроорганизмов концентрация органического вещества составляет до 4%, а время круговорота углерода и азота через их систему составляет около 2 лет. Микроорганизмы условно можно разделить на активные и неактивные; активная группа составляет около 10%. Если в сложном компосте доля глинистой фракции значительная, то активность и защищенность микроорганизмов существенно выше и продолжительность их развития заметно удлиняется [34].

Разложение органического вещества в верхнем слое почвы микроорганизмами в сложном компосте зависит от продолжительности жизнедеятельности ферментов, функционирующих в основном весьма короткое время (до нескольких суток). Внеклеточные ферменты сорбируются твердой фазой, преобразуя органическое вещество вблизи их источника до 30-50 мкм. Удаление субстрата микроорганизмами от источника ферментов снижает их эффективность и органическое вещество в связи с этим сохраняется из-за недоступности внеклеточным ферментам микроорганизмов [29, 30].

В сообществе микроорганизмов в сложном компосте большое значение имеет сочетание бактерий и грибов, особенно. Это касается соотношениям углерода и азота. В сложном компосте, составленном из различных отходов, при узком соотношении C:N доминируют бактерии, а при широком соотношении – преобладают грибы. С учетом эффективности использования углерода грибы и бактерии различаются по размещению и стабилизации органического вещества в верхнем слое почвы, особенностям метаболизма и в накоплении ими биомассы. Чем выше эффективность использования углерода (нарастание биомассы), тем меньше его расходуется на дыхание, меньше уходит в форме CO_2 в атмосферный воздух, тем значительнее сохранение в компосте органического вещества. В случае нехватки в сложном компосте азота популяция микроорганизмов (грибов и бактерий) составляет около 60-70%, а при его добавлении существенно увеличивается [33, 34].

Глинистые минералы в компостах по разному связывают метаболиты, снижают их рост, но не обезвоживают их клетки. Диаметр бактерий составляет от 0,15 до 4,0 мкм, а гифы грибов варьируют от 3 до 8 мкм. Гифы грибов редко встречаются в микропорах, а бактерии их заселяют и защищают их от ряда хищников. Грибы по сравнению с бактериями имеют высокую защищенность от разложения из-за большего взаимодействия с глинистыми минералами и почвенными агрегатами. Скорость отмирания защищенной биомассы микроорганизмов в сутки составляет около 0,5%, а незащищенной – до 70% [39].

Гифы грибов способствуют построению мостиков между внутренними и поверхностными слоями различных отходов и меньше зависят от пространственного их размещения. Мобильность бактерий в сложном компосте обусловлена органическими веществами и они используют вещества, расположенные поблизости. Грибы выделяют различные формы пероксидаз, редуцирующих лигнинные комплексы. Бактерии продуцируют липазы и целлюлозы, столь важные для разложения нелигнинных отходов. Составной частью гуминовых новообразований являются мономеры - производные лигнинных полимеров. Достаточно прочно и дольше сохраняются в сложном компосте, а затем и в почве стенки грибных клеток, содержащие меланин и хитин. Весьма быстро метаболизируются бактериями фосфолипиды. С этим связано слабое связывание аккумуляции углерода и прироста органического вещества после отмирания бактерий [45, 49].

Роль микоризных грибов в стабилизации органического углерода в сложных компостах весьма существенная. Они являются облигатными симбионтами, способствующими освоению растениями большого объема почвы, что сказывается на накоплении углерода в биомассе самих микоризных грибов (в них содержится до 900 кг C/га). В микоризных грибах содержится углерод также в форме гликопротеина (гломалин), устойчивый к распаду, включая их активное взаимодействие с почвенными минералами и их прямое участие в стабилизации агрегатов. Микоризные грибы через свои гифы вместе с мелкими корнями растений образуют своеобразную сеть, опутывающую и сплетающую почвенные частицы и способствующие стабилизации органического вещества в форме агрегатов [41, 43].

Роль бактерий также велика в трансформации органического вещества. Например, автотрофная фиксация бактериями CO_2 доходит до 5% от уровня дыхания почвы и фиксированный из атмосферы углерод в основном фиксируется в массе бактерий. Микроорганизмы сложных компостов, использующие в качестве источника энергии и питания органический углерод, служат основным биотическим агентом трансформации органического вещества, а их биомасса является динамическим источником обновления органического вещества почвы. Разлагая и окисляя органические субстраты, микроорганизмы редуцируют сложные соединения в более простые, которые реутилизи-

руются или подвергаются химической, физико-химической переработке вместе с микробными метаболитами [33, 45].

Принципы биоочистки почвы. Внесение сложных компостов является необходимым условием биоочистки почвы. Среда с нейтральной реакцией является идеальной для расширения экологических ниш живых организмов и ускорения их биоочистки. Интродукция специально подобранных микроорганизмов способна создать благоприятные условия для процессов биотрансформации и разложения различных отходов. Разрабатываются анаэробные технологии переработки отходов животноводства. Полученные результаты указывают на эффективность применения биотехнологий, особенно микробиологических методов использования различных вариантов отходов при их компостировании [31, 40, 45].

При формировании и созревании сложного компоста важная роль в поддержании его устойчивости, безусловно, принадлежит живым организмам, роль которых существенно превосходит их значение в почве. В сложных компостах уровень метаболизма живых организмов значительно выше, чем в других условиях среды. Большое значение имеет определение времени достижения максимума числа видов и обилия популяций живых организмов в сложном компосте, и через этот показатель определяются сроки его внесения в верхний слой почвы. Значительную часть биомассы сложного компоста составляют живые организмы (бактерии, живые микроскопические грибы, водоросли, простейшие и др.), населяющие в основном верхний слой почвы. Степень обилия популяций микроорганизмов в сложных компостах и верхнем слое почвы определяется соотношением в них органических и минеральных материалов, в целом питательных веществ, а также водно-воздушным и физическим режимами обоих субстратов [47].

Степень обилия живых организмов в сложных компостах к середине их созревания заметно превосходит их почвенный пул, поскольку количество органического вещества в нём существенно превышает таковое в верхнем слое почвы (в 2-4 раза и больше). Живые организмы в почве и сложных компостах превосходят растения и животных по биогеохимической и физиологической активности, что объясняется более высокой интенсивностью метаболизма и существенным отношением поверхности к объему (например, интенсивность дыхания аэробных бактерий на 1 г биомассы в сотни раз выше, чем у человека, а в верхнем слое на 1 га плодородной почвы оно равноценно метаболизму тысяч людей). Живые организмы широко используют большое число элементов в структуре своего тела, для них свойственны до восьми типов питания различными соединениями, которые недоступны высшим таксонам, у которых всего 2 типа питания [37, 45].

У живых организмов границы освоения жизни значительно шире, чем у высших; они способны функционировать в весьма значительных пределах температур от -13 до $+110^{\circ}\text{C}$, при осмотическом давлении от бидистиллята до концентрированных солевых растворов, при рН от 1 до 13 и т.д.; при благоприятных условиях отличаются высокой скоростью размножения и за весьма короткий срок. Численность живых организмов в сложном компосте по сравнению с воздухом, водой и почвой значительно выше (в 1 г сложного компоста количество клеток достигает нескольких миллиардов, а длина гиф грибов достигает тысячи метров, общая биомасса живых организмов достигает 2-3 десятка тысяч тонн в расчете на 1 га). Круговорот всех зольных элементов, а также органического углерода и азота проходит через всю систему сложного компоста, в котором отношение С:N в обогащенной почве превышает 20:1, что указывает на его значительную обеспеченность азотом. Аналогичная зависимость просматривается в хорошо подготовленном сложном компосте [8, 10, 11, 23, 24].

Живые организмы сложных компостов и верхнего слоя почвы, использующие в качестве источника энергии и питания органический углерод, служат основным вари-

антом трансформации органического вещества, а их биомасса является важным источником его накопления в почве. Живые организмы переводят сложные соединения в более простые, которые частично используются повторно, но в основном через химические и физические процессы, и вместе с микробными метаболитами стабилизируют органические основы верхнего слоя почвы [28, 29, 31].

Использование различных отходов путем разумного сочетания минеральных и органических веществ, в форме сложного компоста, различающихся кислотными и щелочными свойствами способствует распаду токсичных соединений (например, влияние серной кислоты на распад ПАВов, нефтяных отходов, перевод ТМ в труднодоступные формы через осаждение полуторными окислами и т.д.), что усиливает самоочищающую способность почвы. Невозможность самоочищения почвы в связи с её перегрузкой поллютантами, например, тяжелыми металлами, нефтяными загрязнениями, без применения сложных компостов превращает их в техногенные пустыни. Иными словами, непродуманная Программа улучшения почв является одной из основных причин низкой эффективности предложенных мероприятий и пустой тратой времени и средств [27, 32].

Себестоимость сложного компоста с учетом компоновки различных по качеству и количеству веществ из отходов разных производств в принципе будет весьма незначительной, поскольку сырье для его производства является отходом и само по себе объективно ничего не стоит, а расходы на их производство, транспортировку, размещение и хранение входят в себестоимость материала и оплачиваются его потребителями. Примерно так утверждалось на Белореченском Химзаводе. Однако после исследований кафедры общей биологии и экологии КубГАУ, доказавших перспективу использования фосфогипса в системе сложного компоста, участились запросы отдельных производств на приобретение фосфогипса для его исследования с различными целями, и завод поднял цену с 10 коп до 50 руб за тонну, не считая того, что завод с потребителя уже получил оплату за основную продукцию. Завод немедленно поднял цену произвольно и решил увеличить этот доход. Кубанским агроуниверситетом предложена технология создания сложных компостов с участием фосфогипса. Но какова роль завода в этом исследовании – трудно определить. Завод вместо совершенствования использования фосфогипса в системе сложного компоста поднял цену на отход и вместо борьбы с отходами решил прибавить себе на интересе других хозяйств и на том огромном ущербе, который был нанесен и наносит отвалами своих отходов окружающей среде, по крайней мере, в десятках км в округе. С отходами надо бороться совместными усилиями производства и науки, чтобы сохранить здоровой и окружающую среду, и условия для жизни населения [41, 50, 51, 52].

ЛИТЕРАТУРА

1. Белюченко И.С. Введение в общую экологию // Краснодар, 1997. – 544 с.
2. Белюченко И.С., Щербина В.Г., Щербина Ю.Г. Рекреационная трансформация лавровишневых сообществ на Кавказе // Эколог. пробл. Кубани. – 1999. – № 4. – С. 22-152.
3. Белюченко И.С. К вопросу о сопряженности эволюции организмов и экологических систем // Эколог. пробл. Кубани. – 1999. – № 4. – С. 3-21.
4. Белюченко И.С. К вопросу о характере развития экосистем Кубани// Эколог. пробл. Кубани. – 2000. – № 8. – С. 177-183.
5. Белюченко И.С. Эволюционная экология. Краснодар, 2001. – 504 с.
6. Белюченко И.С. Бассейн реки Кубань – специфическое природное образование // Эколог. пробл. Кубани. – 2001. – № 11. – С. 3-16
7. Белюченко И.С., Перебора Е.А., Гукалов В.Н. Физико-географическая характеристика Ленинградского района // Экологические проблемы Кубани. – 2002. – № 16. – С. 186

8. Белюченко И.С. К вопросу о специфичности речной гидрологии Краснодарского края // Эколог. пробл. Кубани. – 2004. – № 26. – С. 5-9.
9. Белюченко И.С. Экология Кубани. Краснодар. – 2005. – Ч. I. – С. 513 с.
10. Белюченко И.С. Экология Кубани. Краснодар, 2005. – Ч. II. – С. 470 с.
11. Белюченко И.С. Современные проблемы функционирования степных рек // Эколог. пробл. Кубани. – 2005. – № 27. – С. 164-183.
12. Белюченко И.С., Волошина Г.В., Фалин А.Г., Стешенко А.И. К вопросу о процессе нитрификации в агроландшафтах степной зоны Краснодарского края // Эколог. пробл. Кубани. – 2007. – № 32. – С. 218-222.
13. Белюченко И.С. Влияние фосфогипса на трансформацию азота в черноземе обыкновенном степной зоны Кубани // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2008. – Т. 4. – № 2. – С. 144-147.
14. Белюченко И.С., Добрыднев Е.П., Муравьев Е.И., Мельник О.А., Славгородская Д.А., Терещенко Е.В. Использование фосфогипса для рекультивации загрязненных нефтью почв // Тр. / КубГАУ. – 2008. – № 12. – С. 72-77.
15. Белюченко И.С., Гукалов В.В., Мельник О.А., Петух Ю.Ю., Попок Л.Б., Славгородская Д.А., Терещенко Е.В. Влияние фосфогипса на развитие и урожайность посевов озимой пшеницы // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2009. – Т. 5. – № 2. – С. 26-34.
16. Белюченко И.С. Использование фосфогипса для рекультивации чернозема обыкновенного в степной зоне Кубани // В сб.: Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. Краснодар. – 2009. – С. 54-59.
17. Белюченко И.С. Проблемы рекультивации отходов быта и производства (по материалам I всероссийской научной конференции по проблемам рекультивации отходов) // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2009. – Т. 5. – № 3. – С. 72-78.
18. Белюченко И.С. Роль регионального мониторинга в управлении природно-хозяйственными системами края // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2010. – Т. 6. – № 4. – С. 3-16.
19. Белюченко И.С., Добрыднев Е.П., Муравьев Е.И. Экологические особенности фосфогипса и целесообразность его использования в сельском хозяйстве // В сб.: «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар. – 2010. – С. 13-22.
20. Белюченко И.С. Экология Краснодарского края (Региональная экология) // Учебное пособие / Краснодар, 2010. – 354 с.
21. Белюченко И.С., Мельник О.А. Сельскохозяйственная экология // учебное пособие / Краснодар, 2010. – 297 с.
22. Белюченко И.С., Смагин А.В., Гукалов В.Н., Мельник О.А., Славгородская Д.А., Калинина О.В. Экологические аспекты совершенствования функционирования агроландшафтных систем Краснодарского края // Тр. / КубГАУ. – 2010. – Т. 1. – № 26. – С. 33-37.
23. Белюченко И.С. Экологическое состояние бассейнов степных рек Кубани и перспективы их развития // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2010. – Т. 6. – № 2. – С. 5-16.
24. Белюченко И.С. К вопросу о роли леса в функциональном восстановлении бассейнов степных рек края // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2010. – Т. 6. – № 3. – С. 3-14.
25. Белюченко И.С. Экологические проблемы степной зоны Кубани, причины их возникновения и пути решения // Эколог. Вестник Сев. Кавказа. – 2011. – Т. 7. – № 3. – С. 47-64.
26. Белюченко И.С. Введение в экологический мониторинг // учебное пособие / Краснодар, 2011. – 297 с.
27. Белюченко И.С. Введение в антропогенную экологию. Краснодар, 2011. – 265 с.
28. Белюченко И.С. К вопросу о формировании и свойствах органоминеральных компостов и реакции растений кукурузы на их внесение // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2011. – Т. 7. – № 4. – С. 65-74.
29. Белюченко И.С. Сложный компост и его роль в улучшении почв // Эколог. Вестник Сев. Кавказа. – 2012. – Т. 8. – № 2. – С. 75-86.
30. Белюченко И.С. Использование отходов быта и производства для создания сложных компостов с целью повышения плодородия почв // Тр. / КубГАУ. – 2012. – Т. 1. – № 38. – С. 68-72.

31. Белюченко И.С. К вопросу о механизмах управления развитием сложных компостов // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2012. – Т. 8. – № 3. – С. 88-111.
32. Белюченко И.С. Применение органических и минеральных отходов для подготовки сложных компостов с целью повышения плодородия почв // Тр. / КубГАУ. – 2012. – Т. 1. – № 39. – С. 63-68.
33. Белюченко И.С., Бережная В.П. Влияние осадков сточных вод на плодородие почвы, развитие озимой пшеницы и качество ее зерна // Тр. / КубГАУ. – 2012. – Т. 1. – № 34. – С. 148-150.
34. Белюченко И.С., Никифорова Ю.Ю. Влияние сложных компостов на свойства почвы и формирование почвенной биоты // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2012. – Т. 8. – № 4. – С. 3-50.
35. 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. / КубГАУ. – 2012. – Т. 1. – № 35. – С. 123-128.
36. Белюченко И.С. Дисперсность отходов и их свойства // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. – Т. 92. – № 92 (02). – С. 221-230.
37. Белюченко И.С. Дисперсные и коллоидные системы отходов и их коагуляционные свойства // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2013. – Т. 9. – № 1. – С. 13-38.
38. Белюченко И.С. Коллоидные системы отходов разных производств и их роль в формировании сложного компоста // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. – Т. 93. – № 93 (03). – С. 787-811.
39. Белюченко И.С. Агрегатный состав сложных компостов // В сб.: Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. – Т. 93. – № 93 (03). – С. 812-830.
40. Белюченко И.С. Сложные компосты как источник расширения экологических ниш культурных растений в системе почвенного покрова // В сб.: Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар, 2013. – С. 12-14.
41. Белюченко И.С. Применение органических и минеральных отходов при подготовке сложных компостов для повышения плодородия почв // В сб.: Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар, 2013. – С. 26-30.
42. Белюченко И.С., Мустафаев Б.А. Интродукция растений как метод расширения видового состава культурных фитоценозов в южных районах СНГ // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 73-89.
43. Белюченко И.С., Славгородская Д.А. Изменение водно-физических свойств пахотного слоя чернозема обыкновенного при внесении сложного компоста // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 6. – С. 47-49.
44. Горчакова А.Ю., Белюченко И.С. О возобновлении бореальных злаков // Тр. / КубГАУ. – 2012. – Т. 1. – № 37. – С. 95-102.
45. Муравьев Е.И., Белюченко И.С. Коллоидный состав и коагуляционные свойства дисперсных систем почвы и некоторых отходов промышленности и животноводства // Тр. / КубГАУ. – 2008. – № 11. – С. 177-182.
46. Муравьев Е.И., Добрыднев Е.П., Белюченко И.С. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2008. – Т. 4. – № 1. – С. 31-39.
47. 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) // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2008. – Т. 4. – № 1. – С. 5-24.

48. Муравьев Е.И., Белюченко И.С., Гукалов В.Н., Гукалов В.В., Мельник О.А., Петух Ю.Ю., Славгородская Д.А. Влияние фосфогипса на развитие и продуктивность растений кукурузы в севообороте // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2008. – Т. 4. – № 4. – С. 107-111.
49. Мустафаев Б.А., Какежанова З.Е., Белюченко И.С. Особенности переработки отходов с помощью дождевых червей разных видов в условиях павлодарской области // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 50-63.
50. Петренко Д.В., Белюченко И.С. Влияние отходов Белореченского химзавода на содержание стронция в окружающих ландшафтах // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2012. – Т. 8. – № 1. – С. 4-79.
51. Петренко Д.В., Белюченко И.С., Сокирко В.П. Стронций в почвах ландшафтов, окружающих предприятие по производству фосфорных удобрений (на примере ОАО «ЕвроХим-БМУ», г. Белореченск) // Тр. / КубГАУ. – 2012. – Т. 1. – № 35. – С. 189-194.
52. Попок Л.Б., Белюченко И.С. Корреляционно-регрессионный анализ в изучении взаимосвязи содержания тяжелых металлов с агрофизическими и агрохимическими свойствами почв // Эколог. Вестник Сев. Кавказа.. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 45-49.
53. 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 // Микробиология. – 1994. – Т. 63. – № 6. – С. 1101.

References

1. Beljuchenko I.S. Vvedenie v obshhuju jekologiju // Krasnodar, 1997. – 544 s.
2. Beljuchenko I.S., Shherbina V.G., Shherbina Ju.G. Rekreacionnaja transformacija lavrovishnevyyh soobshhestv na Kavkaze // Jekolog. probl. Kubani. – 1999. – № 4. – S. 22-152.
3. Beljuchenko I.S. K voprosu o soprjzhenosti jevoljucii organizmov i jekologicheskikh sistem // Jekolog. probl. Kubani. – 1999. – № 4. – S. 3-21.
4. Beljuchenko I.S. K voprosu o haraktere razvitija jekosistem Kubani // Jekolog. probl. Kubani. – 2000. – № 8. – S. 177-183.
5. Beljuchenko I.S. Jevoljucionnaja jekologija. Krasnodar, 2001. – 504 s.
6. Beljuchenko I.S. Bassejn reki Kuban' – specificheskoe prirodnoe obrazovanie // Jekolog. probl. Kubani. – 2001. – № 11. – S. 3-16.
7. Beljuchenko I.S., Perebora E.A., Gukalov V.N. Fiziko-geograficheskaja harakteristika Leninskogo rajona // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2002. – № 16. – S. 186.
8. Beljuchenko I.S. K voprosu o specifichnosti rechnoj gidrologii Krasnodarskogo kraja // Jekolog. probl. Kubani. – 2004. – № 26. – S. 5-9.
9. Beljuchenko I.S. Jekologija Kubani. Krasnodar. – 2005. – Ch. I. – S. 513 s.
10. Beljuchenko I.S. Jekologija Kubani. Krasnodar, 2005. – Ch. II. – S. 470 s.
11. Beljuchenko I.S. Sovremennye problemy funkcionirovaniya stepnyh rek // Jekolog. probl. Kubani. – 2005. – № 27. – S. 164-183.
12. Beljuchenko I.S., Voloshina G.V., Falin A.G., Steshenko A.I. K voprosu o processe nit-rifikacii v agrolandshaftah stepnoj zony Krasnodarskogo kraja // Jekolog. probl. Kubani. – 2007. – № 32. – S. 218-222.
13. Beljuchenko I.S. Vlijanie fosfogipsa na transformaciju azota v chernozeme obyknoven-nom stepnoj zony Kubani // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2008. – Т. 4. – № 2. – S. 144-147.
14. Beljuchenko I.S., Dobrydnev E.P., Murav'ev E.I., Mel'nik O.A., Slavgorodskaja D.A., Tereshhenko E.V. Ispol'zovanie fosfogipsa dlja rekul'tivacii zagrijzennyh neft'ju pochv // Тр. / КубГАУ. – 2008. – № 12. – S. 72-77.
15. Beljuchenko I.S., Gukalov V.V., Mel'nik O.A., Petuh Ju.Ju., Popok L.B., Slavgorodskaja D.A., Tereshhenko E.V. Vlijanie fosfogipsa na razvitie i urozhajnost' posevov ozimoj pshenicy // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2009. – Т. 5. – № 2. – S. 26-34.
16. Beljuchenko I.S. Ispol'zovanie fosfogipsa dlja rekul'tivacii chernozema obyknoven-nogo v stepnoj zone Kubani // V sb.: Problemy rekul'tivacii othodov byta, promysh-lennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva. Krasnodar. – 2009. – S. 54-59.

17. Beljuchenko I.S. Problemy rekul'tivacii othodov byta i proizvodstva (po materia-lam I vse-rossijskoj nauchnoj konferencii po problemam rekul'tivacii othodov) // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2009. – T. 5. – № 3. – S. 72-78.
18. Beljuchenko I.S. Rol' regional'nogo monitoringa v upravlenii prirodno-hozjajstvennymi sistemami kraja // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2010. – T. 6. – № 4. – S. 3-16.
19. Beljuchenko I.S., Dobrydnev E.P., Murav'ev E.I. Jekologicheskie osobennosti fosfo-gipsa i celoobraznost' ego ispol'zovanija v sel'skom hozjajstve // V sb.: «Problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva. – Krasnodar. – 2010. – S. 13-22.
20. Beljuchenko I.S. Jekologija Krasnodarskogo kraja (Regional'naja jekologija) // Uchebnoe posobie / Krasnodar, 2010. – 354 s.
21. Beljuchenko I.S., Mel'nik O.A. Sel'skohozjajstvennaja jekologija // uchebnoe posobie / Krasnodar, 2010. – 297 s.
22. Beljuchenko I.S., Smagin A.V., Gukalov V.N., Mel'nik O.A., Slavgorodskaja D.A., Kalinina O.V. Jekologicheskie aspekty sovershenstvovanija funkcionirovanija agroland-shaftnyh sistem Krasnodarskogo kraja // Tr. / KubGAU. – 2010. – T. 1. – № 26. – S. 33-37.
23. Beljuchenko I.S. Jekologicheskoe sostojanie bassejnov stepnyh rek Kubani i perspektivy ih razvitiya // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2010. – T. 6. – № 2. – S. 5-16.
24. Beljuchenko I.S. K voprosu o roli lesa v funkcional'nom vosstanovlenii bassejnov stepnyh rek kraja // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2010. – T. 6. – № 3. – S. 3-14.
25. Beljuchenko I.S. Jekologicheskie problemy stepnoj zony Kubani, prichiny ih vznikno-venija i puti reshenija // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2011. – T. 7. – № 3. – S. 47-64.
26. Beljuchenko I.S. Vvedenie v jekologicheskij monitoring // uchebnoe posobie / Krasnodar, 2011. – 297 s.
27. Beljuchenko I.S. Vvedenie v antropogennuju jekologiju. Krasnodar, 2011. – 265 s.
28. Beljuchenko I.S. K voprosu o formirovanii i svojstvah organomineral'nyh kompostov i reakcii rastenij kukuruzy na ih vnesenie // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2011. – T. 7. – № 4. – S. 65-74.
29. Beljuchenko I.S. Slozhnyj kompost i ego rol' v uluchshenii pochv // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012. – T. 8. – № 2. – S. 75-86.
30. Beljuchenko I.S. Ispol'zovanie othodov byta i proizvodstva dlja sozdaniya slozhnyh kompostov s cel'ju povyshenija plodorodija pochv // Tr. / KubGAU. – 2012. – T. 1. – № 38. – S. 68-72.
31. Beljuchenko I.S. K voprosu o mehanizmah upravlenija razvitiem slozhnyh kompostov // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2012. – T. 8. – № 3. – S. 88-111.
32. Beljuchenko I.S. Primenenie organicheskikh i mineral'nyh othodov dlja podgotovki slozhnyh kompostov s cel'ju povyshenija plodorodija pochv // Tr. / KubGAU. – 2012. – T. 1. – № 39. – S. 63-68.
33. Beljuchenko I.S., Berezhnaja V.P. Vlijanie osadkov stochnyh vod na plodorodie pochvy, razvitiye ozimoy pshenicy i kachestvo ee zerna // Tr. / KubGAU. – 2012. – T. 1. – № 34. – S. 148-150.
34. Beljuchenko I.S., Nikiforenko Ju.Ju. Vlijanie slozhnyh kompostov na svojstva pochvy i formirovanie pochvennoj bioty // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2012. – T. 8. – № 4. – S. 3-50.
35. Beljuchenko I.S., Petrenko D.V. Soderzhanie stroncija po profilju razlichnyh pochv v rajone predpriyatija po proizvodstvu fosfornyh udobrenij (na primere OAO «Evro-Him-BMU», g. Belorechensk) // Tr. / KubGAU. – 2012. – T. 1. – № 35. – S. 123-128.
36. Beljuchenko I.S. Dispersnost' othodov i ih svojstva // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. – T. 92. – № 92 (02). – S. 221-230.
37. Beljuchenko I.S. Dispersnye i kolloidnye sistemy othodov i ih koaguljacionnye svojstva // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2013. – T. 9. – № 1. – S. 13-38.
38. Beljuchenko I.S. Kolloidnye sistemy othodov raznyh proizvodstv i ih rol' v formirovanii slozhnogo komposta // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. – T. 93. – № 93 (03). – S. 787-811.
39. Beljuchenko I.S. Agregatnyj sostav slozhnyh kompostov // V sb.: Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythe-

- matic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. – Т. 93. – № 93 (03). – S. 812-830.
40. Beljuchenko I.S. Slozhnye komposty kak istochnik rasshirenija jekologicheskikh nish kul'turnyh rastenij v sisteme pochvennogo pokrova // V sb.: Problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva. – Krasnodar, 2013. – S. 12-14.
 41. Beljuchenko I.S. Primenenie organicheskikh i mineral'nyh othodov pri podgotovke slozhnyh kompostov dlja povyshenija plodorodija pochv // V sb.: Problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva. – Krasnodar, 2013. – S. 26-30.
 42. Beljuchenko I.S., Mustafaev B.A. Introdukcija rastenij kak metod rasshirenija vidovo-go sostava kul'turnyh fitocenzov v juzhnyh rajonah SNG // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2013. – Т. 9. – № 4. – S. 73-89.
 43. Beljuchenko I.S., Slavgorodskaja D.A. Izmenenie vodno-fizicheskikh svojstv pahotnogo sloja chernozema obyknovennogo pri vnesenii slozhnogo komposta // Doklady Rossij-skoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk. – 2013. – № 6. – S. 47-49.
 44. Gorchakova A.Ju., Beljuchenko I.S. O vozobnovlenii boreal'nyh zlakov // Tr. / KubGAU. – 2012. – Т. 1. – № 37. – S. 95-102.
 45. Murav'ev E.I., Beljuchenko I.S. Kolloidnyj sostav i koaguljacionnye svojstva dis-persnyh sistem pochvy i nekotoryh othodov promyshlennosti i zhivotnovodstva // Tr. / KubGAU. – 2008. – № 11. – S. 177-182.
 46. Murav'ev E.I., Dobrydnev E.P., Beljuchenko I.S. Perspektivy ispol'zovanija fosfo-gipsa v sel'skom hozjajstve // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2008. – Т. 4. – № 1. – S. 31-39.
 47. Murav'ev E.I., Popok L.B., Popok E.V., Gukalov V.N., Beljuchenko I.S. Zakonomernosti lateral'nogo i vertikal'nogo raspredelenija tjazhelyh metallov v pochvah agrolandshaf-ta (na primere izuchenija agrolandshafta OAO «Zavety Il'icha» Leningradskogo rajona Krasnodarskogo kraja) // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2008. – Т. 4. – № 1. – S. 5-24.
 48. Murav'ev E.I., Beljuchenko I.S., Gukalov V.N., Gukalov V.V., Mel'nik O.A., Petuh Ju.Ju., Slavgorodskaja D.A. Vlijanie fosfogipsa na razvitie i produktivnost' raste-nij kukuruzy v sevooboro-te // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2008. – Т. 4. – № 4. – S. 107-111.
 49. Mustafaev B.A., Kakezhanova Z.E., Beljuchenko I.S. Osobennosti pererabotki othodov s pomoshh'ju dozhdevykh chervej raznyh vidov v uslovijah pavlodarskoj oblasti // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2013. – Т. 9. – № 4. – S. 50-63.
 50. Petrenko D.V., Beljuchenko I.S. Vlijanie othodov Belorechenskogo himzavoda na sodержanie stroncija v okruzhajushhijh landshaftah // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2012. – Т. 8. – № 1. – S. 4-79.
 51. Petrenko D.V., Beljuchenko I.S., Sokirko V.P. Stroncij v pochvah landshaftov, okru-zhajushhijh predpriyatie po proizvodstvu fosfornyh udobrenij (na primere OAO «Ev-roHim-BMU», g. Belorechensk) // Tr. / KubGAU. – 2012. – Т. 1. – № 35. – S. 189-194.
 52. Popok L.B., Beljuchenko I.S. Korreljacionno-regressionnyj analiz v izuchenii vzaimo-svjazi sodержanija tjazhelyh metallov s agrofizicheskimi i agrohimicheskimi svojstva-mi pochv // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza.. – 2013. – Т. 9. – № 4. – S. 45-49.
 53. 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 // Mikrobiologija. – 1994. – Т. 63. – № 6. – S. 1101.