

УДК 631.879.42:631.43

UDC 631.879.42:631.43

ВЛИЯНИЕ СЛОЖНОГО КОМПОСТА НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

INFLUENCE OF COMPLEX COMPOST ON PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL

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

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

Сложный компост используется для рекультивации почв и представляет собой новое направление в практическом земледелии и экологии, определяющий искусственное создание комплексных смесей различных отходов промышленного и сельскохозяйственного производства, а также бытовых остатков и природных материалов для обогащения органическими и минеральными дисперсными и коллоидными системами с целью совершенствования их физико-химических и биолого-экологических функций

Complicated compost is used for recultivation of soils and represents a new direction in practical husbandry and ecology defining the artificial creation of complex mixtures of different wastes of industrial and agricultural production, as well as household residues and natural materials for the enrichment of organic and mineral dispersed and colloidal systems with purpose to improving their physical, chemical, biological and ecological functions

Ключевые слова: СЛОЖНЫЙ КОМПОСТ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ, ПРОМЫШЛЕННЫЕ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОТХОДЫ, ДИСПЕРСНЫЕ И КОЛЛОИДНЫЕ СИСТЕМЫ, БИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ

Keywords: COMPLEX COMPOST, RECULTIVATION, INDUSTRIAL AND AGRICULTURAL WASTES, DISPERSED AND COLLOIDAL SYSTEMS, BIOLOGICAL AND ECOLOGICAL FUNCTIONS

Введение. Промышленность и сельское хозяйство, а также жизнеобеспечение населения производят большое количество отходов, которые с нашей планеты никуда не денутся, а ежегодно накапливаются, занимая все новые территории, включая и значительные площади сельскохозяйственных угодий. Между тем, многие отходы, имеющие в своей основе природное происхождение, могут быть использованы в качестве вторичного сырья с целью улучшения физико-химических свойств почв. Кафедра общей биологии и экологии Кубанского госагроуниверситета совместно с кафедрой физики почв МГУ в течение ряда лет исследует отходы химических заводов, производящих фосфорные и калийные удобрения, цементных, свеклосахарных и консервных продуктов животноводческих ферм – навоза КРС, свиней, куриного помета, а также деревообрабатывающей промышленности и других производств в плане возможного их использования для улучшения качества почвы.

В общепринятом понимании отдельные отходы промышленных производств (фосфогипс, известняковая мука зола и др.) не являются коллоидными системами, но они содержат массу сверхтонких частиц сульфата кальция, кремнефторидов натрия и калия, фосфатов полутонких окислов, соединений серы, различных агрегатов, адсорбированных на поверхностях их частиц и проявляющих коагуляционные свойства при перемешивании с почвой и различными органическими отходами сельского хозяйства, формируя комплексные органоминеральные соединения, которые представляют собой искусственную смесь органических, минеральных и органоминеральных выбросов сельскохозяйственного, промышленного, бытового и природного происхождения, формирующие впоследствии сложный компост. При комплексном образовании сложный компост способен существенно улучшить физические, химические и биологические свойства верхнего слоя почвы через его обогащение питательными веществами и коллоидными агрегатами.

Сельскохозяйственные отходы включают все виды и формы навоза – твердый и жидкий (КРС и свиней, куриный помет) и остатки растениеводческой продукции (солома зерновых, стебли кукурузы, шляпки подсолнечника, листья и отходы сахарной свёклы и овощей, выжимки плодов и т.д.); промышленные отходы – это твердые и жидкие минеральные отходы переработки естественного сырья (фосфогипс, галиты, сильвиниты, известковая мука, зола и др.); отходы быта – это сточные воды и их пастообразные осадки; природные отходы имеют в основном органическое происхождение и представляют опад листьев, плодов, устаревшей коры, однолетние ветки кустарников, деревьев, ветошь трав, а также минеральные материалы осыпей и разрушения горных пород.

Структура сложного компоста зависит от количества ионов кальция и магния и делится на мелкозернистую (минеральные коллоиды разбросаны и не связаны друг с другом) и комковатую (коллоиды соединены в сравни-

тельно стойкие агрегаты). Комковатый компост лучше пропускает влагу и хорошо обеспечен кислородом. Состав и структуру сложного компоста определяет видовой и популяционный состав живых организмов – бактерий, актиномицетов, одноклеточных водорослей, а также многочисленных представителей микро– и мезофауны.

Кальций, поступающий в сложный компост в основном с твердыми и жидкими минеральными отходами, усиливает водопотребление нового образования, определяет прочность структурных агрегатов, образуемых в основном дисперсными и коллоидными минеральными системами, обезвреживает токсичное действие многих солей тяжелых металлов. Его источником в компосте может быть фосфогипс, доломит, мел, известковая мука и другие природные минералы, а также остатки соединений органических образований – зола древесных пород, кукурузы, отходов лузги подсолнечника и т.д.

Водоудерживающая способность компоста зависит от соединения в нем коллоидов - минеральных, органических и органоминеральных, имеющих огромную суммарную поверхность (на 1 см³ их коллоидных структур приходится до 1 га общей суммарной поверхности), что объясняет их большую способность к физической адсорбции – поглощению и удержанию на поверхности воды и растворенных в ней питательных веществ.

Свойства отходов. Для минеральных отходов характерна большая гетерогенность гранулометрического состава, отличающегося физической и химической стабильностью и длительным сохранением физико-химических свойств вследствие слабой их растворимости. Химическая стабильность минеральных отходов и их способность продолжительное время (десятилетия) сохранять свои свойства является итогом длительного геологического периода формирования минералов из группы осадочных пород, что обусловило определенное соотношение реакционно активных и

относительно инертных элементов, находящихся в малорастворимых соединениях [8, 9].

Способность минеральных отходов сохранять высокую стабильность при их введении в сложный компост в дисперсном варианте, медленно трансформируясь в органоминеральные соединения, являются важным и весьма ценным в практическом отношении свойством по поддержанию благоприятных для живых организмов физических, химических и биологических характеристик субстрата. Для агрономии в сложном компосте важно иметь лабильные и легко растворимые минеральные соединения, быстро высвобождающие для развития живых организмов в больших количествах питательные вещества (Ca, S, P и др.).

Физические и химико-биологические свойства минеральных отходов стабилизируют развитие природной среды, благоприятствуя сохранению в сложном компосте органического вещества и снижая его минерализацию. Сокращение скорости минерализации органического вещества в сложном компосте обеспечивает более экономное расходование органического и минерального азота и стабилизирует соотношение C:N от 20:1 до 25:1 [18].

В гранулометрическом отношении минеральные отходы представлены минеральными частицами разного размера (от 0,0001 до 20 мм) и различной конфигурации. В чистом виде они состоят из физически и химически инертных и механически прочных исходных минеральных соединений; характеризуются как устойчивые и в определенных условиях химически инертные материалы, труднодоступные для микроорганизмов в силу их особого гранулометрического строения [32, 33]. Определенную стабильность минеральным отходам, которые быстро набухают при смачивании, в природной среде придают серная, фосфорная и другие кислоты; кислая среда субстрата легко очищает поверхность частиц от бактерий и других микроорганизмов. Со временем привносимая органоминеральная пыль постепенно меняет реакцию поверхности частиц минеральных отхо-

дов и начинается их поэтапное освоение микроорганизмами, водорослями, а затем и более крупными организмами. Такие участки, накапливающие бактерии и грибы, водоросли и животных разных фаз разложения, включая семена, споры и гифы грибов, становятся весьма привлекательным энергетически емким субстратом для живых организмов, формируя участки микробной биомассы с высокой биологической активностью.

Гранулометрические фракции минеральных отходов различаются по емкости катионного обмена и его потенциальной активности формировать органоминеральные комплексы. Содержание в них водорастворимых соединений является важнейшим показателем их биологической доступности, с одной стороны, и способности длительно поддерживать определенную устойчивость субстрата, защищая от быстрой деградации, с другой. В связи с гранулометрической многокомпонентностью, разноразмерностью и полифункциональностью частей минеральных отходов (зола, известковая мука, фосфогипс и др.), многообразием компонентов их трансформации, функциональной устойчивости физических и биологических характеристик они являются в самом широком смысле важными в физико-химическом отношении мелиорантами.

Почвенные микроорганизмы, использующие в качестве источника энергии помимо органического углерода почвы также некоторые другие элементы (S, P, Mo и т.д.), выступают важным биологическим агентом трансформации сложных соединений минеральных отходов. Микроорганизмы разлагают сложные минеральные соединения на простые, которые подвергаются химической и биологической реутилизации. Разложение потенциально прочных соединений минеральных отходов происходит медленно, что и обеспечивает долговременное их действие при их внедрении в сложный компост; взаимодействие дисперсных минеральных частиц таких отходов с органическими соединениями и образование органоминеральных комплексов являются важнейшими механизмами стабилизации орга-

нического вещества получаемой смеси и началом формирования почвенных агрегатов, физически защищающих органическое вещество почвы.

Минеральные соединения осуществляют физическую и химическую стабилизацию органического вещества сложного компоста через снижение в нем влаги и инактивацию редуцентов, размещающихся на поверхности микроагрегатов в связи с наличием и возможным образованием серной кислоты. Наибольшая доля микроорганизмов свойственна внешней части микроагрегатов, внутри которых размещаются микрочастицы минеральных отходов, имеющие силикатную основу и образующие гидрофобные зоны. Поскольку навоз, дефекация, осадки сточных вод и другие отходы органических веществ представлены в основном биохимически лабильными материалами, то они активнее поддаются физической и химической стабилизации.

Важнейшей основой стабилизации органического вещества в сложном компосте является агрегирование его частиц. Основным объектом аккумуляции органического углерода и азота являются микроагрегаты, представляющие вторичные комплексы минеральных коллоидов с органическими частицами отходов. Микроагрегаты формируются в процессе перестройки органических частиц и их осаждения на коллоидах минеральных отходов. Предстоит еще немало выяснить в отношении механизма агрегирования в сложном компосте как минеральных, так и органических отходов. Ядром формирующихся агрегатов при комбинации смешивания минеральных и органических отходов, на наш взгляд, выступают их коллоидные частицы: именно они выполняют основную роль в поддержании стабильности микроагрегатов, определяющих своего рода физико-химические барьеры на пути развития сообществ микроорганизмов, влияющих на трофические связи, состояние минеральных элементов, накопление ими воды и т.д.

Основной механизм агрегирования при внесении минеральных отходов, на наш взгляд, определяется образованием органо-минеральных ком-

плексов через связывание лабильных органических веществ достаточно устойчивыми агрегирующими образованиями (прежде всего гуминовыми веществами) с минеральными микрочастицами, что легко подмечается при увлажнении и перемешивании органических и минеральных веществ. Образование микроагрегатов с участием минеральных веществ наблюдается уже на 2-3-й день после перемешивания разнородных субстратов с накоплением органических веществ на поверхности частиц минеральных коллоидов. По разным причинам с внесением в сложный компост минеральных отходов интенсивность разложения органического вещества в ней снижается, а период полураспада гумуса повышается. Проблемы агрегирования органических и минеральных отходов представляют большой научный и практический интерес, а потому их исследования весьма важны и в принципе их следует продолжить в перспективе.

Минеральные отходы содержат в разных соотношениях оксиды, составляющие основу земной коры (CaO , Fe_2O_3 , FeO , MgO , TiO_2 , MnO_2 , Cr_2O_3 , CuO , SiO_2 , BaO_2), запасы которых в настоящее время в почвах сократились в связи с выносом их с урожаем, выветриванием и выщелачиванием, что, естественно, сказывается на количестве субстрата, а также на количестве и качестве урожая сельскохозяйственных культур. Поступление в почву таких веществ в малых дозах способствует её обогащению и благоприятствует развитию растений и формированию ими качественного урожая. Внесение в почву сложного компоста способствует её обогащению кальцием, магнием, железом, цинком, серой и другими элементами, используемыми растениями [6].

С внесением сложного компоста в почву повышается содержание минеральных коллоидов, усиливается их агрегирование, улучшается аэрация, больше накапливается влаги, экономнее расходуется азот, интенсивнее разлагаются стерневые остатки кукурузы, подсолнечника, суданской травы и т.д. В зерне озимой пшеницы повышается содержание белков, углеводов,

провитамина А, витаминов группы В, аминокислот, растворимых полисахаридов, биотина, бетаглюкана и минеральных элементов Mg, Ca, S, P, Si, Fe, K, Zn и др.

В результате хозяйственной деятельности человека произошло уничтожение почвы на значительной территории суши, существенно усилилась деградация почвенного и растительного покрова, увеличилось загрязнение почвы и водных систем. Отмечается гибель многих популяций и видов организмов – от бактерий, грибов, актиномицетов до высших цветковых растений и млекопитающих животных, а значительные территории земель покрылись отходами промышленности (терриконы шахтных разработок, отвалы твердых бытовых, химических и полиметаллических отходов), сельского хозяйства (навоз свиной и КРС, куриный помет), осадки сточных вод и т.д. [14, 15].

За период своей деятельности человек утратил примерно 2 млрд га ранее плодородных земель. Хорошо известны случаи гибели плодородных почв в Северной Африке и в междуречье Тигра и Евфрата, и их превращении в пустыню в передней Азии. Немалые площади земель превратились в «техногенные пустыни», в водные системы и т.д. Сегодня площадь обрабатываемых земель в мире составляет около 1,5 млрд га, часть из которых ежегодно отчуждается, в основном для строительства (6-8 млн га) и примерно столько же приходит в непригодность из-за сильной водной и ветровой эрозии, засоления, закисления, загрязнения [27]. Наибольшую опасность представляет почвенная эрозия, вызванная усилением процессов выветривания и вымывания в связи с усилением усиливающегося уничтожения лесов, гибели лесных посадок, непродуманного использования земель и т.д. [29].

Современное состояние почв. Проблемы почв сегодня характеризуются широким замещением биосферы техносферой со всеми новыми подходами к их изучению. Одним из случаев замещения блока экосистемы

техносферой является превращение природных почв в мало подобные естественные образования, выполняющие в основном функцию производства продукции сельскохозяйственных растений, но потерявшие многие другие функции, свойственные в прошлом естественной почве [29]. Техногенная почва нарушает многие отношения между составляющими биосферы. В первую очередь это касается сокращения видового многообразия, упрощения экологических связей, резкого сокращения пищевых сетей и т.д. В такой ситуации почва находится под постоянным давлением, прежде всего атмосферного загрязнения тяжелыми металлами, пестицидами, нефтью, внесением удобрений (минеральных и органических), размещения твердых и жидких отходов, трансграничных переносов и другими характеристиками.

Сельское хозяйство использует почву как субстрат для получения урожая через внесение минеральных удобрений, а также заметно ограничивает её экологическую функцию в биосфере, нарушая растительный покров, снижая содержание гумуса, существенно загрязняя пестицидами, тяжелыми металлами, нефтью и другими веществами. Обращается слабое внимание на изменение экологических функций почв, и эта проблема изучается недостаточно [34, 36, 38].

В нашем крае сравнительно небольшая площадь природных угодий имеет ненарушенный почвенный покров, а основная часть её равнинной территории представлена почвами сильной степени нарушенности (рекультивированные отвалы, искусственные почвы, почвоподобные тела) и другие формы с весьма ограниченными экологическими функциями и прежде всего заметным снижением биологического, химического и физического разнообразия. Заметно сокращается влияние почвы на другие составляющие биосферы и прежде всего - на их водную составляющую. Газовые функции почвы, включающие образование аммиака, метана, угле-

кислого газа и других выделений, усиливают парниковый эффект и приводят к постепенному изменению климата планеты.

Эволюция почвенного покрова проходит в сочетании согласованности жизнедеятельности растений и животных, автотрофов и гетеротрофов, бактерий, грибов, актиномицетов и водорослей, что обеспечивает благоприятное соотношение между множеством физических и химических свойств почв и живыми организмами [31, 1]. С некоторых пор, но особенно в XX веке, наблюдается резкое нарушение сложившегося процесса общего развития почвенного покрова в целом биосферы и наметились угрожающие тенденции снижения разнообразия как живых организмов, так и свойств самих почв (физических, химических и биологических) из-за очень сильного вмешательства человека во взаимодействия различных составляющих природы: все меньше остается почв в истинном понимании этого слова и все больше возникает почвоподобных образований с новыми свойствами и качествами субстратов [3]. Такое положение вызвано двумя причинами: 1) деградацией почв в связи с вмешательством человека в их системы (эрозия, вызванная обработкой почвы; выделение территорий на другие цели, в частности под промышленное строительство, загрязнение пестицидами, ТМ, нефтью и т.д.), 2) отчуждением ежегодного урожая сельхозкультур и выносом питательных веществ – органических, минеральных и органоминеральных. Серьезной альтернативы негативным изменениям почв сегодня не предлагается, но все больше площадей занимается разными отходами, что в целом вызывает дисбаланс активности практически всех функций почвенного покрова [5, 7].

Именно проблема поддержания плодородия почв и ставит задачу сохранения почвенного разнообразия, включая структуру почвенного покрова, сохранение их физических, химических и биологических свойств. Вы-

деляя важные задачи экологического функционирования почв, следует уделить особое внимание жизнедеятельности почвенных организмов, их многообразию, популяционному обилию и т.д., а также преобразованию бытовых отходов, жизнедеятельности растений и животных, и другим функциям [27]. Преобразование различных отходов, образовавшихся не только при функционировании животных и растений, а, в первую очередь, промышленности и быта, следует рассматривать как серьезную задачу, требующую их решения на биосферном уровне [10, 11, 12].

Масса самых разнообразных отходов – химических, металлургических, животноводческих, бытовых и других – покрывают земельные площади старны и края [30, 31, 33]. Как с ними поступать? Исследования, которые предприняты в Кубанском государственном аграрном университете, показывают, что эту проблему можно и нужно решать, но не по отдельности использовать различные отходы, а в системе сложных компостов, подбирая подходящие по составу компоненты – по физическим и химическим свойствам [32]. Правильное соотношение отходов ускоряет время созревания сложного компоста, дает возможность создавать разнообразные по своим свойствам сложные смеси, разрабатывать нормы их внесения и решать другие практические задачи [15, 16, 17]. Оплачивать работу подобного рода по использованию отходов должны те компании, которые их создают, загрязняя в самом широком смысле окружающую среду, ухудшая её для человека.

В стране следует изменить систему контроля за отходами. Не штрафами надо ограничиваться, а заняться решением экологических проблем: помогать компаниям, которые образуют отходы, решать эти проблемы. Основопологающей функцией таких контрольных органов должна быть обязательная охрана почв и водных систем от разрушения и гибели, осо-

бенно сельскохозяйственных земель. Учитывая серьезность проблемы сохранения почвенного покрова, в этой главе мы рассмотрим некоторые вопросы подготовки и использования сложных компостов с целью улучшения экологических функций почв [13, 14].

Свойства сложного компоста зависят от состава включаемых в него органических и минеральных отходов. Сложный компост отличается определенной спецификой физического, химического и биологического состояния, не имея ни определенного строения, ни сколько-нибудь сформировавшихся сообществ живых биологических объектов и на первом этапе организации не проявляет определенных экологических функций. После смешивания разных отходов, которые по своему составу в начале своего развития бесструктурны, но наличие в них органических веществ в скором времени вызывает образование новых органоминеральных агрегатов, являющихся результатом взаимодействия минеральных и органических соединений различных компонентов.

Сложный компост формируется с использованием промышленных и сельскохозяйственных отходов, а также отходов быта в соотношении примерно 10% органических и 20% активных минеральных и до 70% нейтральных или долго разлагающихся компонентов (опилки, отходы от обработки кукурузных початков, риса и т.д.). Особенность сложного компоста связана с включением особо активных отходов (кислых или щелочных), способных нейтрализовать грибковые и бактериальные патогены, различные поверхностные активные вещества, переводить тяжелые металлы, пестициды, газообразные вещества и т.д. в труднодоступные для растений соединения. Сложный компост одной сельскохозяйственной зоны будет отличаться от другой в основном соотношением физических и химических свойств его составляющих, а также экологическими особенностями

в силу различий их видового состава живых организмов [37, 35]. В целом формирование сложных компостов во всех угодьях имеет общие принципы (множественность видов отходов), а основное отличие определяет соотношение их составляющих.

Наиболее активные компоненты сложного компоста определяют подвижность и концентрацию отдельных веществ. Основную роль в сложном компосте играет органическое вещество, которое принимает на себя роль поглотителя и регулятора миграции отдельных элементов и веществ и определяет количество экологических ниш, постепенно увеличивая количественное многообразие смеси [27]. Органическое вещество сложного компоста влияет на водный и воздушный режимы и развитие в нём живых организмов, а в последующем – и на почвенный покров, в который будет вноситься эта смесь. Сложные компосты, оказывающие влияние на почвенный покров, отличаются спецификой регионального разнообразия природных и антропогенных источников образования отходов.

Внесение в верхний слой почвы сложного компоста, содержащего до 55 т/га органического вещества, способствовало снижению плотности его сложения и повышению удельного объема пор. Так, в первый год после применения компоста (2008 г.) в посевах сахарной свеклы плотность почвы на контрольном участке составила $1,25 \pm 0,05$, на опытном - $1,17 \pm 0,04$ г/см³. Удельный объем пор, характеризующий отношение их объема к массе твердой фазы почвы, повысился на 10,5 %, что увеличило объем порового пространства почвы и положительно сказалось на развитии бактерий (табл. 1).

Табл. 1. Плотность сложения и удельный объем пор чернозема обыкновенного

Вариант	Плотность, г/см ³	Удельный объем пор, см ³ /г
Сахарная свекла, 2008 г.		
Контроль	1,25±0,05	0,38±0,02
Компост	1,17±0,04	0,42±0,02
Озимая пшеница, 2009г.		
Контроль	1,23±0,04	0,40±0,01
Компост	1,16±0,04	0,43±0,02
Кукуруза, 2010 г.		
Контроль	1,24±0,03	0,39±0,02
Компост	1,16±0,01	0,43±0,01
Озимый ячмень, 2011г.		
Контроль	1,22±0,03	0,40±0,01
Компост	1,15±0,02	0,45±0,02

Почва контрольного участка была уплотнена сильнее: значение плотности находилось на границе максимального диапазона для культуры и образующиеся корнеплоды испытывали заметное механическое сопротивление, что вызывало их деформацию, замедляло рост и снижало урожай. На опытном участке отмечено формирование более крупных корнеплодов, а доля нестандартных (неправильной формы) была значительно ниже и составила 5,2 % (в контроле – 17,1 %). Урожайность культуры в 2008 г. достигла на контрольном участке 410,2, и на опытном – 450,5 т/га.

В посевах озимой пшеницы (2-й год после внесения сложного компоста) плотность почвы на опытном участке в среднем была на 5,7 % ниже, чем на контроле, $-1,16 \pm 0,04$ г/см³; удельный объем пор – выше на 7,0 %. Такие изменения сказались на развитии корневой системы злака. Для растений, выращенных на почве со сложным компостом, характерна мощная и разветвленная корневая система с формированием большого количества придаточных и боковых корней. Отмечено повышение ее массы и объема, что увеличило активную всасывающую поверхность подземных органов и лучше обеспечивающую растение элементами питания и водой.

В 2010 г. плотность сложения контрольной почвы под посевом кукурузы изменилась по сравнению с предыдущими годами и составила

1,24±0,03 г/см³, а с внесением сложного компоста- 1,16±0,01. Применение сложного компоста обусловило более интенсивный прирост корней кукурузы и их объемное распространение в почве. Для четвертого года исследований последствие сложного компоста также сказалось на изменении плотности сложения и удельного объема пор почвы. Различия по вариантам по плотности почвы (г/см³) были статистически значимы для всего периода исследований.

Составление сложного компоста. По своей структуре сложный компост можно представить как открытую термодинамическую систему, получающую тепло и энергию из внешней среды (Солнце) и внутренних ресурсов (разложение органического вещества, углеводов, белков, жиров, ферментов и др.), стимулируя их упорядочивание и совмещение. Сложный компост, включающий в первую очередь различные по физическому и химическому составу отходы различных производств и быта, представляет собой неоднородный физико-химический компонент, вносимый в верхний слой почвы. Разнообразие сложных компостов связано с их компановкой из различных отходов, их соотношением, а также сложностью строения используемого каждым производством сырья. Сложный компост можно рассматривать как будущее комплексное удобрение, дублирующее его состав и свойства – абиотические (гранулометрический и валовый состав, оводненность, агрегирование, воздушный режим, содержание питательных веществ) и биотические (бактерии, грибы, актиномицеты, водоросли, микро- и мезофауну).

Первые представления о компостах мы находим у А.Т. Болотова (вторая половина XVIII века) - одного из основоположников русской агрономической науки. До 50-х годов XX века это понятие соотносилось с использованием отходов в основном крупного рогатого скота и лошадей с целью внесения органического вещества на пашне [28]. Затем роль этих отходов упала до минимума, потому как широко стали использовать мине-

ральные удобрения. В начале XXI века, во-первых, минеральные удобрения стали дорогими, а во-вторых, установлено, что минеральные удобрения имеют предел повышения урожайности, и интерес к органическим удобрениям снова стал возвращаться. К сожалению, потеряны многие технологии перевозки и внесения навоза, заброшены производства по этому направлению и его использование стало весьма проблематичным. Кроме того, внесение одного навоза по ряду причин, на которых мы остановимся ниже, совершенно не устраивает сегодня земледельцев. Куда интереснее, эффективнее, а самое главное, экологичнее проявила себя новая форма подготовки действительно смешанных удобрений или сложных компостов.

Все сельскохозяйственные почвы имеют пониженные экологические функции и прежде всего видовой и популяционный состав живых организмов, определяющих их биоразнообразие, а также обеднен их физический и химический состав. Подготовка сложного компоста и его внесение в верхний слой почвы существенно его преобразует: усиливается инфильтрация, идет активное обогащение живыми организмами, ускоряется преобразование почвенно-грунтовых вод, повышается, по сути дела, качество фильтрата подземных вод, улучшающих водно-воздушный режим почв, и т.д. Развитие сложных компостов и их применение возникло в ответ на губительные последствия в земледелии – стремительное разрушение почвенного покрова при внесении больших норм минеральных удобрений, особенно азотных.

Сложные компосты по нашему мнению, при правильной их заготовке, являются самостоятельным почвоподобным образованием, создаваемым человеком в поддержку естественных законов природы – защитить и сохранить плодородие почвы. Развитие этого направления станет возможным в случае признания в земледелии и прикладной экологии научного и практического значения сложных компостов на основе подготовки их по составу отходов, формированию химического и физического многообразия суб-

страта, способного расширить возможности улучшения самой почвы и создания на этой основе новых экологических ниш [23, 24, 25]. Сложный компост представляет собой смесь разнообразных органических и минеральных отходов, пригодных для формирования специфической среды их физического, химического и биологического взаимодействия, а также выделение на их основе развития новых направлений в теоретическом и практическом плане исследований в агрономической науке [21, 22, 26].

Неоднородность сложных компостов и их пестрота по физико-химическому составу практически исследована мало. Однако опыт изучения физического состава сложных компостов, создаваемых в степной зоне Краснодарского края, позволяет высказать предположение, что их неоднородность значительно уже по сравнению с мозаичностью строения верхнего слоя почвы. С учетом такого обстоятельства и возможностей искусственного регулирования их состава можно компоновать сложные компосты, приближенные по наиболее важным агротехническим свойствам к основному типу почвы.

По своему строению сложный, или комплексный, компост представляет весьма многообразное гетерогенное образование, развитие и функционирование которого в процессе его формирования идет по законам живой и неживой природы (по биокосному типу). Весьма значимо то, что сложный компост в целом формирует открытую многофазную гетерогенную полидисперсную термодинамическую систему, где химические и физические взаимодействия проходят при активном участии твердых, жидких и газовых фаз, а также различных биологических составляющих – микроорганизмов (бактерий, грибов, актиномицетов, одноклеточных водорослей и разноуровневых по организации групп животных (микро- и мезофауны) при постоянном влиянии на эти взаимоотношения физических и других процессов через солнечную радиацию, испарение, увлажнение, температуру, ветер и другие факторы [2, 4, 7, 8].

Сложный компост отражает экологический характер физического и химического состава конкретной природно-климатической зоны, специфики использования тепла, осадков, испарения и выделяется своими минеральными и органическими свойствами. Структура сложного компоста определяется особенностями развития верхнего слоя почвы в зависимости от её неоднородности и геоморфологического состава и строения. Сложный компост можно считать выделяющимся самостоятельностью своего развития и в то же время, в последствии, соподчиненностью в развитии с основными составляющими почвенного покрова, в этом суть его поведения и развития как структурного образования.

Сложный компост объективно отличается весьма оригинальным органоминеральным составом, отличным от отдельных его составляющих, и без конкретной характеристики его агрономической ценности не может быть применен эффективно. Изучение структуры сложного компоста дает возможность оценить агрономическое значение и разнообразие его физико-химических характеристик и определить целесообразность времени и способа его внесения в верхний слой почвы. Структура сложного компоста, представляющая совокупность всех разнообразных составляющих, включает конкретный физико-химический состав, подчиняющийся определенному механизму взаимосвязей и взаиморегулирования с верхним слоем почвы [6, 9, 18]. Безусловно, сложные компосты, различающиеся физико-химическим составом, имеют свои особенности развития и сроки формирования. Следует отметить, что сложный компост выделяется по сравнению с верхним слоем почвы новыми свойствами, которые в основном отсутствуют у составляющих его отходов.

При внесении в почву, минеральные коллоиды отходов взаимодействуют с органическими коллоидами почвы и формируют органоминеральные комплексы, которые закрепляются в виде пленок-гелей на поверхности частиц ила и мелкой пыли. Если пылеватые частицы ила в

сложном компосте вступают в контакт друг с другом, то они образуют физически связанные агрегаты, которые и формируют агрономически ценную структуру. Образование сложного компоста и его внесение в верхний слой почвы способствует его оструктуриванию (табл. 2). На основе агрегатного анализа почвенных проб опытного участка нами установлен коэффициент структурности пахотного слоя на уровне 4,95, что позволяет отнести данную почву к оструктуриванной. В почве контрольного участка этот показатель составил всего 4,1. В почвенных слоях опытного участка с внесением сложного компоста коэффициент структурности существенно выше контроля.

Таблица 2. Результаты агрегатного анализа почвы

Глубина слоя, см	Размер агрегатов (мм) и их содержание (%)							Kc
	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25	
Контроль (без сложного компоста)								
0-20	13,61	19,23	16,42	18,30	18,48	7,96	6,00	4,10
20-40	42,92	30,22	13,57	6,94	3,37	1,68	1,31	1,26
40-60	32,31	32,08	20,52	8,32	4,14	1,60	1,03	2,00
60-80	31,99	27,13	19,16	9,06	6,16	3,69	2,80	1,87
80-100	27,93	28,86	20,70	10,09	6,17	3,58	2,68	2,27
100-120	29,56	24,03	19,40	11,58	7,67	4,22	3,53	2,02
120-140	16,80	23,82	21,85	16,25	10,36	6,61	4,31	3,74
140-160	10,57	24,65	25,22	15,96	11,16	7,17	5,27	5,31
>160	23,27	24,13	23,20	12,21	7,87	4,96	4,37	2,62
2 – опыт с внесением сложного компоста								
0-20	13,66	30,74	19,09	20,04	8,27	5,05	3,15	4,95
20-40	34,74	26,31	15,29	6,80	3,90	1,96	1,01	1,52
40-60	33,03	28,26	19,68	9,02	5,13	2,85	2,03	1,85
60-80	34,41	24,01	19,37	10,81	5,86	3,21	2,32	1,72
80-100	19,97	27,53	21,09	13,59	9,05	5,32	3,45	3,27
100-120	25,59	25,42	22,42	11,03	7,33	4,58	3,63	2,42
120-140	35,66	21,28	18,80	10,61	6,66	3,83	3,16	1,58
140-160	12,03	23,86	24,59	17,55	8,94	6,49	6,54	4,39
>160	33,97	29,26	16,04	8,45	5,28	3,34	3,66	1,66

В некоторых слоях контрольного разреза коэффициент структурности почвы снижался, что связано с увеличением количества крупных агрегатов (>10 мм), которые не входят в ее агрономически ценную часть [12, 19, 20].

При составлении сложного компоста учитываются химические свойства

полученных смесей, заметно влияющих на структуру их связей и физические характеристики. Структура сложного компоста, с одной стороны, отличается автономностью и устойчивой способностью к возникновению новых свойств и вместе с этим развитием новых качеств (значительное изменение органического вещества, рН раствора, водоудерживающая способность и т.д.). По мере формирования сложного компоста, весьма активно приобретающего внутреннее равновесие через динамику совмещения комплексного развития всех составляющих отходов, увеличения численности экологических ниш, становления характера поведения отдельных биогенов и обмена энергией, а также формирования детритного типа круговорота веществ, растет потенциал его плодородия. Многие из указанных процессов зарождаются и протекают внутри сложного компоста, который является открытой системой, способной принять из внешней среды энергию (прежде всего от солнца) и воду [22].

Составляемый сложный компост отличается определенными физическими свойствами, которые не всегда соответствуют почвенным условиям, для которых он формируется в результате смешивания органических и минеральных отходов. Основа сложного компоста – это достаточно сложная по внутренним свойствам морфологическая структура, определяющая его физические (плотность, накопление воды и другие характеристики), химические (рН раствора, содержание органических и минеральных коллоидов, концентрация органического вещества, биогенов и т.д.) и биологические свойства (освоение видами и популяциями растений и животных экологических ниш). С течением времени (3-5 мес.) в сложном компосте в теплый период образуются чередующиеся и генетически связанные между собой различные группы микро- и мезофауны, мозаично размещающиеся в зависимости от комбинации разных веществ (органических, минеральных и гумусовых).

Структура сложного компоста обусловлена неоднородностью отходов, связанных с источником сырья (промышленные отходы) и типом сельскохозяйственных отходов (куриный помет, свиной навоз и т.д.), а также с отходами растениеводства и отходами быта. В таких компостах отмечается сложение компонентов, вступающих реже в двусторонние, а чаще и в многосторонние связи. В отдельных структурах может преобладать односторонняя связь под преимущественным влиянием какого-то одного компонента, в котором идет преобразование из неоднородного первоначального состава и комплексность его сложного компоста проявляется в основном для степной зоны края, где из-за недостатка тепла и влаги и в зависимости от рельефа и сезона года его формирование идет разными темпами.

Формирование сложного компоста каждого региона характеризуется в основном большим разнообразием отходов, вызванных, с одной стороны, разнообразием биоты и выращиваемых культур, с другой - вырабатываемыми отходами промышленности, с третьей - использованием природных минеральных ресурсов, которые применяются в строительстве и при добыче других полезных ископаемых и могут вызывать оползни, обвалы, аллювиальные процессы, и с четвертой - варьированием отходов быта по сезонам года. Гетерогенность структуры сложных компостов определяется в основном антропогенными факторами.

Важной спецификой многих отходов, особенно сельскохозяйственного производства, является значительная емкость их катионного обмена (ЕКО), зависящая от строения и гранулометрического состава субстрата (табл. 3).

Таблица 3. Доля илистой фракции и уровень ЕКО в некоторых отходах производства

Вариант	% фракции <0,1мм	ЕКО мг-экв./100 г
Почва	0,1	62,4-72,9
Перегной	4,36	36,6-85,4
Фосфогипс	12,13	20,0-35,2
Осадки сточных вод	6,02	50,7-74,8
Дефекат	1,31	65,7-80,7
Отход винограда	1,00	30,5-42,6
Опилки	1,74	20,4-29,8
Птичий помет	8,42	45,4-67,2
Рисовая шелуха	10,72	21,8-28,1

Остановимся на анализе особенностей сложного компоста и характере взаимодействия различных отходов на фоне внесения органических удобрений (полуперепревший навоз). В почве частицы с размерами от 1 мм до 0,001 мм составляют её илистую фракцию, а менее 0,25 мкм – относятся к коллоидам. Коллоиды и ил определяют важнейшие физические свойства почвы – твердость, способность к набуханию, липкость, поглотительная способность. Такие же физические свойства характерны и для сложного компоста, который приобретает их в отличие от почвы постепенно.

Органические коллоиды в почве образуются в процессе разложения растений и животных и потому в верхнем слое их больше и составлены они гуминовыми кислотами, фульвокислотами, лигнином, протеином, клетчаткой и другими органическими соединениями, включающими 10 основных элементов – С, О, Н, N, P, S, Са, Mg, К, Na и в меньших количествах Fe, Cu, Zn, Cl. Минеральные коллоиды почвы в основном состоят из алюмосиликатов, куда входят окись кремния (до 60% и больше), окись Al (до 25%), окись Fe (до 10%) и относительно мало соединений Са, Mg, Ti (титан), Mn, К, Na, P, S, а также ряда микроэлементов – бора, цинка, кобальта, меди. В черноземе обыкновенном уровень ЕКО доходит до 70-80 мг-экв./100г, что указывает на весьма благоприятный состав его основных составляющих ППК.

Уровень сложности компостов следует иметь в виду при учете состава севооборота, проектировании мелиорации почв (рН, валовый состав, обес-

печенность питательными веществами), проблеме их охраны и т.п. От вариабельности состава сложных компостов зависит их сложение, физические и химические свойства, продолжительность развития и функционирования при внесении в верхний слой почвы с точки зрения содержания органического вещества, изменения её коллоидного состава, катионного обмена, его устойчивости, изменения рН солевой вытяжки и т.д. Использование сложного компоста способствует снижению потерь в органических веществах и в содержании органического азота.

В сложном компосте емкость катионного обмена представлена минеральной и органической частями. При обычном хранении навоза отмечаются большие потери в нем азотных соединений, особенно аммиака, который находится в основном в газообразной форме и вместе с жижой стекает в грунт, в результате чего теряется важнейший элемент питания растений. Сохранение азота в навозе является важной практической и экологической задачей и поэтому наши исследования были направлены на поиски приемов, предупреждающих его бесполезные потери. В вегетационных опытах нами установлено, что потери азота в полуперепревшем навозе при обычном хранении достигают до двух третей и больше от первоначального его содержания. Компостирование полуперепревшего навоза в сложном компосте способствует, с одной стороны, ускорению его созревания, а с другой, заметному сохранению в нем органического вещества и общего азота (табл. 4).

Таблица 4. Влияние сложного компоста на потери азота и органического вещества в полуперепревшем навозе (% на сухое вещество)

Вариант	Срок хранения	ОВ	Потери ОВ, %	N, %
Навоз	свежий	92,0	10,1	0,72
Навоз полуперепревший	3 мес.	65,42	34,6	35,7
Навоз + сложный компост 15:1	3 мес.	72,83	27,3	25,6
Навоз + сложный компост 15:2	3 мес.	81,5	18,5	18,7

Рассмотрим влияние сложного компоста на потери органического вещества и азота при различных способах хранения полуперепревшего навоза. Наиболее эффективно применение сложного компоста проявилось с послойным размещением различных отходов. При чередовании слоев отдельных отходов происходит поглощение аммиака в связи с обменом катионов, например, в фосфогипсе на ион аммония. В расчете на 100 т полуперепревшего навоза в сложном компосте при участии фосфогипса сохраняется до 500 кг азота. Высокая емкость катионного обмена и органических веществ определяет значительное поглощение большей части аммония и его закрепление в гранулах. Сумма поглощенных оснований составляет от 30 до 40 мг-экв./100 г, что при замещении всего 30% емкости поглощения минеральными катионами фосфогипса будет сохранено в компосте сульфата аммония примерно 10-12 мг-экв./100 г субстрата или 100-120 кг на 1 т фосфогипса.

Весьма «плотным экраном» для проникновения газообразного аммиака и других соединений азота выступает фосфогипс и другие отходы, содержащие минеральные коллоиды, находящиеся в растворенной форме в жидкой фазе. Например, плохо пропускает через себя фосфогипс навозную жижу, его частицы набухают, поглощая влагу, в массе она прирастает на 60-70%, не пропуская в подстилающий грунт жидкую часть полуперепревшего навоза. Вместе с азотными удобрениями задерживаются фосфогипсом также калий и углерод в силу их сильного агрегирования с полуперепревшим навозом. Чем суше фосфогипс, тем выше положительный эффект от его компостирования с полуперепревшим навозом.

Внесение сложного компоста и его заделка в верхний слой почвы способствует улучшению гранулометрического состава, её гумусированности, накоплению влаги, а также выравниванию в верхнем слое содержания органических веществ, азота и других элементов. Такие элементы, как калий и фосфор, скапливаются в понижениях, а на повышенных участках слож-

ного компоста их существенно меньше, что сказывается на развитии и урожайности сельхозкультур. Внесение сложного компоста сильнее отражается, по нашим данным, на урожае корнеплодов и меньше - зерновых. Например, при внесении под свёклу разница в прибавке урожая составила до 60 ц/га, а у озимой пшеницы – только 6-7 и реже до 12 ц/га.

В полевом опыте в 2011 г. продуктивность кукурузы (зерно) при внесении сложного компоста была на 24 ц/га больше, чем на контроле. На озимой пшенице при понижении доли азота на 40 кг/га по сравнению с контролем её урожай составил больше на 5 ц/га в 2008, на 4 – в 2009, на 6 – в 2010 и на 5 ц/га в 2011 г. Столь заметные прибавки в продуктивности культур безусловно нуждаются в разработке технологий с применением сложного компоста, что приведет к повышению и плодородия полей, и урожайности культур, и улучшению качества получаемого урожая.

Таким образом, большие различия в составе сложного компоста, что обычно связывается с неравномерностью перемешивания и соотношения составляющих отходов при подготовке, снижает его эффективность, а доведение всей массы до гомогенного состояния представляет собой важный фактор улучшения плодородия почвы при его внесении в верхний слой и повышения продуктивности сельхозкультур. Безусловно, первоначальная гетерогенность при смешивании различных отходов, а также их различия в геоморфологии – это важные факторы создания ценного сложного компоста. Чрезвычайно важна роль гомогенизации сложного компоста, без которой невозможно получить равномерный качественный его состав. Большую роль в формировании компоста играют сами отходы, а их соотношение определяет разнообразие формирования субстрата и сроки его готовности для использования в качестве мелиоранта.

Литература

1. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1980. – 287 с.
2. Белюченко И.С. Введение в общую экологию. – Краснодар: КубГАУ, 1997. – 544 с.
3. Белюченко И.С. Эволюционная экология. – Краснодар: КубГАУ, 2001. – 505 с.
4. Белюченко И.С. Экология Кубани: КубГАУ. – Краснодар, 2005. – Часть I. – 513 с.
5. Белюченко И.С. Экология Кубани. Краснодар, 2005. – Ч. II. – 470 с.
6. Белюченко И.С. Влияние фосфогипса на трансформацию азота в черноземе обыкновенной степной зоны Кубани // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 2. – С. 144-147.
7. 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
8. 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.
9. 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.
10. Белюченко И.С., Мельник О.А. Сельскохозяйственная экология / учебное пособие / Краснодар, 2010. – 297 с.
11. Белюченко И.С. Экология Краснодарского края (региональная экология): Учебное пособие. – Краснодар, 2010. – 356 с.
12. 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.
13. Белюченко И.С., Славгородская Д.А. Влияние органоминерального компоста на плотность сложения и порозность чернозема обыкновенного // Тр. / КубГАУ. – 2011. – № 32. – С. 88.
14. Белюченко И.С. Введение в экологический мониторинг: учебное пособие – Краснодар, 2011. – 297 с.
15. Белюченко И.С. К вопросу о формировании и свойствах органоминеральных компостов и реакции растений кукурузы на их внесение // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2011. – Т. 7. – № 4. – С. 65-74.
16. Белюченко И.С. Сложный компост и его роль в улучшении почв // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012. – Т. 8. – № 2. – С. 75-86
17. 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.
18. Белюченко И.С. К вопросу о механизмах управления развитием сложных компостов // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012. – Т. 8. – № 3. – С. 88-111.
19. 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
20. Белюченко И.С. Дисперсность отходов и их свойства // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 92. – № 92 (02). – С. 221-230.

21. Белюченко И.С. Дисперсные и коллоидные системы отходов и их коагуляционные свойства // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2013. – Т. 9. – № 1. – С. 13-38
22. Белюченко И.С. Применение органических и минеральных отходов при подготовке сложных компостов для повышения плодородия почв // Сб. трудов III Междунар. науч. экологической конференции. – Краснодар, 2013. – С. 26-30.
23. Белюченко И.С. Сложные компосты как источник расширения экологических ниш культурных растений в системе почвенного покрова // Сб. трудов III Междунар. науч. экологической конференции. – Краснодар, 2013. – С. 12-14.
24. Белюченко И.С., Мустафаев Б.А. Интродукция растений как метод расширения видового состава культурных фитоценозов в южных районах СНГ // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 73-89.
25. Белюченко И.С., Славгородская Д.А. Изменение агрегатного состава чернозема обыкновенного при внесении органоминерального компоста // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 4. – С. 23-25
26. Белюченко И.С., Славгородская Д.А. Изменение плотности и аэрации пахотного слоя чернозема обыкновенного под влиянием сложного компоста // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 2. – С. 40-42
27. Берсенева Л.А. Органическое земледелие // Наука и жизнь. – 1995. – № 4. – С. 105-109.
28. Болотов А. Жизнь и приключения Андрея Болотова, описанные самим им для своих потомков. - М., 1931. – Т. 1. – 526 с.
29. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экологические функции почв. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 137 с.
30. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. - М.: Изд. Акад. наук СССР, 1963. – 314 с.
31. Мельник О.А. Основные принципы альтернативной системы земледелия при выращивании кукурузы // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2011. – Т. 7. – № 4. – С. 29-33.
32. 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.
33. Муравьев Е.И., Белюченко И.С. Оценка влияния химического производства на состояние окружающих ландшафтов // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2005. – Т.1. – №2. – С. 138.
34. Попок Л.Б., Белюченко И.С. Корреляционно-регрессионный анализ в изучении взаимосвязи содержания тяжелых металлов с агрофизическими и агрохимическими свойствами почв // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 45-49.
35. Славгородская Д. А., Гукалов В.В. Влияние органоминерального компоста на плотность сложения и порозность чернозема обыкновенного // Тр. / КубГАУ. – 2011. – № 34. – С. 86-89.
36. Смагин А.В. Современные проблемы черноземной зоны и возможные пути их решения // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2011. – Т. 7. – № 4. – С. 8-24.
37. Хакимов Ф.И., Севостьянов С.М. Компостирование обработанных аминокислотными реагентами осадков коммунальных сточных вод // Агрохимия. – 2004. – № 3. – С. 41-47.
38. 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. Aleksandrova L.H. Organicheskoe veshhestvo pochvy i processy ego transformacii. – L.: Nauka, 1980. – 287 s.
2. Beljuchenko I.S. Vvedenie v obshhujy jekologiju. – Krasnodar: KubGAU, 1997. – 544 s.
3. Beljuchenko I.S. Jevoljucionnaja jekologija. – Krasnodar: KubGAU, 2001. – 505 c.
4. Beljuchenko I.S. Jekologija Kubani: KubGAU. – Krasnodar, 2005. – Chast' I. – 513 s.
5. Beljuchenko I.S. Jekologija Kubani. Krasnodar, 2005. – Ch. II. – 470 s.
6. Beljuchenko I.S. Vlijanie fosfogipsa na transformaciju azota v chernozeme obyknovennom stepnoj zony Kubani // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2008. – T. 4. – № 2. – S. 144-147.
7. Beljuchenko I.S. Problemy rekul'tivacii othodov byta i proizvodstva (po materia-lam I vsrossijskoj nauchnoj konferencii po problemam rekul'tivacii othodov) // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2009. – T. 5. – № 3. – S. 72-78
8. Beljuchenko I.S. Ispolzovanie fosfogipsa dlja rekul'tivacii chernozema obyknovenogo v stepnoj zone Kubani // V sb.: Problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva. – Krasnodar, 2009. – S. 54-59.
9. 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.
10. Beljuchenko I.S., Mel'nik O.A. Sel'skohozjajstvennaja jekologija / uchebnoe posobie / Krasnodar, 2010. – 297 s.
11. Beljuchenko I.S. Jekologija Krasnodarskogo kraja (regional'naja jekologija): Uchebnoe po-sobie. – Krasnodar, 2010. – 356 s.
12. Beljuchenko I.S., Smagin A.V., Gukalov V.N., Mel'nik O.A., Slavgorodskaja D.A., Kali-nina O.V. Jekologicheskie aspekty sovershenstvovanija funkcionirovanija agroland-shaftnyh sistem Krasnodarskogo kraja // Tr./ KubGAU. – 2010. – T. 1. – № 26. – S. 33-37.
13. Beljuchenko I.S., Slavgorodskaja D.A. Vlijanie organomineral'nogo komposta na plotnost' slozhenija i poroznost' chernozema obyknovenogo // Tr. / KubGAU. – 2011. – № 32. – S. 88.
14. Beljuchenko I.S. Vvedenie v jekologicheskij monitoring: uchebnoe posobie – Krasnodar, 2011. – 297 s.
15. Beljuchenko I.S. K voprosu o formirovanii i svojstvah organomineral'nyh kom-postov i reakcii rastenij kukuruzy na ih vnesenie // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2011. – T. 7. – № 4. – S. 65-74.
16. Beljuchenko I.S. Slozhnyj kompost i ego rol' v uluchshenii pochv // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012. – T. 8. – № 2. – S. 75-86
17. Beljuchenko I.S. Ispolzovanie othodov byta i proizvodstva dlja sozdanija slozhnyh kompostov s cel'ju povyshenija plodorodija pochv // Tr. / KubGAU. – 2012. – T. 1. – № 38. – S. 68-72.
18. Beljuchenko I.S. K voprosu o mehanizmah upravlenija razvitiem slozhnyh kompostov // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012. – T. 8. – № 3. – S. 88-111.
19. 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
20. Beljuchenko I.S. Dispersnost' othodov i ih svojstva // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – T. 92. – № 92 (02). – S. 221-230.

21. Beljuchenko I.S. Dispersnye i kolloidnye sistemy othodov i ih koaguljacionnye svojstva // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.– 2013. – T. 9. – № 1. – S. 13-38
22. Beljuchenko I.S. Primenenie organicheskikh i mineral'nyh othodov pri podgotovke slozhnyh kompostov dlja povyshenija plodorodija pochv // Sb. trudov III Mezhdunar. nauch. jekologicheskoy konferencii. – Krasnodar, 2013. – S. 26-30.
23. Beljuchenko I.S. Slozhnye komposty kak istochnik rasshirenija jekologicheskikh nish kul'turnyh rastenij v sisteme pochvennogo pokrova // Sb. trudov III Mezhdunar. nauch. jekologicheskoy konferencii. – Krasnodar, 2013. – S. 12-14.
24. Beljuchenko I.S., Mustafaev B.A. Introdukcija rastenij kak metod rasshirenija vidovogo sostava kul'turnyh fitocenzov v juzhnyh rajonah SNG // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2013. – T. 9. – № 4. – S. 73-89.
25. Beljuchenko I.S., Slavgorodskaja D.A. Izmenenie agregatnogo sostava chernozema obyknovennogo pri vnesenii organomineral'nogo komposta // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk. – 2013. – № 4. – S. 23-25
26. Beljuchenko I.S., Slavgorodskaja D.A. Izmenenie plotnosti i ajeracii pahotnogo sloja chernozema obyknovennogo pod vlijaniem slozhnogo komposta // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk. – 2013. – № 2. – S. 40-42
27. Berseneva L.A. Organicheskoe zemledelie // Nauka i zhizn'. – 1995. – № 4. – S. 105-109.
28. Bolotov A. Zhizn' i prikljuchenija Andreja Bolotova, opisannye samim im dlja svoih potomkov. - M., 1931. – T. 1. – 526 s.
29. Dobvol'skij G.V., Nikitin E.D. Jekologicheskie funkcii pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1986. – 137 s.
30. Kononova M.M. Organicheskoe veshhestvo pochvy. Ego priroda, svojstva i metody izuche-nija. - M.: Izd. Akad. nauk SSSR, 1963. – 314 s.
31. Mel'nik O.A. Osnovnye principy al'ternativnoj sistemy zemledelija pri vyrashhi-vanii kukuruzy // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2011. – T. 7. – № 4. – S. 29-33.
32. Murav'ev E.I., Beljuchenko I.S. Kolloidnyj sostav i koaguljacionnye svojstva dispersnyh sistem pochvy i nekotoryh othodov promyshlennosti i zhivotnovodstva // Tr. / KubGAU. – 2008. – № 11. – S. 177-182.
33. Murav'ev E.I., Beljuchenko I.S. Ocenka vlijanija himicheskogo proizvodstva na sostojanie okruzhajushhijh landshaftov // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2005. –T.1.–№2.– S. 138.
34. Popok L.B., Beljuchenko I.S. Korreljacionno-regressionnyj analiz v izuchenii vzaimosvjazi sodержanija tjazhelyh metallov s agrofizicheskimi i agrohimicheskimi svojstvami pochv // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2013. – T. 9. – № 4. – S. 45-49.
35. Slavgorodskaja D. A., Gukalov V.V. Vlijanie organomineral'nogo komposta na plotnost' slozhenija i poroznost' chernozema obyknovennogo // Tr. / KubGAU. – 2011. – № 34. – S. 86-89.
36. Smagin A.V. Sovremennye problemy chernozemnoj zony i vozmozhnye puti ih reshenija // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2011. – T. 7. – № 4. – S. 8-24.
37. Hakimov F.I., Sevost'janov S.M. Kompostirovanie obrabotannyh aminokislotnymi reagentami osadkov kommunal'nyh stochnyh vod // Agrohimiya. – 2004. – № 3. – S. 41-47.
38. Kurakov A.V., Than H.T.H., Belyuchenko I.S. Microscopic fungi of soil, rhizosphere, and rhi-zoplane of cotton and tropical cereals introduced in southern Tajikistan // Mikrobiologija. – 1994. – T. 63. – № 6. – S. 1101.