

УДК 631.879.3

UDC 631.879.3

ДИСПЕРСНОСТЬ ОТХОДОВ И ИХ СВОЙСТВА**DISPERSITY OF WASTES AND THEIR PROPERTIES**

Белюченко Иван Степанович
д.б.н., профессор
*Кубанский государственный аграрный университет,
Краснодар, Россия*

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

Обсуждается дисперсность отходов всех производств, включая бытовые, сельскохозяйственные, промышленные и нарушения природных систем, являющиеся гетерогенными дисперсными образованиями и включающих две и большего числа фаз с развитой поверхностью. Дисперсные системы отходов классифицируются на истинные растворы, тонкодисперсные коллоидные системы, и грубодисперсные (в основном минеральные отходы) и высокодисперсные (органические отходы)

Dispersity of wastes of all productions including domestic, agricultural, industrial and violations of the natural systems which are heterogeneous and dispersed formations comprising two or more phases with the developed surface is discussed. Disperse systems of wastes are classified into true solutions, systems of finely dispersed of colloids, coarsely dispersed (mainly mineral wastes) and highly dispersed (organic waste)

Ключевые слова: ДИСПЕРСНОСТЬ, ОТХОДЫ БЫТОВЫЕ, ПРОМЫШЛЕННЫЕ, ИСТИННЫЕ РАСТВОРЫ, КОЛЛОИДНЫЕ СИСТЕМЫ, ГЕТЕРОГЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Keywords: DISPERSITY, HOUSEHOLD WASTES, INDUSTRIAL WASTES, TRUE SOLUTIONS, COLLOIDAL SYSTEMS, HETEROGENEOUS FORMATIONS

Введение. Сложные компосты, предназначенные для рекультивации нарушенных земель, определяют собой новое направление в практической экологии и земледелии на основе создания комплексных смесей различных отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства, а также природных материалов, обогащенных органическими и минеральными дисперсными и коллоидными системами, совершенствующими их физико-химические и биолого-экологические функции.

Отходы всех производств, включая бытовые, сельскохозяйственные и промышленные, а также нарушенных природных систем, являются гетерогенными дисперсными образованиями, состоящими из двух и большего числа фаз с развитой поверхностью [5, 8]. Одна из фаз образует непрерывную дисперсионную среду, в которой распределена одна или несколько дисперсных фаз. Дисперсные системы отходов классифицируются на истинные растворы (размер частиц < 1 нм – ионные, молекулярно-ионные и молекулярные), тонкодисперсные коллоидные системы (размер частиц < 100 нм – золи, гели) и грубодисперсные взвеси (размер частиц > 100 нм –

эмульсии, суспензии, аэрозоли). Отходы делят на грубодисперсные (в основном минеральные отходы природного сырья – фосфогипс, галит, мел и др.) и высокодисперсные (преобладают органические отходы – остатки растениеводческой продукции и т.д.). В грубодисперсных системах (эмульсии, суспензии и т.д.) размеры частиц составляют от 1 мкм и выше, а в высокодисперсных (коллоидных) – от 1 нм до 1 мкм [13,14].

По агрегатному состоянию дисперсионной среды и дисперсной фазы среди формирующихся отходов можно выделить следующие системы: 1) газодисперсные (аэродисперсные) с газовой дисперсионной средой: пыль, туман, дым, порошок и др.; 2) жидкие дисперсионные среды и твердые дисперсные фазы (грубодисперсные суспензии, эмульсии и пасты); 3) тонкодисперсионные золи и гели; 4) твердые дисперсионные среды (кристаллическое тело) с включениями мелких твердых частиц (фосфогипс, мел, галит, капли жидкости и пузырьки газов) [19].

По равновесности и устойчивости дисперсные системы различных отходов можно разделить на лиофильные и лиофобные. Лиофильные системы отходов термодинамически равновесны и высокодисперсны, формируются в результате получения отходов при производстве продукции из природного сырья и могут существовать весьма долго (минеральные отходы после переработки природных материалов: мела, апатитов, калийных солей и т.д.). Лиофобные дисперсные системы растительных отходов термодинамически неравновесны и обладают большим избытком свободной поверхностной энергии (отходы растительных остатков, животноводческой продукции, быта и др.).

В определенных условиях (при сближении отходов лиофильных и лиофобных систем) происходит их коагуляция на основе сближения частиц, сохраняющих первоначальные формы и размеры и объединяемых в плотные агрегаты, а также укрупнение первичных частиц путем слияния капель воды или пузырьков газа. Нестабилизированные и неустойчивые

лиофобные дисперсные системы отходов непрерывно изменяют свой дисперсный состав (отходы органического происхождения) в сторону укрупнения частиц вплоть до полного расслоения на микрофазы [15].

Стабилизированные лиофильные дисперсные системы отходов сохраняют дисперсность (отходы переработки природного сырья) в течение продолжительного времени. Основные свойства дисперсных систем таких отходов определяются адсорбцией, поверхностные явления которой через образование двойного электрического поля характеризуются контактными взаимодействиями частиц дисперсной фазы [20, 24].

Дисперсные системы отходов в природе распространены в верхнем слое любой поверхности: горные породы, грунты, почвы, сложные компосты, атмосферные и гидросферные осадки, растительные и животные ткани. Основные промышленные продукты и предметы бытового потребления выпускаются также в виде дисперсных систем [17]. Разные вещества отходов имеют различную степень раздробленности. Диспергирование отходов – это их дробление, образование гетерогенных систем, состоящих из сплошной непрерывной фазы – дисперсионной среды и находящихся в среде дисперсных фаз и раздробленных частиц разного размера и формы [20, 24].

Гетерогенность системы отходов. Анализируя дисперсность (размер частиц дисперсной фазы) отдельных типов отходов, их системы условно разделили на грубо- и тонкодисперсные. Последние называются просто коллоидными системами (например, куриный помет) с размером частиц от 1 нм до 1 мкм (удельная поверхность составляет сотни м²/г). В грубодисперсных системах (например, фосфогипс) частицы имеют размеры от 1 мкм и выше (удельная поверхность до 1 м²/г). Укрепление или слияние частиц некоторых дисперсных фаз при смешивании различных отходов, известное как коагуляция, происходит под действием молекулярных сил сцепления или тяжести [19].

Гидрофобная коагуляция различных отходов отличается расслоением весьма сложной дисперсной системы сложного компоста на жидкую и твердую фазы. При добавлении пептизаторов (например, жидкие отходы КРС и свиней) восстанавливается и расширяется дисперсность коагуляции в системе сложного компоста. Способность коллоидных частиц после перемешивания в неподвижном растворе к образованию и формированию различных структур (например, фосфогипс слипается с органическими отходами свиней, КРС и др.), заполняющих весь объем раствора (например, фосфогипс + ОСВ), приводит к образованию агрегатных вариантов компоста [10, 12, 13, 14].

Органические, минеральные и органоминеральные отходы различных производств при смешивании формируют разнообразные физико-химические системы, которые состоят из нескольких фаз (однородных частей), различающихся вариацией физических и химических свойств и биолого-экологических функций, отдельных друг от друга поверхностями раздела, образуя гетерогенные системы, или не имеют поверхностей раздела и представляют гомогенные системы. Например, многие сложные компосты, включающие твердые органические и минеральные субстраты, а также водные растворы органических и минеральных кислот и солей, характеризуются прохождением в них комплексных химических реакций с нарушением равновесия и указывающих на специфику их систем (гетерогенных или гомогенных) и потому представляют большой интерес для исследования [15, 16]. Чем больше видов отходов включено в сложные компосты, тем гетерогенные системы состоят из большего числа фаз с сильно развитыми поверхностями раздела между ними. Одна из фаз обычно образует непрерывную дисперсионную среду, в объеме которой распределены несколько дисперсных фаз в виде мелких структур, аморфных частиц и т.д. [27]. Дисперсные системы отходов могут иметь и более сложное строение (например, представлять трехфазное образование, галиты и т.д.

Различают устойчивость в сложном компосте седиментационную и агрегатную [37]. Седиментационно устойчивы коллоидные системы с газовой и жидкой дисперсионной средой (жидкий свиной навоз), в которых беспорядочное движение частиц мешает оседанию. В агрегатно устойчивых системах (например, фосфогипс) непосредственные контакты между частицами не возникают, и потому они в течение длительного времени сохраняют свою изначальную структуру. При нарушении агрегатной устойчивости в сложном компосте частицы минеральных и органических отходов в процессе беспорядочного движения сближаются и соединяются [10].

Важные свойства дисперсных систем определяются основными поверхностными явлениями: адсорбцией, образованием двойного электрического слоя, а также контактными взаимодействиями частиц [38]. Дисперсные системы в отходах распространены в природе повсеместно: горные породы, грунты, почвы, атмосферные и гидросферные осадки, растительные и животные ткани, а также в большинстве других образований, основу которых составляет природное сырье. Дисперсные фазы материалов в различных отходах на хорошо развитых поверхностях определяют химические процессы, способствующие определенному структурообразованию [9].

Со временем при взаимодействии различных сред органических и минеральных частей в составе сложного компоста создаются новые частицы разного размера. По мере развития сложного компоста степень дисперсности отдельных образований повышается, а их удельная поверхность на единицу объема увеличивается. По мере развития дисперсности фаз отдельных составляющих сложного компоста образуются смешанные дисперсные системы: меняется соотношение грубодисперсных частей с частицами дисперсной фазы крупнее 0,1 мк и коллоидно-дисперсных систем с частицами от 0,1 мк до 1 нм; мелкие дисперсные частицы (< 1 нм) пред-

ставляют собой крупные молекулы, которые формируют настоящие растворы, определяющие их коллоидное состояние [9].

В сложных компостах отходы можно классифицировать по агрегатному состоянию – твердые, пастообразные, газообразные, жидкие; по химическому составу – органические и неорганические; по происхождению – бытовые, промышленные, сельскохозяйственные, природные; по использованию – утилизируемые (вторичные материальные ресурсы) и не утилизируемые (отбросы); по токсическому действию – опасные вещества и не опасные; по объему образования – малотоннажные и крупнотоннажные [3].

Дисперсные системы черноземов. Наиболее изученными в крае дисперсными системами являются системы черноземов. Такие почвы насыщены кальцием и магнием, малодисперсны, что следует сказать и о минеральных суспензиях, которые мало перемещаются в пределах их почвенных горизонтов [21]. В основных слоях чернозем обыкновенный имеет почти одинаковый состав. Глинистые черноземы структурнее суглинистых, а легкосуглинистые начинают утрачивать чёткую выраженность структуры, что наводит на мысль о том, что их зернистая структура является результатом коагуляции отдельных суспензий: где их больше, там заметнее результаты их коагуляции [33, 2]. Роль основного коагулянта в черноземных почвах играет раствор двууглекислого кальция, появлению которого долгое время способствовало развитие корневых систем степных растений, выделяющих углекислоту и способствовавших переходу в раствор части поглощенного кальция [2].

Коагуляционные растворы перемещаются в верхних слоях чернозема по корневой системе растений, которая формирует мелкозернистые отдельныености, постепенно увеличивающие свои размеры. Значительную роль в перемещениях коагуляционных растворов в верхнем слое черноземов играет известь почвы, поскольку при снижении содержания кальция эти поч-

вы теряют свою структуру. По мере деградации чернозема обыкновенного наступает его полное обесструктуривание. Если почвы не насыщены кальцием, то выраженная структура в них отсутствует. В каштановых и бурых почвах, в отличие от черноземов, вместе с поглощенным кальцием встречается и поглощенный натрий, и потому допустимо, что в таких почвах, где гумуса мало, количество поглощенного кальция невелико. Это сказывается, естественно, на ослаблении у этих почв своей структуры [28, 29, 25, 26, 4].

Почвенные коллоиды представляют собой комбинированные органические (гумус) и минеральные вещества. К минеральным коллоидам сложных компостов относятся кремнеземы, гидраты окисей железа, алюминия и марганца. Минеральные коллоиды в почвах составляют относительно небольшие доли (по нашим расчетам в черноземе обыкновенном отношение минеральных коллоидов к органическим в среднем составляет 1:4), но их роль весьма существенная, особенно это касается гидратов (например, железа, алюминия и марганца). Коллоиды кремнезема являются результатом процессов выветривания силикатов и алюмосиликатов, а также минерализации органических остатков и несут отрицательный заряд [31]. Гидраты окиси железа определяют разложение различных минералов, в которые входит окисное и закисное железо. В почве гидраты окиси железа имеют положительный заряд (коллоид). Гидраты окиси алюминия образуются в процессе выветривания алюмосиликатов, а также при разложении органических остатков. Растения сырых мест на черноземе накапливают в своей золе заметное количество алюминия. Золи гидрата глинозема находятся в почве в желеобразном состоянии.

Большое значение в черноземе имеет органический коллоид почвы – гумус, представляющий комплекс разнообразных органических и минеральных соединений со значительным молекулярным весом. Гумусовые коллоиды безусловно дисперсные, хотя они менее дисперсны, чем гумус,

например, подзолов. Коллоидные частицы гумуса несут отрицательный заряд, и гуминовая кислота поддерживает соединения невысокой степени дисперсности; минимальная дисперсность свойственна кремниевой кислоте. Коагуляция веществ в растворе происходит тогда, когда электролит выделяется низкой концентрации и не проявляет активного действия [6, 34].

В черноземных почвах периодически образуются молекулярные растворы, коллоиды и тонкие суспензии. Когда мы изучаем природную черноземную почву, то её дисперсионной средой является твёрдое вещество, а жидкая составляющая часть почвы – дисперсной фазой, в которой можно изучать гели (сгустки) и золи. Основу дисперсной фазы составляют полуторные окислы SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O и сложный комплекс гумуса. Растворяющиеся в соляной кислоте полуторные окислы имеют состав 2RO , где R представлен K_2 , Na_2 , Ca , Mg ; Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 .

В поглощенном состоянии в черноземных почвах находятся кальций, магний, а также натрий и аммоний. В заболоченных почвах, кроме кальция и магния, могут присутствовать водород, алюминий и аммоний. В солонцовых почвах всегда присутствует, кроме кальция и магния, также натрий и калий. Внесение фосфогипса, еще лучше сложного компоста (навоз + фосфогипс), существенно влияет на активность химических веществ: заметно увеличивается содержание CaO , Fe_2O_3 , SiO_2 , MgO и ослабляются позиции Na .

Количество вытесненных оснований за определенный промежуток времени показало, что взаимодействие между аммонием, с одной стороны, и почвенным кальцием и магнием, с другой, весьма эффективно протекает по мере повышения концентрации раствора хлористого аммония. Увеличение количества раствора при постоянной доле субстрата повышает количество отнимаемых у почвы оснований, и реакция между почвой и раствором протекает весьма быстро. Причиной такого ускорения является

прохождение реакции на поверхности частиц или в их самом верхнем слое, что выдвигает в качестве основы участие в обменных реакциях перегноя, облегающего тонким слоем минеральные части почвы [25].

Непродолжительного соприкосновения почвы с раствором, какая бы не была его концентрация, совершенно недостаточно, чтобы вытеснить все основания, которые могут быть замещены его катионами. Хорошо проявляется взаимодействие между черноземной почвой, перегноем, осадками сточных вод, отходами растительных остатков, коллоидами других органических веществ, с одной стороны, и глинами, особенно монтмориллонитами, фосфогипсом, известью и другими минеральными соединениями на поверхности раздела, с другой, означая, что главным участником обменной реакции двух противоположно заряженных коллоидов является органический коллоид, несущий отрицательный заряд [11, 9].

Дисперсность системы отходов. Дисперсные системы сложных компостов формируются различными комбинациями дисперсионной среды и дисперсной фазы, усиливающих и усложняющих их развитие. Дисперсионной средой отходов обычно является вода, а дисперсной фазой – твердое вещество, и такие системы носят название коллоидных растворов, или зольей. Особые свойства им придают мелкие размеры и большая удельная поверхность коллоидных частиц. Твердые природные вещества (фосфогипс, сильвиниты и др.) характеризуются определенной кристаллохимической структурой, а их ионы, атомы и группы атомов находятся внутри структуры в равновесном состоянии. При измельчении таких отходов удельная поверхность их частиц возрастает и усиливается взаимодействие поверхностных ионов [40, 7].

По мере «созревания» в процессе развития 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 таких веществ формируется механиче-

ская смесь, которая в дальнейшем при изменении условий (температура, кислотность или щелочность и другие) может трансформироваться в химическую через усиление их химических взаимосвязей [30, 31, 11, 6].

Преобладание органических или минеральных коллоидов нередко является причиной самопроизвольно образовавшихся гетерогенных растворов, которые состоят из растворителей нескольких растворенных веществ из большого числа отходов. Важное значение в этой ситуации имеют водные растворы, где идут сложные физико-химические процессы с проявлением в них новых типов функционирования. В растворе проявляются физические (диффузия, непостоянство состава) и химические свойства (неустойчивость соединений); гидратационные свойства способствуют появлению в отдельных отходах различных форм связанной воды (химически связанная, кристаллизационная, адсорбированная, вода в капиллярах и т.д.).

Самым активным растворителем коллоидных веществ многих отходов является вода, состав которой определяется дождевыми осадками и химическим составом смесей [36]. Фильтрующиеся осадки из щелочных веществ (золы, мела, солей магния и кальция) указывают на жесткость воды. Весьма сильный электролит составляют растворы различных солей, кислот и оснований из различных отходов. В растворах электролитов между их ионами при смешивании отходов происходят различные химические реакции. В молекулярной форме пребывают малорастворимые и газообразные вещества свиного навоза и фосфогипса с образованием сульфата аммония и воды [15, 16]. В этом случае система многих отходов становится гетерогенной, представляющей собой относительно крупные агрегаты (не более 0,1 мм), обычно отделенные от дисперсионной среды границей раздела фаз [39].

Строение коллоидов многих отходов весьма специфичное, поскольку кристаллическая и химическая структура тонкодисперсных минералов и

органических соединений и поглощение ими различных ионов, отличающихся валентностью, заметно усложняется. Частицы любого вещества (органического или минерального), попадающие в коллоидный раствор и обладающие одинаковым зарядом, отталкиваются друг от друга. В случае создания условий для взаимного притяжения частиц, обладающих разным зарядом, образуются агрегаты из нескольких частиц различных веществ, и новое образование в состоянии дисперсной фазы коллоидного раствора со временем выпадает в виде геля – рыхлого осадка. В сложном компосте (при компоновке 8-10 соединений и больше) и периодическом его перемешивании гели весьма широко распространены. В связи с высокой дисперсностью гели многих отходов поглощают из раствора сложного компоста ионы различных элементов, хотя при этом новых химических соединений зачастую не образуют [8].

При развитии сложного компоста коллоидные частицы одних веществ поглощают катионы раствора других веществ, вытесняемые поглощенными ранее. На поверхности коллоидов сложившегося соединения располагается ряд катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , обычно способных к обмену. В случае поглощения в сложном растворе коллоидами одновалентных катионов образуются золи, а при поглощении двух- и трехвалентных катионов формируются гели [20]. В структуре комплексных частиц отдельных отходов коллоидные свойства проявляются при относительно крупных их размерах – от 0,001 мм. Высокодисперсные частицы дефекаата, осадка сточных вод, перегноя и других органических соединений заряжены в основном отрицательно и в связи с такими свойствами сорбируют катионы. В обменных основаниях различных веществ образуется диффузный слой мицелия (например, в коллоидах фосфогипса), который чаще встречается в черноземе обыкновенном и представлен кальцием и меньше магнием. При действии на высокодисперсную часть сложного компоста раствором хлори-

стого калия (КСI) образуется соляная кислота, определяющая обмен ионов калия на ионы водорода [1].

При обмене с катионами нейтральной соли ионы водорода у отдельных отходов прочно связаны и полностью не выделяются. Поглонительная способность коллоидов отдельных отходов имеет большое значение для гумусовых веществ дефеката и осадков сточных вод; важное значение имеет минеральный состав и прежде всего соотношение между минеральными группами монтмориллонита и гидрослюд, с одной стороны, и каолинита, с другой. Монтмориллонит в ряде отходов отличается высокой дисперсностью и значительной поглонительной способностью, в то время как каолинит выделяется меньшей дисперсностью и значительно меньшей емкостью поглощения [15, 19].

К дисперсным системам во многих отходах относятся обычные (истинные) растворы, а также коллоидные растворы, суспензии и эмульсии, отличающиеся между собой размерами частиц или степенью их дисперсности. Системы с размером частиц менее 1 нм относятся к истинным растворам, состоящим из молекул и ионов растворенного вещества (однофазная система); системы с частицами более 100 нм (грубодисперсные) относятся к суспензиям и эмульсиям и рассматриваются как двухфазные системы [27]. В природе часто встречаются дисперсные системы (например, горные породы), в которых одно вещество равномерно распределено в виде частиц внутри другого вещества [17, 18].

Суспензии – дисперсные системы, формируемые практически всеми органическими отходами; дисперсной фазой у многих выступает твердое вещество, а дисперсионной средой – жидкость; твердое вещество фактически нерастворимо в жидкости и со временем выпадает на дно сосуда. Эмульсии – тоже дисперсные системы, в которых дисперсная фаза и дисперсионная среда являются несмешивающимися жидкостями. Пример эмульсии – молоко.

Коллоидные высокодисперсные двухфазные системы отдельных отходов, состоящие из дисперсионной среды и дисперсной фазы с линейными размерами частиц в пределах 1-100 нм, являются промежуточными между истинными растворами и взвесьями и составлены большим числом молекул и ионов и представляют золи, получаемые за счет объединения ионов или молекул в агрегаты (осадки сточных вод, куриный помет и др.). В ряде реакций происходит конденсация с образованием высокодисперсных систем (при выпадении дождевых осадков, осадков сточных вод и др.). Обычные истинные растворы различных отходов окрашены в основном одинаково, а у золь окраска варьирует [5].

Своеобразным свойством золь вообще дисперсных систем и особенно минеральных отходов является наличие у них частиц с электрическим зарядом одного знака, что определяет их неспособность соединяться в крупные частицы и осаждаться. Частицы одних золь (например, металлы, кремниевая кислота и др.) имеют отрицательный заряд, а для других (гидроксиды, оксиды металлов) характерен положительный заряд. Образование заряда обуславливает адсорбцию отдельными коллоидами отходов ионов из раствора. Формирование в ряде отходов (особенно органических) крупных агрегатов и происходит через соединение частиц в процессе коагуляции, а их осаждение – в результате седиментации под влиянием силы тяжести [4]. Коагуляция различных частиц отдельных отходов проявляется при прибавлении к одному золю другого золя с противоположным зарядом (например, фосфогипс + органическое вещество).

Значение золь велико, и они распространены больше, чем истинные растворы. Кровь, соки растений, протоплазма живых клеток, молоко и др. – это сложные золи. Жидкие смеси в ряде отходов, в которых растворителем является жидкость, играют большую роль. Под влиянием растворителя от поверхности твердого вещества отдельные ионы и молекулы в отдельных отходах постепенно отрываются, равномерно распределяются по все-

му объему растворителя, и через какое-то время раствор становится насыщенным. Ионы и молекулы растворяемого вещества отдельного отхода под влиянием перемещающихся частиц растворителя в растворе образуются качественно новые однородные системы [3].

В процессе химического взаимодействия растворенного вещества с растворителем образуются весьма сложные соединения (например, гидраты при растворении водой). Малорастворимыми в воде веществами являются фосфогипс, галит, сульфат свинца и т.д. Хорошо растворимы в воде сахар, медный купорос и др. (твердые вещества), спирт, ацетон (жидкие вещества), хлороводород, аммиак (газообразные вещества), которые в разных отходах ведут себя по-разному [13].

Растворённость вещества в любом отходе представляет собой самопроизвольный процесс, зависящий от природы растворяемого вещества и растворителя, а также их температуры. Причины различной растворимости отдельных отходов до конца не выяснены, хотя их связь с особенностями взаимодействия растворителя и растворенного вещества вполне очевидны. Молекулярные кристаллы у некоторых отходов (соединения серы, фосфогипс и др.), молекулы которых имеют ковалентные неполярные виды связей, продолжительное время нерастворимы в воде ввиду того, что энергия разрушения их кристаллической решетки весьма велика. Вещества с ионным (соли, щелочи) или полярным (спирты, альдегиды) типами связей хорошо растворимы в полярных растворителях и прежде всего в воде [8, 9].

Роль золь в удачно сформированных сложных компостах весьма велика. Их основу составляют сообщества микроорганизмов, в частности грибов и одноклеточных водорослей [22, 35]. Комбинированный сложный компост в своей основе имеет значительное участие свободной воды и свободного кислорода. Под действием растворителя от поверхности твердого вещества отхода постепенно отрываются отдельные ионы и молекулы, распределяясь равномерно по всему объему. Через некоторое время

раствор становится насыщенным. При насыщении растворителя ионы и молекулы растворяемого вещества образуют при формировании сложного компоста относительно новую однородную среду. При растворении водой в итоге химического взаимодействия растворенного вещества с растворителем различных отходов образуются сульфаты или гидраты.

Дисперсность системы сложных компостов. Коллоидные свойства у сложных компостов проявляются при относительно более крупных размерах частиц, чем это характерно в целом для коллоидно-дисперсных систем отходов. Выраженными коллоидными свойствами обладают частицы размером от 0,001 мм и менее. Высокодисперсные частицы «созревшего» сложного компоста в подавляющем большинстве случаев заряжены отрицательно и потому могут сорбировать различные катионы. В качестве обменных оснований, составляющих их диффузный слой, в коллоидах сложного компоста встречается в основном кальций и реже – магний. Встречается также ион калия, но обычно в небольшом количестве [7].

Диффузный слой коллоидных мицелл, особенно «зрелого» сложного компоста, насыщен катионами (кальцием, магнием, калием, натрием), реже ионами водорода. Степень насыщенности основаниями в коллоидах «зрелых» сложных компостов доходит до 80-100%. Емкость поглощения (обмена) сложных компостов перед их внесением в почву определяется составом и количеством высокодисперсных частиц. Представление о емкости катионного обмена наиболее распространенных компонентов высокодисперсных сложных компостов (мг-экв/100 г вещества) можно получить по результатам исследований каолинита и гидрослюд [23], монтмориллонита и гуминовых кислот черноземных почв [23], гумуса [32], а также в процессе развития сложного компоста [13, 16].

Для поглотительной способности коллоидов сложного компоста большое значение имеет содержание в них гумусовых веществ. Важную роль в нем играет минеральный состав, а также соотношение между мине-

ралами группы монтмориллонита, с одной стороны, и каолинита, с другой. Монтмориллонит обладает высокой дисперсностью и значительной поглощательной способностью. Каолинит менее дисперсен и в силу своей кристаллохимической структуры обладает меньшей емкостью поглощения. Значительный интерес вызывает проблема географического распространения основных минералов тонкодисперсной части почв, отражающих состав подстилающих веществ, формирующих урожай и определяющих вынос растениями органических и минеральных составляющих [18].

Минеральный состав высокодисперсной части сложного компоста определяется подстилающими почвообразующими породами. Поскольку основными почвообразующими породами на территории России выступают четвертичные отложения, то в большей части сложных компостов преобладают гидрослюды и монтмориллониты [23], оказывающие значительное влияние на развитие и урожай растений. Попытаемся оценить возможное количество раствора, которое могут содержать коллоиды в сложном компосте, включая основные соединения в коллоидном состоянии, не касаясь суспензии из окиси марганца, железа, кремнекислоты и т.д. Значительная часть этих веществ (до 10%) в виде золь перед внесением в почву находится в растворе [14].

Коллоидные вещества сложного компоста обладают наибольшей степенью дисперсности и удельной поверхности, а также и наибольшей поверхностной энергией и потому в сравнении с коллоидами в состоянии геля будут весьма активными. Тем не менее, определить количество весьма эффективной части сложного компоста пока достаточно сложно. С одной стороны, методы определения концентрации различных веществ в сложном компосте довольно сложны, а с другой, – отсутствие эффективных методов выделения коллоидов.

Предпочтительный способ выделения коллоидных веществ из водных вытяжек сложного компоста, которым пользовались и мы, основан на гид-

ролизе солей с использованием гумусовой кислоты и соли алюминия, образующих коллоиды гидроокиси алюминия и гумусовой кислоты при их гидролитической диссоциации [31]. Применяемый метод позволяет вести диализ при постоянном токе воды. Количество минеральных коллоидных веществ на 1 кг природной почвы составляет около 0,1 г, а на пашне чернозема обыкновенного – 0,07-0,08 г; органических коллоидов в почве – около 0,4 и на пашне – 0,3 г; основную часть (на пашне рассчитанное соотношение органических и минеральных коллоидов было в соотношении 4-5:1) составляют органические коллоиды [16].

Минеральные коллоиды при диализе поглощаются органическими коллоидами. Минеральная часть проанализированной вытяжки сложного компоста представлена в основном кремнекислотой, окисью алюминия и окисью железа ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,4$ г/кг) в расчете на 1 кг почвы: $\text{SiO}_2 - 0,05$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,25$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,25$ г/кг. В наших исследованиях сложного компоста доля минеральных коллоидов составила: $\text{SiO}_2 - 0,1$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,2$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,5$ г/кг, органических – 3,3 г/кг (0,8 к 3,3), а их соотношение составило 1:4,25.

Сложный компост содержит значительное количество минеральных и органических гелей, набухающих и отличающихся клейкостью и вязкостью. Поэтому коллоиды сложного компоста находятся в состоянии ненасыщения или относительного насыщения щелочными металлами (рН 6,8-7,2), мало растворимы и обладают определенными физическими свойствами (набухаемость, клейкость и вязкость гелей). Если поглощающие вещества сложного компоста насыщены кальцием, железом, марганцем и алюминием, то формируемые ими гели весьма гидроморфны [35].

Органические и минеральные коллоидные вещества играют важную роль в функционировании почвы при внесении в неё сложного компоста, но их функция в основном будет осуществляться в верхнем слое субстрата. Большой научный и практический интерес представляет собой изучение

физико-химических особенностей таких дисперсных систем, как сложный компост, почва, перегной, осадки сточных вод, дефекаат, древесные опилки, фосфогипс, галит, зола и другие отходы, состав и развитие которых во времени проходит по-разному [13]. Поскольку физические основы отходов различаются по своему происхождению и продолжительности формирования, то и их химические и биологические свойства варьируют весьма заметно; обобщается состав и свойства дисперсных систем наиболее известных образований, пригодных для компостирования и использования в сельском хозяйстве [38].

Таким образом, физические свойства сложного компоста зависят от степени его насыщения поглощающими коллоидами, при завершении формирования и «дозревания» физические свойства его гелей изменяются, увеличивается также их гигроскопичность, влагоемкость, вязкость, клейкость и т.д. В исследованных сложных компостах содержание коллоидальных веществ (органических и минеральных) в его растворе на 100 г почвы колеблется от 0,03 до 0,08 г, а в культурных почвах (черноземы) – от 0,012 до 0,004 при сухом остатке водной вытяжки 0,06–0,04 г. Коллоидных веществ в черноземной почве относительно много, но их значительно больше в сложных компостах.

Таким образом, дисперсионную среду и дисперсную фазу отдельных отходов с самыми различными свойствами, используемых для создания сложного компоста, представляют вещества в различных агрегатных состояниях – твердом, жидком и газообразном. Твердая дисперсионная среда может быть представлена у ряда отходов дисперсными фазами твердого вещества (горные породы, фосфогипс, алюмосиликаты и др.), у других – жидкости (влажная почва, сложные компосты, золи и др.), у третьих - газы (включая почву, сложные компосты, речной ил и др.). Жидкая дисперсионная среда составлена дисперсными фазами твердого вещества (гели, пасты, студни), жидкости (эмульсии, суспензии, жидкие среды клеток и в це-

лом организмов) и газов (шипучие напитки и т.д.). Дисперсионная газовая среда включает газовую дисперсную фазу галогенной смеси (воздух, природный газ), жидкую дисперсную фазу (иней, туман, аэрозоли и др.), а также дисперсные фазы твердого вещества (пыль, дым, пыльные и песчаные бури, пыльные наносы и др.).

Список литературы:

1. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. 288 с.
2. Белюченко И.С. Зонирование территории Краснодарского края и особенности функционирования природных и техногенных систем // Экол. проблемы Кубани. 2003. № 20. С. 4-19.
3. Белюченко И.С. Региональный мониторинг – базовая основа для разработки экологических проектов по охране природы // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2006. Т. 2. № 1. С. 25-40.
4. Белюченко И.С. К вопросу о процессе нитрификации в агроландшафтах степной зоны Краснодарского края // Экол. проблемы Кубани. 2007. № 32. С. 218-222.
5. Белюченко И.С., Муравьев Е.И. Коллоидный состав и коагуляционные свойства дисперсных систем почвы и некоторых отходов промышленности и животноводства // Тр. КубГАУ. 2008а. № 11. С. 177-182.
6. Белюченко И.С., Добрыдnev Е.П., Муравьев Е.И. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2008б. Т. 4. № 1. С. 31-40.
7. Белюченко И.С., Муравьев Е.И. Влияние отходов промышленного и сельскохозяйственного производства на физико-химические свойства почв // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2009а. Т. 5. № 1. С. 84-86.
8. Белюченко И.С. Проблемы рекультивации отходов быта и производства (по материалам I Всероссийской научной конференции по проблемам рекультивации отходов) // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2009б. Т. 5. № 4. С. 77-83.
9. Белюченко И.С. Роль регионального мониторинга в управлении природно-хозяйственными системами края // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2010. Т. 6. № 4. С. 3-16.
10. Белюченко И.С., Славгородская Д.А. Влияние внесения органоминерального компоста на плотность сложения и порозность чернозема обыкновенного // Тр. КубГАУ. 2011а. Т. 1. № 32. С. 69-71.
11. Белюченко И.С. Экологические проблемы степной зоны Кубани, причины их возникновения и пути решения // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2011б. Т. 7. № 3. С. 47-64.
12. Белюченко И.С. К вопросу о формировании и свойствах органоминеральных компостов и реакции растений кукурузы на их внесение // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2011в. Т. 7. № 4. С. 65-74.
13. Белюченко И.С. К вопросу о механизмах управления развитием сложных компостов // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2012а. Т. 8. № 3. С. 88-111.
14. Белюченко И.С. Сложный компост и его роль в улучшении почв // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2012б. Т. 8. № 2. С. 75-86.
15. Белюченко И.С. Использование отходов быта и производства для создания сложных компостов с целью повышения плодородия почв // Тр. КубГАУ. 2012в. Т. 1.

№ 38. С. 68-72.

16. Белюченко И.С., Славгородская Д.А., Гукалов В.В. Влияние органоминерального компоста на плотность сложения и порозность чернозема обыкновенного // Тр. КубГАУ. 2012г. Т. 1. № 34. С. 88-90.

17. Белюченко И.С., Славгородская Д.А. Изменение плотности и аэрации пахотного слоя чернозема обыкновенного под влиянием сложного компоста // Докл. Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013а. № 2. С. 40-42.

18. Белюченко И.С., Славгородская Д.А. Изменение агрегатного состава чернозема обыкновенного при внесении органоминерального компоста // Докл. Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013б. № 4. С. 23-25.

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

20. Гедройц К.К. Избранные сочинения. М.: Сельхозиздат, 1955. Т.1. 559 с.

21. Глинка, К. Д. Исследования в области процессов выветривания. Спб., 1906. 178с.

22. Голлебах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. Л.: Изд-во АН СССР, 1969, 228 с.

23. Горбунов Н.И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения. М.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1963. 303 с.

24. Горбунов Н.И. Почвенные коллоиды. М.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1967. 147 с.

25. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. М.: Наука, 2000. 185 с.

26. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функция почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990. 258 с.

27. Качинский Н.А. Физика почв. М.: Высшая школа, 1965. Ч. 1. 324 с

28. Кононова М.М. Органическое вещество и плодородие почвы // Почвоведение. 1984. № 8. С. 6-20.

29. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд. Акад. наук СССР, 1963. 314 с.

30. Макаров Е.Н. Газовый режим почвы. М.: Агропромиздат, 1988. 105 с.

31. Муравьев Е.И., Белюченко И.С. Коллоидный состав и коагуляционные свойства дисперсных систем почвы и некоторых отходов промышленности и животноводства // Тр. / КубГАУ. - 2008. - № 2(11). С. 177-182.

32. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 663 с

33. Рожков А.Г. Эрозия и плодородие черноземов // Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО. Курск, 1996. С. 237-246.

34. Способ улучшения агрофизических свойств почвы / Белюченко И.С., Добрыднев Е.П., Гукалов В.Н. и др. // Патент на изобретение RUS 2423812 18.01.2010.

35. Сорокина Н.П., Когут Б.М. Динамика содержания гумуса в пахотных черноземах и подходы к её изучению // Почвоведение. 1997. № 2. С. 178-184.

36. Тейт Р.Л. Органическое вещество почвы: биологические и экологические аспекты. М.: Наука, 1991. 400 с.

37. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984. 352 с

38. Christensen В.Т. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates // Advances Soil Sci. 1992. Vol. 20. P.1-90.

39. Edwards J.P., Bremner J.M. Microaggregates in soils // Soil Sci, 1967. Vol. 18. P. 64-73.

40. Ocio J.A., Brookes P.C., Jetkinson D.S. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial biomass and soil inorganic N // Soil. Biochem. 1991. Vol. 23. № 2. P. 171-176.

References

1. Aleksandrova L.N. Organicheskoe veshhestvo pochvy i processy ego transformacii. L.: Nauka, 1980. 288 s.
2. Beljuchenko I.S. Zonirovanie territorii Krasnodarskogo kraja i osobennosti funkcionirovanija prirodnyh i tehnogennyh sistem // Jekol. problemy Kubani. 2003. № 20. S. 4-19.
3. Beljuchenko I.S. Regional'nyj monitoring– bazovaja osnova dlja razrabotki jekologicheskikh proektov po ohrane prirody // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2006. T. 2. № 1. S. 25-40.
4. Beljuchenko I.S. K voprosu o processe nitrifikacii v agrolandshaftah stepnoj zony Krasnodarskogo kraja // Jekol. problemy Kubani. 2007. № 32. S. 218-222.
5. Beljuchenko I.S., Murav'ev E.I. Kolloidnyj sostav i koaguljacionnye svojstva dispersnyh sistem pochvy i nekotoryh othodov promyshlennosti i zhivotnovodstva // Tr. KubGAU. 2008a. № 11. S. 177-182.
6. Beljuchenko I.S., Dobrydnev E.P., Murav'ev E.I. Perspektivy ispol'zovanija fosfogipsa v sel'skom hozjajstve // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2008b. T. 4. № 1. S. 31-40.
7. Beljuchenko I.S., Murav'ev E.I. Vlijanie othodov promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva na fiziko-himicheskie svojstva pochv // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2009a. T. 5. № 1. S. 84-86.
8. Beljuchenko I.S. Problemy rekul'tivacii othodov byta i proizvodstva (po materialam I Vserossijskoj nauchnoj konferencii po problemam rekul'tivacii othodov) // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2009b. T. 5. № 4. S. 77-83.
9. Beljuchenko I.S. Rol' regional'nogo monitoringa v upravlenii prirodno-hozjajstvennymi sistemami kraja // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2010. T. 6. № 4. S. 3-16.
10. Beljuchenko I.S., Slavgorodskaja D.A. Vlijanie vnesenija organomineral'nogo komposta na plotnost' slozhenija i poroznost' chernozema obyknovennoego // Tr. KubGAU. 2011a. T. 1. № 32. S. 69-71.
11. Beljuchenko I.S. Jekologicheskie problemy stepnoj zony Kubani, prichiny ih voznikovenija i puti reshenija // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2011b. T. 7. № 3. S. 47-64.
12. Beljuchenko I.S. K voprosu o formirovanii i svojstvah organomineral'nyh kompostov i reakcii rastenij kukuruzy na ih vnesenie // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2011v. T. 7. № 4. S. 65-74.
13. Beljuchenko I.S. K voprosu o mehanizmah upravlenija razvitiem slozhnyh kompostov // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2012a. T. 8. № 3. S. 88-111.
14. Beljuchenko I.S. Slozhnyj kompost i ego rol' v uluchshenii pochv // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2012b. T. 8. № 2. S. 75-86.
15. Beljuchenko I.S. Ispol'zovanie othodov byta i proizvodstva dlja sozdanija slozhnyh kompostov s cel'ju povyshenija plodorodija pochv // Tr. KubGAU. 2012v. T. 1. № 38. S. 68-72.
16. Beljuchenko I.S., Slavgorodskaja D.A., Gukalov V.V. Vlijanie organomineral'nogo komposta na plotnost' slozhenija i poroznost' chernozema obyknovennoego // Tr. KubGAU. 2012g. T. 1. № 34. S. 88-90.
17. Beljuchenko I.S., Slavgorodskaja D.A. Izmenenie plotnosti i ajeracii pahotnogo sloja chernozema obyknovennoego pod vlijaniem slozhnogo komposta // Dokl. Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk. 2013a. № 2. S. 40-42.
18. Beljuchenko I.S., Slavgorodskaja D.A. Izmenenie agregatnogo sostava chernozema obyknovennoego pri vnesenii organomineral'nogo komposta // Dokl. Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk. 2013b. № 4. S. 23-25.
19. Beljuchenko I.S. Dispersnye i kolloidnye sistemy othodov i ih koaguljacionnye svojstva // I.S. Beljuchenko. Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2013v. T.9. № 1. S. 13-38.

20. Gedrojc K.K. Izbrannye sochinenija. M.: Sel'hozizdat, 1955. T.1. 559 s.
21. Glinka, K. D. Issledovanija v oblasti processov vyvetrivanija. Spb., 1906. 178 s.
22. Gollebah M.M., Shtina Je.A. Pochvennye vodorosli. L.: Izd-vo AN SSSR, 1969, 228s.
23. Gorbunov N.I. Vysokodispersnye mineraly i metody ih izuchenija. M.: Izd-vo Akad. Nauk SSSR, 1963. 303 s.
24. Gorbunov N.I. Pochvennye kolloidy. M.: Izd-vo Akad. Nauk SSSR, 1967. 147 s.
25. Dobrovolskij G.V., Nikitin E.D. Sohranenie pochv kak nezamenimogo komponenta biosfery. M.: Nauka, 2000. 185 s.
26. Dobrovolskij G.V., Nikitin E.D. Funkcija pochv v biosfere i jekosistemah. M.: Nauka, 1990. 258 s.
27. Kachinskij N.A. Fizika pochv. M.: Vysshaja shkola, 1965. Ch. 1. 324 s
28. Kononova M.M. Organicheskoe veshhestvo i plodorodie pochvy // Pochvovedenie. 1984. № 8. S. 6-20.
29. Kononova M.M. Organicheskoe veshhestvo pochvy. Ego priroda, svojstva i metody izuchenija. M.: Izd. Akad. nauk SSSR, 1963. 314 s.
30. Makarov E.N. Gazovyy rezhim pochvy. M.: Agropromizdat, 1988. 105 s.
31. Murav'ev E.I. , Beljuchenko I.S. Kolloidnyj sostav i koaguljacionnye svojstva dispersnyh sistem pochvy i nekotoryh othodov promyshlennosti i zhivotno-vodstva // Tr. / KubGAU. - 2008. - № 2(11). S. 177-182.
32. Rode A. A. Osnovy uchenija o pochvennoj vlage. L.: Gidrometeoizdat, 1965. 663 s
33. Rozhkov A.G. Jerozija i plodorodie chernozemov // Agrojekologicheskoe sostojanie chernozemov CChO. Kursk, 1996. S. 237-246.
34. Sposob uluchshenija agrofizicheskikh svojstv pochvy / Beljuchenko I.S., Do-brydnev E.P., Gukalov V.N. i dr. // Patent na izobretenie RUS 2423812 18.01.2010.
35. Sorokina N.P., Kogut B.M. Dinamika soderzhaniya gumusa v pahotnyh chernozemah i podhody k ejo izucheniju // Pochvovedenie. 1997. № 2. S. 178-184.
36. Tejt R.L. Organicheskoe veshhestvo pochvy: biologicheskie i jekologicheskie aspekty. M.: Nauka, 1991. 400 s.
37. Fridrihsberg D. A. Kurs kolloidnoj himii. L.: Himija, 1984. 352 s.
38. Christensen B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates // Advances Soil Sci. 1992. Vol. 20. P.1-90.
39. Edwards J.I.P., Bremner J.M. Microaggregates in soils // Soil Sci, 1967. Vol. 18. P. 64-73.
40. Ocio J.A., Brookes P.C., Jetkinson D.S. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial biomass and soil inorganic N // Soil. Biochem. 1991. Vol. 23. № 2. P. 171-176