

УДК 631.879.4

UDC 631.879.42

АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ СЛОЖНЫХ КОМПОНЕНТОВ**AGGREGATE COMPOSITION OF COMPLEX COMPOSTS**

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

Рассмотрены особенности физических, химических и биологических характеристик органических и минеральных дисперсных систем, составляющих основу сложных компостов, их структуру, коллоидный состав и специфику взаимодействия отдельных отходов при перемешивании путем всестороннего изучения с учетом состояния агрегатной специфики коллоидов и степени их дисперсности

Features of the physical, chemical and biological characteristics of organic and mineral dispersion systems which form the basis of complex composts, their structure, colloidal composition and the specifics of the interaction of individual wastes while mixing by way a comprehensive study with taking into account the condition specific aggregate of colloids and their degree of dispersion are considered

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЕМЫ, ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД, НАВОЗ, ЖИДКИЙ СВИНОЙ НАВОЗ, ДЕФЕКАТ, ФОСФОГИПС, ГАЛИТЫ

Keywords: BLACK SOILS, SEWAGE SLUDGE, MANURE, LIQUID PIG MANURE, DEFECATION MUD, PHOSPHOGYPSUM, HALITE

Формирование сложных компостов отличается весьма необычной системой их сложения, очень динамической и проявляющей постоянную изменчивость. К сожалению, в большинстве типов отходов, составляющих основу сложных компостов, сравнительно мало водорастворимых коллоидных веществ. В целом сложный компост является полидисперсной, полиминеральной, полиорганической и многофазной системой. Раскрыть возможности его особенностей можно путем всестороннего изучения основных составляющих с учетом состояния агрегатной специфики коллоидов и степени их дисперсности [3,8,11,12]. Установлены основные закономерности хода обменных реакций: скорость и эквивалентность обмена, емкость обмена и т.д. Выделяется несколько видов поглотительной способности по аналогии с почвой. Основой поглощения является илистая фракция с размерами частиц до 5 мк. Тонкое измельчение твердых материалов, разрушение горных пород, отмывание загрязнения с помощью моющих средств и очистка воды основаны на использовании особенностей дисперсных систем, часто встречающихся в быту, природе и на производстве,

и их поведение подчиняется аналогичным законам [7,9,10]. Остановимся на анализе состава различных отходов, включаемых в различные сложные компосты.

1. Органические дисперсные системы. Почвы образуются при разрушении горных пород в процессе выветривания и почвообразования (выщелачивание, гидролиз и т.д.). Эти процессы приводят к образованию окислов: нерастворимых - типа SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 (точнее, их гидроокисей) и растворимых - типа RO и R_2O (R – металл). Состав поглощенных катионов определяет физическое состояние комплекса. Отдельные поглощенные катионы показывают разную сопротивляемость разрушительному действию воды. Наибольшее влияние оказывают катионы Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ . Вследствие значительной гидратации нерастворимых соединений почвы и дальнейшего взаимодействия в процессе взаимной коагуляции образуются коагели, близкие по свойствам к гелям [12, 33,38,39]. Коллоидно-химические процессы определяют многообразие существующих типов почв.

Чернозёмы степной зоны средней полосы, с которыми мы работали свыше 15 лет, образованы в условиях умеренной влажности [31,33], при которых Ca^{2+} и Mg^{2+} не вымываются и, взаимодействуя с гуминовыми кислотами, образуют нерастворимые высокомолекулярные коллоидные частицы (гуматы Ca^{2+} и Mg^{2+}). При коагуляции положительно заряженных частиц R_2O_3 с отрицательно заряженными гуматами и SiO_2 возникают структурированные коагели, составляющие основу для образования плодородной почвы, которую можно определить как минерально–органическую (органических веществ до 5-10%) дисперсную систему (содержание минеральных веществ доходит до 90-95) [15,16].

Осадки сточных вод представляют собой в разной степени переработанные микроорганизмами отходы жизнедеятельности человека; их состав весьма разнообразен и в значительной степени зависит от типа питания человека, отходов овощей и фруктов и в основном представлен органиче-

скими соединениями (в сухой массе до 89%) с участием минеральных веществ до 10%, а также включает около 1% ПАВы, яйца гельминтов, тяжелые металлы, нефтяные включения и т.д.

Дисперсный состав сточных вод, представляющих собой разную степень раздробления загрязняющих веществ. По степени дисперсности загрязняющие вещества сточных вод делятся на грубодисперсные, нерастворимые коллоидные примеси, растворимые – до молекулярной степени дисперсности и растворимые до ионной степени дисперсности. Грубодисперсные осадки имеют размер частиц свыше 10 мкм – суспензии, а также эмульсии, нерастворимые в воде. В составе эмульсии находятся частицы другой жидкости, не растворенные в воде. Суспензии представляют собой твердые частицы, также не растворимые в воде; они могут всплывать или выпадать в осадок; общий их объем около 89-90% [15,16,17].

Нерастворимые коллоидные примеси (0,1-0,001 мкм) – гидрофильные и гидрофобные, включая гидроокиси, кремний, беззольный уголь и др., самопроизвольно не осаждаются, а осаждаются, когда нарушается их агрегатная устойчивость; их объем составляет 5-6%. Растворимые до молекулярной степени дисперсности (< 0,01 мкм) растворы, придающие воде окраску, запах, БПК и ХПК обусловлены наличием примесей этой группы; их объем составляет 4-5%.

Растворимые до ионной степени дисперсности (< 0,00001 мкм) основания, кислоты и соли кислот. Извлекают эту группу сложными физико-химическими методами; последовательность операции в очистных сооружениях должна соответствовать нарастанию дисперсности; их объем занимает 1-2%.

Осадки сточных вод классифицируют по агрегатному состоянию (газообразные, жидкие, твердые и пастообразные); химическому составу (органические и неорганические); происхождению (бытовые, промышленные и сельскохозяйственные); утилизируемые как вторичные материальные ре-

сурсы, пригодные к использованию на этом этапе развития научных технологий, и не утилизируемые – отбросы; токсическому действию – опасные и не опасные вещества. ОСВ в целом оценивается как органическая дисперсная система [19].

Дефекат является основным отходом свекловичного производства и представляет собой фильтрационный осадок. Его состав определяется количеством несахаров в свекловичном соке, а также содержанием извести, используемой для его очистки. Содержит углекислую и едкую известь, азотистые вещества, сахара, безазотистые органические соединения, около 0,3-0,5% азота и минеральные соли, включая 0,5-1,0% P_2O_5 . Наиболее доступный способ использования дефеката – это его утилизация в качестве удобрения. Дефекат насыщает почву ионами кальция, недостаток которого особенно ощущается на кислых почвах [19].

Кальций является поглощающим катионом, придающим почвам структуру, наиболее прочную и благоприятную в сельскохозяйственном отношении. Кальций – единственный катион, который может насыщать почву без всякого вреда для растений, является основным компонентом почвенного поглощающего комплекса и на его долю приходится от 40 до 75% катионообменной емкости этого отхода. Благодаря высокому содержанию обменного кальция дефекат обладает агрономической структурой, физическими и физико-биологическими свойствами, которые при внесении в почву способствуют повышению её плодородия.

В процессе переработки сахарной свеклы дефекат поступает на хранение с содержанием воды 50%, обычно подсыхает 1-2 года, а затем используется для известкования кислых почв. Дефекат оценивается как минерально–органическая (содержание органических веществ до 8%) дисперсная система (содержание минеральных веществ до 92%).

Древесные опилки представляют собой дробленую древесину, отличающуюся повышенным содержанием лигнина; оценивается как органиче-

ская дисперсная система, включающая 10-15% минеральных и 85-90% органических соединений.

Перегной включает переработанные микроорганизмами отходы животноводства – навоз крупного рогатого скота и свиней, а также остатков растениеводческой продукции и представлен в основном органическими соединениями (до 90% и больше в сухой массе) с небольшим участием минеральных веществ, на долю которых приходится до 10%. Перегной (гумус – земля, почва – сложный комплекс весьма устойчивых органических и минеральных темноокрашенных соединений) сформировался в силу биологических и биохимических преобразований остатков растительных и животных организмов (распада и синтеза новых соединений).

В перегное сохраняются важнейшие элементы питания растений: углерод, азот, фосфор, сера, кальций и некоторые другие; под влиянием микроорганизмов такие элементы питания становятся доступными для растений [20,21]. Перегной воздействует на минеральную часть почвы, способствует освобождению элементов питания растений, поглощает и удерживает в почве кальций, магний и другие химические элементы, связывает минеральные части почвы в комочки, обеспечивая создание водоустойчивой структуры; составляет основу почвообразования через процессы накопления, передвижения и разложения органических веществ. Содержание перегноя, как и его запасы в почвах сильно колеблются (таблица). В целом перегной можно оценить как высокодисперсную органическую систему.

Таблица. Содержание перегноя в почвах

Почвы	Содержание перегноя (%)	Запас перегноя (т/га)
Почвы лесостепной зоны	2-8	215
Черноземы выщелоченные	6-7	549
Черноземы мощные	8-12	709
Черноземы обыкновенные	7-8	426
Черноземы южные	4-6	312
Темно-каштановые почвы	4-5	229

Сероземы	1-4	83
----------	-----	----

Торф – органогенная горная порода, представляющая скопление в условиях болот подвергшихся неполному разложению отмерших растений. Разложение торфа связано с глубиной процесса распада и гумификации растительных тканей и особенностями растений-торфообразователей. Торфообразование в основном проходит в верхнем слое растительных остатков. Химический состав зависит от состава растений–торфообразователей и уровня их разложения. Торф содержит битуминозные вещества, углеводы (целлюлоза и легко гидролизующиеся лигнины), гуминовые кислоты, образующиеся в процессе разрушения углеводов; содержит азота при верхнем типе формирования – 2-4%, низинном – 6-18%. Используется на удобрение, на подстилку животным и птице, на мульчирование почвы, входит в состав смеси для приготовления торфоперегнойных горшочков. Из наиболее богатых азотом, фосфором и калием низинных торфов изготавливают мелкую крошку.

Для обогащения легко усвояемыми для растений питательными веществами торф компостируют с навозом, осадками сточных вод, минеральными удобрениями. Сфагновый мох, обладающий высокой влагоемкостью и газопоглощающей способностью, используется на подстилку животным; суточная норма торфяной подстилки на одну голову для коров – 5-6 кг, свиней – 2,5-3,0 кг, лошадей – 4,5 кг. Торфяные кислоты образуются при компостировании торфа в смеси с навозом, навозной жижей, фекалиями с добавлением золы, извести, фосфорной муки. При компостировании усиливается положительное действие торфа и других компонентов компоста на плодородие почвы. При внесении в почву или в состав компоста используется в дозах, как и навоз. Рассматривается как органическая дисперсная система.

Сапропель (грязь, по-гречески глинистый ил) – органические илы, коллоидальные отложения континентальных водоемов, содержащие большое количество органического вещества и остатков водных организмов в сочетании с некоторыми количествами неорганических компонентов. Имеет оливковый цвет, бурый, иногда чёрный, при наличии известковистых и глинистых примесей – серый, розовый, желтоватый.

Сапропель имеет биологическое происхождение и формируется на дне пресноводных водоемов в результате естественных процессов бактериального разложения растительных и животных продуктов при малом доступе кислорода. Он обладает хорошей пластичностью, вязкостью, липкостью, адсорбционными свойствами; отличается многоцветностью окраски – от коричневой, темно-оливковой, зеленоватой, голубоватой, до розовой и красноватой, экологически чист и богат органическими и минеральными веществами. В любом озере находится 2-3 вида сапропеля, и его состав зависит от глубины залегания, удаленности от берега и окружения озера.

В естественном состоянии сапропель представляет студенистую, пастообразную массу с содержанием воды 70-75%, без вкуса и запаха. Образование сапропеля началось в раннем голоцене после ухода талых ледниковых вод. Сапропель богат азотом (свыше 2-4%), органическим веществом (от 55 до 75%), зольными элементами (от 25 до 35%); много фосфора (от 1 до 1,5%), оксида кальция (2–4%). В нем содержится большое количество марганца (около 300 мг/кг), цинка (35 мг/кг), 14 аминокислот (лизин, аргинин, серин, валин, лейцин, аланин, изолейцин и др.), а также глутаминовая и аспарагиновая кислоты (до 1% на сухое вещество) и 5 витаминов, среди которых содержание витамина А составляет 36 мг/кг. Рассматривается как органическая дисперсная система.

Сапропелиты (сапропелевые угли) – твердые горючие ископаемые из группы каустобиолитов, образовавшиеся отвердеванием (уплотнением) разложившихся остатков (в основном водорослевый планктон). Сапропе-

литы образованы бесструктурным коллоидным веществом сапропелевого типа. Глинистые разновидности сапропелевых углей имеют слоистое сложение. Рассматриваются как органическая дисперсная система.

Навоз – твердые и жидкие экскременты животных в смеси с подстилкой (солома, торф); полное удобрение, содержит N и все элементы зольной пищи. В 1 т полуперепревшего навоза содержится 5 кг N, 2,5 P₂O₅ и 6 кг K₂O. В состав навоза входит органическое вещество, внесение которого улучшает физические и химические свойства почвы; улучшается развитие почвенных микроорганизмов [20,21,22]. Количество и качество навоза зависит от вида животных, их кормления и подстилки. Навоз конский и овечий содержит меньше влаги и больше N и K₂O, чем навоз КРС и свиней. Эффективность навоза зависит от способов его приготовления, хранения и внесения в почву. В хорошо уплотненных штабелях в навозохранилище азота теряется меньше, чем в бесформенных кучах.

По разложению различают свежий навоз, полуперепревший, перепревший и перегной. В свежем навозе подстилка остается еще прочной, на удобрение его можно использовать в компосте. Полуперепревший навоз теряет до 20-30% органических веществ, подстилка в нем сохраняет форму, в таком состоянии вносят под озимые или под зябь. Перепревший навоз представляет однородную темную массу, потеря органических веществ доходит до 50%. Перегной - рыхлая, черная, землистая масса. Количество перегноя составляет 25% от навоза свежего. Применяется для подкормки растений, в приготовлении торфоперегнойных горшочков, органоминеральных, гранулированных удобрений и смесей. Рассматривается как органическая дисперсная система [23,24].

Навозная жижа – быстродействующее азотно-калийное удобрение, состоящее из жидких выделений животных и из продуктов разложения навоза КРС. Содержание азота от 0,02 до 0,8%, окиси калия – от 0,5 до 1,0%. Используется для полива сразу после приготовления, а также ороше-

ния сельскохозяйственных культур. Рассматривается как жидкая органическая дисперсная система.

Жидкий навоз свиней содержит 3-8% сухого вещества; в навозных стоках сухого вещества меньше 3%. Жидкий навоз имеет влажность 25–30%, что затрудняет его использование и переработку, увеличивает объем стоков. Свиной навоз включает кал, мочу, технологическую воду, безвозвратные потери корма, подстилку, физиологические выделения животных – щетина, эпидермис и др. Состав свиного навоза различен и включает органические (жиры, белки, углеводы) и минеральные вещества (вода, соли, глина, песок, газ), биологические структуры (микробы, бактерии, яйца гельминтов, вирусы, семена сорных растений), газы, включая O_2 , H_2S , NH_3 , CO_2 , а также воду – свободную и связанную [25,27].

Жиры, белки, углеводы обладают энергетической ценностью, разлагаются анаэробными микроорганизмами с выделением биогаза, содержат биогенные вещества и микроэлементы. Навоз содержит большие количества микроорганизмов, включая патогенные и условно патогенные, семена сорняков, выделяет вредные и дурно пахнущие вещества. Чтобы использовать для почвы, его необходимо подготавливать, поскольку неподготовленный свиной навоз может быть источником распространения дурного запаха, загрязнения окружающей среды и почвы вредными гельминтами и семенами сорняков.

Физически жидкий свиной навоз – это трехфазная суспензия, состоит из твердой, жидкой и газообразной фаз. Дисперсная (жидкая) фаза включает растворы: 1) минеральных солей, кислот, щелочей, 2) растворы органических соединений, 3) растворимые газы, 4) биологические структуры. Дисперсная (твердая) фаза включает: 1) нерастворимые органические вещества, 2) нерастворимые минеральные вещества, 3) биологические образования.

Количество газа относительно незначительное и свиной навоз можно представить как двухфазную систему. Дисперсионной средой является водный раствор минеральных солей, кислот, щелочей, низкомолекулярных соединений, входящих в состав экскрементов, и нерастворимых органических включений с очень малой гидравлической крупностью; дисперсная фаза – твердые частицы экскрементов, частицы корма, крупнодисперсные нерастворимые органические примеси, минеральные нерастворимые включения; биологические структуры находятся в жидкой и твердой фазе.

Твердые частицы и нерастворимые примеси (диаметр $> 0,1$ мм) в жидком свином навозе находятся в грубодисперсном (крупные взвеси) и тонкодисперсном (суспензии, эмульсии, пена) состоянии, частицы диаметром от $0,1$ мм до $0,1$ мкм и находятся в виде коллоидов (диаметр $0,1-0,001$ мкм). Растворимые соли и низкомолекулярные органические соединения находятся в молекулярно-дисперсном состоянии (диаметр $<0,001$ мкм) и представляют истинный раствор; они не осаждаются в силу малого размера частиц и остаются во взвешенном состоянии.

Свойства жидкого свиного навоза делятся на физические, химические, биологические и коррозионные [35]. Физические свойства – общезначимые (плотность, удельный вес, удельный объем, влажность), механические (гранулометрический состав), реологические (вязкость, коэффициент поверхностного натяжения, модуль упругости, предельное напряжение сдвига, гидравлическая крупность), органолептические (цвет, запах, вкус), теплотехнические (температура, удельная теплоемкость, удельная теплопроводность), электрические (электропроводность) [41].

Важным показателем состояния жидкого свиного навоза, влияющим на другие свойства, является влажность, которая зависит от системы удаления навоза. Влажность навоза при механическом содержании составляет 80-90%, при бесподстилочном – 90-95, при самотеке – около 96, при гидросмыве – 95-98% [4]. При разбавлении водой физически навоз приобре-

тает свойства жидкости. Плотность навоза при влажности 92–99% колеблется от 1019 до 1003 кг/м³ [4].

Гранулометрический состав жидкого свиного навоза неоднороден, зависит от половозрастной группы, рациона и способа кормления. При кормлении концентрированными кормами содержание частиц размером от 0,25-1,00 мм составляет 64%, более 1 мм – 36%. При кормлении многокомпонентными микросмесями – соответственно 42 и 58% [4].

Реология характеризует текучесть, определяется вязкостью и напряжением сдвига. Именно текучесть определяет способ удаления, транспортировки и внесения навоза. Попадающие в навоз корма ухудшают его текучесть. Снижение вязкости по мере разбавления водой и повышения температуры является важной причиной изменения скорости расслоения и ведет к образованию осадочного и плавающего слоев с высоким содержанием твердых частиц.

Сухое вещество жидкого свиного навоза состоит из органической части (85-75%) и неорганической (15-25%) [34]. Органическое вещество включает основные (белки, жиры, углеводы) и структурные вещества (целлюлоза, лигнин, клетчатка, гемицеллюлоза), микроэлементы (Mn, Cu, Cd), биогены (N, P, K). Свиной навоз содержит 50-70% растворимого азота, хорошо усвояемого растениями [4]. Азотсодержащие соединения в навозе представлены в твердом, растворимом и коллоидном состояниях и способны переходить из одной фазы в другую. Доминирует в навозе аммонийная форма. Аммиак образуется в анаэробных условиях в процессе биологической деградации белковых форм и разложения мочевины. Содержащийся в жидком навозе фосфор органических соединений растениями используется лучше, чем фосфор минеральных удобрений. Калий в навозе представлен только растворимой формой в составе солей во взвешях и коллоидных частицах и потому легко усваивается. Растворимость питательных веществ жидкого свиного навоза повышенная.

Биологические особенности жидкого свиного навоза зависят от содержания бактериальных и грибных включений (бактерии, грибы, актиномицеты, одноклеточные водоросли, вирусы), яиц гельминтов, семян сорняков, которые представляют экологическую и агротехническую опасность. Количество биологических особей в исходном навозе достигает $7,1 \cdot 10^8$ шт./мл, яиц гельминтов – 3-4 шт./л, семян сорняков – около 10 шт./л.

Коррозионные свойства жидкого свиного навоза определяются содержанием коррозионноактивных веществ (углекислота, растворимая известь, аммонийный азот, сульфатная и сульфитная сера, хлориды), среди которых большую роль отводят влажности навоза и внешним условиям (продолжительность воздействия, температура, доступ кислорода и др.).

Жидкий свиной навоз обладает энергетической и удобрительной ценностью благодаря наличию в нем минеральных, органических и биогенных веществ; способен вызвать биозагрязнение окружающей среды, засорение почвы, поэтому требует хорошей предварительной обработки. Минеральные и органические вещества в жидкой и твердой фазах находятся в разных формах (легко и трудноразлагаемые), и для повышения эффективности навоза требуется отдельная переработка фаз. Большие объемы жидкого навоза, отличающегося большой текучестью и растворимостью по сравнению с твердым, при внесении в почву могут быть причиной загрязнения окружающей среды.

При использовании гидросмыва для удаления навоза на свиноводческих комплексах образуется большое количество высококонцентрированных сточных вод, которые характеризуются значительным содержанием органических загрязнений, аммонийного азота и патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов. Режим водоотведения на свиноводческих комплексах отличается крайней неравномерностью. Объем сточных вод, имеющих большую агрономическую ценность, варьирует в широких пределах (от 35 до 60 л/гол·сут).

Навозные стоки представляют собой сложную дисперсную систему, компоненты которой находятся в грубодисперсном, коллоидном и растворенном состояниях. ХПК стоков колеблется в пределах 7600-40000 мг/дм³, взвешенные вещества составляет 8000-39600 мг/дм³, аммонийный азот – 48-1430, фосфаты 430-900, мочевины 1500-7200 мг/дм³, число яиц гельминтов колеблется от 100 экз./дм³ и выше.

Гранулометрический состав стока неоднороден и зависит от вида применяемых кормов, способов удаления и транспортировки. При этом взвеси с размером частиц до 1 мм из стоков удаляются трудно и составляют 35-60%. Для очистки стока используют совместно механические, физико-химические и биологические методы, причем последние нуждаются в аэробных условиях (аэротенки).

Концентрация азота в жидком навозе составляет в среднем 250-400 мг/дм³, но доочистка требует больших затрат, поэтому содержание азота остаётся не всегда допустимым для сброса в водоем. Кроме того, процессы нитри- и денитрификации безвозвратно удаляют азот в атмосферу, снижая агрономическую ценность таких вод. Предлагаемая нами технологическая схема предусматривает очистку стоков с использованием фосфогипса и перегноя и позволяет после отстаивания в течение 1,5-2,0 часов снизить концентрацию аммонийного азота и фосфатов в среднем на 50%, а остаточную концентрацию взвешенных веществ удерживать на уровне 20-30 мг/л. Жидкая часть отхода может быть очищена в значительной степени от органических отходов, а также от гельминтов.

Удаление органических отходов и азота положительно сказывается на последующей биологической очистке осадка, после которой навоз будет представлять комплексное органоминеральное удобрение, годное впоследствии к использованию. Очищенную сточную воду можно повторно использовать для гидросмыва навоза, поскольку концентрация в ней загрязнений не превышает по БПК – 10-12 мг О₂/л; по азоту аммонийному – 0,5-

2,0 мг/л; фосфору – 1,5-2,0 мг/л; взвешенным веществам – 10-12 мг/л. Предлагаемая система очистки может быть замкнутой и использоваться повторно для гидросмыва. Жидкий свиной навоз рассматривается как органическая дисперсная система.

Прокишенные молочные продукты в основном относятся к дисперсным системам, состоящим из двух и более фаз: одна сплошная – дисперсионная среда, а другая, распределенная в виде отдельных частиц в дисперсионной среде - дисперсная фаза.

Молочные продукты – сложная полидисперсная система; дисперсные фазы находятся в ионно-молекулярном состоянии (фаза истинного раствора), в виде коллоидных (коллоидная фаза) и грубодисперсных частиц различной величины (фаза эмульсии). Провести строгую границу между дисперсными фазами и дисперсионной средой молока нельзя, поскольку водные растворы одних веществ являются дисперсионной средой для других.

В коллоидно-дисперсном состоянии в прокишенном молоке находятся сывороточные белки, казеин и основная часть соединений кальция. Прокишенное молоко – типичная природная эмульсия жира в воде. В оболочке шариков жира помимо белков и липидов находятся следующие элементы: Cu, Fe, Mo, Zn, Ca, Mg, Se, Na, K – от 5 до 25% и нативное железо – от 28 до 59%, содержание Cu в 1 г оболочки составляет от 5 до 25 мкг, Fe – от 70 до 150 мкг. Фосфаты кальция отличаются малой растворимостью и незначительной степенью диссоциации, небольшая их часть находится в виде истинного раствора, а основная – в виде коллоидного раствора. Между ними устанавливается равновесие. Сдвиг равновесия зависит от pH молока, температуры и других факторов. Рассматривается как органическая дисперсная система.

2. Минеральные высокодисперсные системы. *Дигидратный фосфогипс* включает механически разрушенную горную породу (апатиты), обработанную серной кислотой с добавлением после экстракции P_2O_5 извест-

кового раствора; отличается значительным содержанием в составе продукта нерастворимых соединений (CaO , S , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , MgO); растворимых соединений в фосфогипсе чрезвычайно мало (не более 0,2%). Поскольку нерастворимые компоненты фосфогипса гидратированы мало и в своем составе они лишены органических соединений, их взаимной коагуляции не происходит и структурные агрегаты в чистом виде не образуются, что и определяет сходство свойств фосфогипса независимо от производства, а различия зависят от специфики химического состава породы и технологии экстракции фосфорной кислоты [6, 32,42].

По физико-химической характеристике дигидратный фосфогипс - нетоксичный пастообразный высокодисперсный сульфат кальция ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) с примесью неразложившегося фосфата, фосфорнокислых солей и силикатов. Высокая дисперсность фосфогипса обусловлена специфичностью его физического состава, представленного системой тонко размолотых частиц коллоидного вещества, распределенных в однородной среде; его коллоиды отличаются малой скоростью диффузии, не проникают через тонкопористые мембраны клеточных структур и характеризуются неравновесной растворимостью [37,38].

Из физических структур в фосфогипсе преобладают фракции, относящиеся к физическому песку (до 80%). Долевое участие тонкодисперсной физической глины, обуславливающей процессы коагуляции субстрата, колеблется от 20 до 23%.

Основу физического песка составляют соединения кремния, который широко используется растительными и животными организмами для построения оболочек клеток, прочных тканей и скелета; его средняя концентрация в наземной растительности составляет примерно 0,5% на сухое вещество. В организме человека его содержание незначительное – всего около 20 грамм. Его биологическая роль до конца не выяснена. Установлено, что этот элемент влияет на метаболизм липидов и участвует в обра-

зовании эпителиальных (поверхностных) слоев кожи и внутренних органов (в основном дыхательных путей) [5].

По данным различных авторов в состав фосфогипса входит до 95% дигидрата сульфата кальция, до 3-4% фосфорных соединений, до 1,5% примесей (микроэлементов, тяжелых металлов и неметаллов) [1, 36]. В процессе производства для экстракции фосфорных соединений на производстве применяется серная кислота, определяющая весьма сильноокислую реакцию фосфогипса (рН около 3,0). Технологии, внедренные в последние годы на Белореченском химзаводе, позволили повысить рН (понижить кислотность) фосфогипса до 5,5.

В фосфогипсе большая масса приходится на кальций – в расчете на элемент от 25 (сырой фосфогипс) до 30% (сухой фосфогипс). Большая доля в массе фосфогипса приходится на серу – от 21% в сыром фосфогипсе и до 24,3 в сухом, на стронций приходится от 0,3 до 0,4%, на неразложившийся фосфат - от 1,3 до 4,2%, примеси (микроэлементы, тяжелые металлы и другие соединения) составляют 0,3-0,35%. Соотношение кальция и стронция в фосфогипсе производства Белореченского химзавода колеблется от 75 до 85. Соотношение кальция и стронция в почвах чернозема обыкновенного на Кубани составляет 120-150. При внесении в почву 5 т/га фосфогипса на 1 кг почвы пахотного слоя добавляется стронция от 6 до 8 мг/кг.

Содержание отдельных элементов в составе примесей сильно колеблется. Наибольшей массой в составе примесей фосфогипса выделяются титан, железо, стронций, фтор, барий, марганец, хром, лантан и церий.

Важнейшими свойствами фосфогипса являются молекулярные взаимодействия частиц с другими компонентами (например, навозом, перегноем и др.), определяющие их способность агрегироваться в хлопья и давать студнеобразные или твердые коагуляционные структуры. Фосфогипс выделяется высокой концентрацией кальция и серы, а в микроколичествах в нем объективно представлены все элементы таблицы Д.И. Менделеева.

Фосфогипс можно определить как минеральную высокодисперсную систему [30,31,32].

Зола – калийное и фосфорное удобрение; её богатство кальцием позволяет использовать для снижения кислотности почвы. Зола оценивается как минеральная дисперсная система калийно-кальциево-фосфорного направления. Стебли подсолнечника содержат: K_2O – 30-35, P_2O_5 – 2,4, CaO – 18-20%; солома ржаная: K_2O – 10-14, P_2O_5 – 4-6, CaO – 8-10%; березовые дрова: K_2O – 10-12, P_2O_5 – 4-6, CaO – 35-40%; сосновые дрова: K_2O – 6-8%, P_2O_5 – 2-4, CaO – 35-40%.

Галитовые отходы. На 1 т KCl образуется 3-4 т галитовых отходов, основным компонентом которых является $NaCl$; представляют собой осадочную горную породу и образуют плотную зернистую массу. В чистом виде галиты прозрачны и бесцветны, окрашены примесями в желтый, серый и красный цвета. В отходах также содержатся KCl , $MgCl_2$, $CaSO_4$, соединения брома. Отвал представляет зернистую сыпучую массу, в которой концентрируется до 10% маточного раствора. После проведения флотации галитовые отходы перерабатывают на техническую и пищевую соль. При производстве калийных удобрений проблема ликвидации отходов, к сожалению, не решается. Значительная их часть применения не находит и накапливается в отвалах [33,37]. Возможно надземное захоронение и их растворение с последующей перекачкой в подземные горизонты. Залегают в виде слоев осадочных пород вместе с гипсом, калийными и другими солями. Крупные его залежи приурочены к осадкам пермского периода в районах близ г. Соль-Илецка, в Соликамске, в Белоруссии и в других местах. Из этого отхода получают соду, хлор, едкий натрий, соляную кислоту и другие продукты.

При переработке сырья в калийной промышленности образуются ежегодно миллионы тонн твердых галитовых отходов и сотни тысяч тонн глинисто-галитовых шламов. Вместе с пустой породой солеотвалы калийных

предприятий занимают площадь около 250 га и на шламохранилища приходится около 200 га.

Из сильвинитовых руд на 1 т KCl в виде отвала образуется 3-4 т галитовых отходов, содержащих до 89-90% NaCl, 4,4-5,0% KCl, 1,1% CaSO₄, 0,1% MgCl₂ и 4,5% нерастворимого остатка. Влажность галита в отвалы – 10-12%, а в отвалах снижается до 5-8%.

В России ведутся работы по снижению солевых отходов на земной поверхности (технология горных работ с сокращением выемки из шахт галита и пустой породы и возврат отходов флотации в выработанные пространства рудников).

Получаемые из сильвинитовых руд глинисто-солевые шламы, образующиеся при флотационной их переработке, представляют тонкодисперсные суспензии нерастворимого осадка в рассолах, солезадержание которых составляет 200 г/л. Взвесь шламовой пыли включает алюмосиликаты, сульфаты, карбонаты. Рассматривается как минеральная дисперсная система.

Глинистосолевые отходы. В процессе производства калийных удобрений образуются галитовые и глинистые шламы, солевые и сточные воды, минерализованные рассолы шламохранилищ, а также отходящие газы со стадии сушки.

Глинистосолевые шламы представляют собой суспензию в минерализованном рассоле. Состав рассола (масс%): KCl – 10-11, NaCl – 20-22. Твердая фаза состоит из мелкодисперсных частиц песка, глины и других включений. Ни один из методов утилизации шламов не применяется в промышленном масштабе. Главным препятствием является повышенная влажность отходов – 70-80%, мелкодисперсность и высокая вязкость. Глинистосолевые шламы через гидротранспорт подаются в шламохранилища, которые обносят дамбами, углубляют на 20-40 м с целью экономии площадей, являющихся источником загрязнения окружающей среды. Метод

освобождения сильвинита от шламов основан на ферромагнитных свойствах оксида железа Fe_2O_3 (5-7%). Сухие глинистые шламы могут быть использованы в качестве калий-магниевых удобрений на песчаных почвах. Рассматривается как минеральная дисперсная система.

Жидкие и газовые выбросы. При производстве калийных удобрений образуются минерализованные рассолы при обезвоживании свежих галитовых отходов и при их растворении в процессе хранения. Содержание солей в них 300-350 г/л и соединений брома – 0,5 г/л. Минерализованные воды в основном закачиваются в подземные глубинные горизонты, и ведется их отслеживание. При сушке гранул КСІ образуются газовые выбросы, которые содержат продукты сгорания топлива (оксиды серы, углерода, азота) и технологические газовые примеси КСІ и пыль. Несгораемый остаток можно рассматривать как минеральную дисперсную систему.

Сильвинит представляет собой осадочную горную породу из смеси галита и сильвина и некоторых примесей с плотным агрегатом его кристаллов (23-24%) и других галоидных и сульфатных соединений; используется как калийное удобрение. Соотношение хлоридов калия и натрия варьирует, в примесях присутствуют песок, гипс, глина; в воде хорошо растворим; минеральная дисперсная система.

Сильвин – минерал, хлористый калий КСІ, сходный с каменной солью, но на вкус горький; содержит 52,5% калия. Твердость 2,0-2,5, удельный вес 1,9-2,0. Крупнейшее мировое месторождение – Соликамское на Северном Урале; минеральная дисперсная система.

Заключение. Отходы производства и потребления являются дисперсными и коллоидными системами, которые заметно различаются коллоидным состоянием, составом, коагуляционными и седиментационными свойствами, что обусловлено их физическими и химическими особенностями. Важное значение имеет минеральный состав и прежде всего соотношение между минеральными фракциями гранулометрического состава сложных

компостов из монтмориллонита и гидрослюд, с одной стороны, и каолинита, с другой, различающихся дисперсностью и поглотительной способностью. Из всех составляющих сложного компоста тяжелые металлы сорбируются тяжелыми гранулометрическими фракциями [39].

Сорбция тяжелых металлов снижается при щелочной и слабощелочной реакции сложного компоста, и эти загрязнители переходят в слаборастворимые вещества и мало поступают в растения, а также в грунтовые воды. Основными соединениями, связывающими тяжелые металлы, являются силикаты, оксиды, гидроксиды, соли.

Переходу тяжелых металлов в слаборастворимые соединения способствует удобрение верхнего слоя почвы сложным компостом с содержанием органического вещества до 10% и высоким уровнем органических и минеральных коллоидов, сорбирующих тяжелые металлы; высокая емкость катионного обмена усиливает связывание тяжелых металлов; дренаж участка способствует окислению тяжелых металлов, ослаблению их миграции и использования растениями.

Сорбционные свойства минеральной части почвы обусловлены в основном глинистой фракцией, где господствуют каолиниты и вермикулиты. Их способность присоединять катионы тяжелых металлов свойственна монтмориллониту и вермикулиту. Ряд металлов осаждается с карбонатами, а также сорбируется на оксидах железа и марганца. С карбонатами легко осаждаются Mn, Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn. В составе фосфатов, включая фосфогипс, много тяжелых металлов: Cu, Zn, Pb, Mn, Cd, Ni. Органические вещества способствуют накоплению тяжелых металлов; фульвокислоты образуют комплексные соединения – фульваты тяжелых металлов [26,31,37].

Минеральные отходы представляют собой дисперсную систему, не образующую устойчивые коллоиды, поскольку их нерастворимые элементы гидратируются очень мало, не инициируют взаимной коагуляции или

седиментации и структурные агрегаты не образуют. Органические отходы, переработанные микроорганизмами, представляют дисперсную систему, где в силу высокой её гидратации в процессе взаимной коагуляции органических и минеральных коллоидов формируются гелеобразные структуры, являющиеся носителями увлажнения и плодородия.

Совмещение дисперсных систем различных отходов со своими специфическими коагуляционными свойствами, дополняющими друг друга и создающими весьма устойчивые агрегаты, заметно улучшает физические (аэрация, инфильтрация и др.), химические (обогащение органическими веществами, Ca, S, Si и микроэлементами) и биологические (увеличение количества и численности популяций бактерий, грибов, актиномицетов и одноклеточных водорослей) свойства почвы.

Почва, обогащенная с внесением сложного компоста органическими и минеральными коллоидными системами, отличается взаимной коагуляцией и седиментацией положительно заряженных частиц с отрицательно заряженными гуматами и кремнием, на основе которых формируются структурируемые коагелы, составляющие основу её плодородия. Рациональное использование отходов основных направлений производства и потребления будет способствовать высвобождению земельных территорий и практической выгоде при их использовании под посевы сельскохозяйственных культур.

Создание сложных компостов с включением бытовых, сельскохозяйственных и промышленных отходов на основе варьирования их типов и соотношений определяет специфику дисперсности и коллоидальных характеристик химического и биологического многообразия, расширяет экологические ниши и существенно корректирует агрономическое качество верхнего слоя почвы в течение 5-6 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонов Д.Н. Влияние удобрений на урожай и качество ячменя на черноземе обыкновенном Юго-востока ЦУЗ. Автореф. дис. канд. с/х наук. Каменная степь, 1999. – 20 с.
2. Алешкин Б.Р. Механизация животноводства / Б.Р. Алешкин, П.М. Роцин 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1993. – 319 с.
3. Алифиров М.Д. К вопросу о технологии переработки свиного навоза в перегной и его обогащение микроэлементами // М.Д. Алифиров, И.С. Белюченко, Т.В. Бозина, Г.В. Волошина, В.Н. Гукалов, М.М. Демченко, О.А. Кобецкая. О.А. Мельник, Е.И. Муравьев, Д.В. Петренко, Ю.Ю. Петух, Ю.В. Пономерева, Е.В. Провизен, Л.Н. Ткаченко, М.В. Яценко. – Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2007. – Т. 3. – № 3. – С. 99-104.
4. Андреев В.А., Новиков М.Н., Лунин С.М. Использование навоза свиней на удобрение. – М.: Росагропромиздат, 1990.-94 с. ил.
5. Астафьева Л.С. Экологическая химия. М. :Издательский центр «Академия». – 2006. – 24 с.
6. Ахмедов М.А., Атакузиев Т.А. Фосфогипс. Исследование и применение Ташкент: Изд-во «Фан» УзССР, 1980 г. – 172 с.
7. Белюченко И.С. Физико-географическая характеристика Ленинградского района // И.С. Белюченко, Е.А. Перебора, В.Н. Гукалов – Экол. проблемы Кубани. – 2002. – № 16. – С. 7-38.
8. Белюченко И.С. Зонирование территории Краснодарского края и особенности функционирования природных и техногенных систем // И.С. Белюченко. – Экол. проблемы Кубани. – 2003. – № 20. – С. 4-19.
9. Белюченко И.С. К вопросу о специфичности речной гидрологии Краснодарского края // И.С. Белюченко. – Экол. проблемы Кубани. – 2004. – № 26. – С. 5-9.
10. Белюченко И.С. Региональный мониторинг – базовая основа для разработки экологических проектов по охране природы // И.С. Белюченко. – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2006. – Т. 2. – № 1. – С. 25-40.
11. Белюченко И.С. К вопросу о процессе нитрификации в агроландшафтах степной зоны Краснодарского края // И.С. Белюченко. – Экол. проблемы Кубани. – 2007. – № 32. – С. 218-222.
12. Белюченко И.С. Влияние фосфогипса на трансформацию азота в черноземе обыкновенном степной зоны Кубани // И.С. Белюченко – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2008. – Т. 4. – № 2. – С. 144-147.
13. Белюченко И.С. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве // И.С. Белюченко, Е.П. Добрыднев, Е.И. Муравьев. – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2008. – Т. 4. – № 1. – С. 31-40.
14. Белюченко И.С. Влияние отходов промышленного и сельскохозяйственного производства на физико-химические свойства почв // И.С. Белюченко, Е.И. Муравьев. – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2009. – Т. 5. – № 1. – С. 84-86.
15. Белюченко И.С. Проблемы рекультивации отходов быта и производства (по материалам I Всероссийской научной конференции по проблемам рекультивации отходов) // И.С. Белюченко. – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2009. – Т. 5. – № 3. – С. 72-78.
16. Белюченко И.С. Экологические аспекты совершенствования функционирования агроландшафтных систем Краснодарского края // И.С. Белюченко, А.В. Смагин, В.Н. Гукалов, О.А. Мельник, Д.А. Славгородская, О.В. Калинина. – Тр. КубГАУ. 2010. –Т. 1. – № 26. – С. 33-37.

17. Белюченко И.С. Роль регионального мониторинга в управлении природно-хозяйственными системами края // И.С. Белюченко. – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2010. – Т. 6. – № 4. – С. 3-16.
18. Белюченко И.С. К вопросу о роли леса в функциональном восстановлении бассейнов степных рек края // И.С. Белюченко – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2011. – Т. 7. – № 2. – С. 4-14.
19. Способ улучшения агрофизических свойств почвы / Белюченко И.С., Добрыднев Е.П., Гукалов В.Н., Мельник О.А., Славгородская Д.А., Терещенко Е.В. // Патент на изобретение RUS 2423812 18.01.2010.
20. Белюченко И.С. К вопросу о формировании и свойствах органоминеральных компостов и реакции растений кукурузы на их внесение // И.С. Белюченко – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2011. – Т. 7. – № 4. – С. 65-74.
21. Белюченко И.С. Влияние внесения органоминерального компоста на плотность сложения и порозность чернозема обыкновенного // И.С. Белюченко, Д.А. Славгородская. – Тр. КубГАУ. 2011. –Т. 1. – № 32. – С. 69-71.
22. Белюченко И.С. Экологические проблемы степной зоны Кубани, причины их возникновения и пути решения // И.С. Белюченко. – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2011. – Т. 7. – № 3. – С. 47-64.
23. Белюченко И.С. К вопросу о механизмах управления развитием сложных компостов // И.С. Белюченко. – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2012. – Т. 8. – № 3. – С. 88-111.
24. Белюченко И.С. Сложный компост и его роль в улучшении почв // И.С. Белюченко. – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2012. – Т. 8. – № 2. – С. 75-86.
25. Белюченко И.С. Использование отходов быта и производства для создания сложных компостов с целью повышения плодородия почв // И.С. Белюченко. – Тр. КубГАУ. 2012. –Т. 1. – № 38. – С. 68-72.
26. Белюченко И.С. Влияние органоминерального компоста на плотность сложения и порозность чернозема обыкновенного // И.С. Белюченко, Д.А. Славгородская, В.В. Гукалов. – Тр. КубГАУ. 2012. –Т. 1. – № 34. – С. 88-90.
27. Белюченко И.С. Изменение плотности и аэрации пахотного слоя чернозема обыкновенного под влиянием сложного компоста // И.С. Белюченко, Д.А. Славгородская – Докл. Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. –№ 2. – С. 40-42.
28. Белюченко И.С. Изменение агрегатного состава чернозема обыкновенного при внесении органоминерального компоста // И.С. Белюченко, Д.А. Славгородская – Докл. Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. –№ 4. – С. 23-25.
29. Белюченко И.С. Дисперсные и коллоидные системы отходов и их коагуляционные свойства // И.С. Белюченко. – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2013. – Т.9. – № 1. – С. 13-38.
30. Белюченко И.С. Особенности распределения тяжелых металлов в почвах агроландшафта (на примере изучения агроландшафта ОАО «ЗаветыИльдича» Ленинградского района Краснодарского края) // И.С. Белюченко В.Н. Гукалов, Л.Б. Попок, Ю.Н. Помазанова – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2013. – Т. 9. – № 2. – С. 46-62.
31. Горбунов Н. И. Почвенные коллоиды и их значение для плодородия. - М.: АН ССР, 1967 - 160 с.
32. Иваницкий В.В., Классен П.В., Новиков А.А. Фосфогипс и его использование. М., 1990.-224 с.
33. Качинский Н. А. Почва, ее свойства и жизнь. - М.: Наука, 1975. - 294 с.
34. Ковалёв Н.Г., Глазков И.К. Проектирование систем утилизации навоза на ком-

- плексах. М.: Агропромиздат, 1989. – 160 с.
35. Короткевич В.А. Комплексная механизация в свиноводстве. — М.: Урожай, 1989. – 136 с.
 36. Любимова И.Н., Борисочкина Т.И. Влияние потенциально-опасных химических элементов, содержащихся в фосфогипсе на окружающую среду. Москва, 2007. – 46 с.
 37. Муравьев Е.И. Оценка влияния химического производства на состояние окружающих ландшафтов // Е.И. Муравьев, И.С. Белюченко. – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2006. – Т. 2. – № 1. – С. 25-40.
 38. Муравьев Е.И. Коллоидный состав и коагуляционные свойства дисперсных систем почвы и некоторых отходов промышленности и животноводства //Е.И. Муравьев, И.С. Белюченко. – Тр. КубГАУ. 2008. –№ 11. – С. 177-182.
 39. Муравьев Е.И. Влияние фосфогипса на развитие и продуктивность растений кукурузы в севообороте // Е.И. Муравьев, И.С. Белюченко, В.В. Гукалов, В.Н. Гукалов, О.А. Мельник, Ю.Ю. Петух, Д.А. Славгородская – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2008. – Т. 4. – № 4. – С. 108-111.
 40. Попова Т.В. Особенности распределения тяжелых металлов в корнеобитаемом слое чернозема обыкновенного в разных местообитаниях //Т.В. Попова, В.Н. Гукалов, И.С. Белюченко – Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2010. – Т. 6. – № 1. – С. 24-26.
 41. Письменов В.Н. Получение и использование бесподстилочного навоза.-М.: Колос, 1984-159 с
 42. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – Л.: Химия, 1974 – 352 с.

REFERENCES

1. Agafonov D.N. Vliyanie udobreniy na urozhay i kachestvo yachmenya na chernozeme obyknovennom Yugo-vostoka TsUZ. Avtoref. dis. kand. s/h nauk. Kamennaya step', 1999. – 20 s.
2. Aleshkin B.R. Mehanizatsiya zhivotnovodstva / B.R. Aleshkin, P.M. Roschin 2-e izd., pererab. i dop. - М.: Агропромиздат, 1993. – 319 s.
3. Alifirov M.D. K voprosu o tehnologii pererabotki svinogo navoza v peregnoy i ego obogaschenie mikroelementami // M.D. Alifirov, I.S. Belyuchenko, T.V. Bozina, G.V. Voloshina, V.N. Gukalov, M.M. Demchenko, O.A. Kobetskaya. O.A. Mel'nik, E.I. Murav'ev, D.V. Petrenko, Yu.Yu. Petuh, Yu.V. Ponomereva, E.V. Provizen, L.N. Tkachenko, M.V. Yatsenko. – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2007. – Т. 3. – № 3. – S. 99-104.
4. Andreev V.A., Novikov M.N., Lunin S.M. Ispol'zovanie navoza sviney na udobrenie. – М.: Rosagropromizdat, 1990.-94 s. il.
5. Astaf'eva L..S. Ekologicheskaya himiya. М. :Izdatel'skiy tsentr «Akademiya». – 2006. – 24 s.
6. Ahmedov M.A., Atakuziev T.A. Fosfogips. Issledovanie i primeneniye Tash-kent: Izd-vo «Fan» UzSSR, 1980 g. – 172 s.
7. Belyuchenko I.S. Fiziko-geograficheskaya harakteristika Leningradskogo rayona // I.S. Belyuchenko, E.A. Perebora, V.N. Gukalov – Ekol. problemy Kubani. – 2002. – № 16. – S. 7-38.
8. Belyuchenko I.S. Zonirovaniye territorii Krasnodarskogo kraya i osobennosti funktsionirovaniya prirodnyh i tehnogennyh sistem // I.S. Belyuchenko. – Ekol. pro-blemy Kubani. – 2003. – № 20. – S. 4-19.
9. Belyuchenko I.S. K voprosu o spetsifichnosti rechnoy gidrologii Krasnodarskogo kraya // I.S. Belyuchenko. – Ekol. problemy Kubani. – 2004. – № 26. – S. 5-9.

10. Belyuchenko I.S. Regional'nyj monitoring – bazovaya osnova dlya razrabotki ekologicheskikh proektov po ohrane prirody // I.S. Belyuchenko. – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2006. – T. 2. – № 1. – S. 25-40.
11. Belyuchenko I.S. K voprosu o protsesse nitrifikatsii v agrolandshaftah stepnoy zony Krasnodarskogo kraya // I.S. Belyuchenko. – Ekol. problemy Kubani. – 2007. – № 32. – S. 218-222.
12. Belyuchenko I.S. Vliyanie fosfogipsa na transformatsiyu azota v cherno-zeme obyknovennom stepnoy zony Kubani // I.S. Belyuchenko – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2008. – T. 4. – № 2. – S. 144-147.
13. Belyuchenko I.S. Perspektivy ispol'zovaniya fosfogipsa v sel'skom ho-zyaystve // I.S. Belyuchenko, E.P. Dobrydnev, E.I. Murav'ev. – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2008. – T. 4. – № 1. – S. 31-40.
14. Belyuchenko I.S. Vliyanie othodov promyshlennogo i sel'skohozyaystvennogo proizvodstva na fiziko-himicheskie svoystva pochv // I.S. Belyuchenko, E.I. Murav'ev. – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2009. – T. 5. – № 1. – S. 84-86.
15. Belyuchenko I.S. Problemy rekul'tivatsii othodov byta i proizvodstva (po materialam I Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii po problemam rekul'tivatsii othodov) // I.S. Belyuchenko. – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2009. – T. 5. – № 3. – S. 72-78.
16. Belyuchenko I.S. Ekologicheskie aspekty sovershenstvovaniya funktsionirovaniya agrolandshaftnykh sistem Krasnodarskogo kraya // I.S. Belyuchenko, A.V. Smagin, V.N. Gukalov, O.A. Mel'nik, D.A. Slavgorodskaya, O.V. Kalinina. – Tr. KubGAU. – 2010. – T. 1. – № 26. – S. 33-37.
17. Belyuchenko I.S. Rol' regional'nogo monitoringa v upravlenii prirodno-kozyaystvennymi sistemami kraya // I.S. Belyuchenko. – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2010. – T. 6. – № 4. – S. 3-16.
18. Belyuchenko I.S. K voprosu o roli lesa v funktsional'nom vosstanovlenii basseynov stepnykh rek kraya // I.S. Belyuchenko – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2011. – T. 7. – № 2. – S. 4-14.
19. Sposob uluchsheniya agrofizicheskikh svoystv pochvy / Belyuchenko I.S., Dobrydnev E.P., Gukalov V.N., Mel'nik O.A., Slavgorodskaya D.A., Tereschenko E.V. // Patent na izobretenie RUS 2423812 18.01.2010.
20. Belyuchenko I.S. K voprosu o formirovanii i svoystvakh organomineral'nykh kompostov i reaktsii rasteniy kukuruzy na ih vnesenie // I.S. Belyuchenko – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2011. – T. 7. – № 4. – S. 65-74.
21. Belyuchenko I.S. Vliyanie vnesheniya organomineral'nogo komposta na plotnost' slozheniya i poroznost' chernozema obyknovennogo // I.S. Belyuchenko, D.A. Slavgorodskaya. – Tr. KubGAU. – 2011. – T. 1. – № 32. – S. 69-71.
22. Belyuchenko I.S. Ekologicheskie problemy stepnoy zony Kubani, prichiny ih vznicknoveniya i puti resheniya // I.S. Belyuchenko. – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2011. – T. 7. – № 3. – S. 47-64.
23. Belyuchenko I.S. K voprosu o mehanizmah upravleniya razvitiem slozhnykh kompostov // I.S. Belyuchenko. – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012. – T. 8. – № 3. – S. 88-111.
24. Belyuchenko I.S. Slozhnyj kompost i ego rol' v uluchshenii pochv // I.S. Belyuchenko. – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012. – T. 8. – № 2. – S. 75-86.
25. Belyuchenko I.S. Ispol'zovanie othodov byta i proizvodstva dlya sozdaniya slozhnykh kompostov s tsel'yu povysheniya plodorodiya pochv // I.S. Belyuchenko. – Tr. KubGAU. – 2012. – T. 1. – № 38. – S. 68-72.
26. Belyuchenko I.S. Vliyanie organomineral'nogo komposta na plotnost' slozheniya i poroznost' chernozema obyknovennogo // I.S. Belyuchenko, D.A. Slavgorodskaya, V.V. Gukalov. – Tr. KubGAU. – 2012. – T. 1. – № 34. – S. 88-90.

27. Belyuchenko I.S. Izmenenie plotnosti i aeratsii pahotnogo sloya cherno-zema obyknovennogo pod vliyaniem slozhnogo komposta // I.S. Belyuchenko, D.A. Slavgorodskaya – Dokl. Rossiyskoy akademii sel'skohozyaystvennyh nauk. – 2013. – № 2. – S. 40-42.
28. Belyuchenko I.S. Izmenenie agregatnogo sostava chernozema obyknovennogo pri vnesenii organomineral'nogo komposta // I.S. Belyuchenko, D.A. Slavgorodskaya – Dokl. Rossiyskoy akademii sel'skohozyaystvennyh nauk. – 2013. – № 4. – S. 23-25.
29. Belyuchenko I.S. Dispersnye i kolloidnye sistemy othodov i ih koagulyatsionnye svoystva // I.S. Belyuchenko. – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2013. – T.9. – № 1. – S. 13-38.
30. Belyuchenko I.S. Osobennosti raspredeleniya tyazhelyh metallov v pochvah agrolandshafta (na primere izucheniya agrolandshafta OAO «ZavetyIld'icha» Lenin-gradskogo rayona Krasnodarskogo kraya) // I.S. Belyuchenko V.N. Gukalov, L.B. Popok, Yu.N. Pomazanova – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2013. – T. 9. – № 2. – S. 46-62.
31. Gorbunov N. I. Pochvennye kolloidy i ih znachenie dlya plodorodiya. - M.: AN SSR, 1967 - 160 s.
32. Ivanitskiy V.V., Klassen P.V., Novikov A.A. Fosfogips i ego ispol'zovanie. M., 1990.- 224 s.
33. Kachinskiy N. A. Pochva, ee svoystva i zhizn'. - M.: Nauka, 1975. - 294 s.
34. Kovalev N.G., Glazkov I.K. Proektirovanie sistem utilizatsii navoza na kompleksah. M.: Agropromizdat, 1989. – 160 s.
35. Korotkevich V.A. Kompleksnaya mehanizatsiya v svinovodstve. — M.: Uro-zhay, 1989. – 136 s.
36. Lyubimova I.N., Borisochkina T.I. Vliyanie potentsial'no-opasnyh himicheskikh elementov, sodержaschihsya v fosfogipse na okruzhayuschuyu sredu. Moskva, 2007. – 46 s.
37. Murav'ev E.I. Otsenka vliyaniya himicheskogo proizvodstva na sostoyanie okruzhayuschih landshaftov // E.I. Murav'ev, I.S. Belyuchenko. – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2006. – T. 2. – № 1. – S. 25-40.
38. Murav'ev E.I. Kolloidnyj sostav i koagulyatsionnye svoystva dispersnyh sistem pochvy i nekotoryh othodov promyshlennosti i zhivotnovodstva //E.I. Murav'ev, I.S. Belyuchenko. – Tr. KubGAU. – 2008. – № 11. – S. 177-182.
39. Murav'ev E.I. Vliyanie fosfogipsa na razvitie i produktivnost' raste-niy kukuruzy v sevoobrote // E.I. Murav'ev, I.S. Belyuchenko, V.V. Gukalov, V.N. Gukalov, O.A. Mel'nik, Yu.Yu. Petuh, D.A. Slavgorodskaya – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2008. – T. 4. – № 4. – S. 108-111.
40. Popova T.V. Osobennosti raspredeleniya tyazhelyh metallov v korneobi-taemom sloe chernozema obyknovennogo v raznyh mestoobitaniyah //T.V. Popova, V.N. Gukalov, I.S. Belyuchenko – Ekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2010. – T. 6. – № 1. – S. 24-26.
41. Pis'menov B.H. Poluchenie i ispol'zovanie bespodstilochnogo navoza.-M.: Kolos, 1984-159 s
42. Fridrihsberg D.A. Kurs kolloidnoy himii. – L.: Himiya, 1974 – 352 s.