

УДК 631.879.4

UDC 631.879.4

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agriculture

**ВЛИЯНИЕ СЛОЖНОГО КОМПОСТА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО**

**INFLUENCE OF COMPLEX COMPOSTS ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ORDINARY CHERNOZEM**

Антоненко Дарья Алексеевна  
к. с.-х. наук, ассистент  
РИНЦ SPIN-код= 4298-2009

Antonenko Darya Alekseevna  
Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer  
Science Citation Index (RSCI)  
SPIN-code = 4298-2009

Белюченко Иван Степанович  
д-р биол. наук, профессор  
РИНЦ SPIN-код=3768-8950

Belyuchenko Ivan Stepanovich  
Dr.Sci.Biol., professor  
Science Citation Index (RSCI)  
SPIN-code =3768-8950

Мельник Ольга Александровна  
к. биол. наук, доцент  
РИНЦ SPIN-код= 6839-2975  
*ФГБОУ «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, Россия*

Melnik Olga Aleksandrovna  
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor  
Science Citation Index (RSCI)  
SPIN-code =6839-2975  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Последние столетия в биосфере идут выраженные процессы деградации почв вследствие антропогенного влияния, серьезно изменившего верхний слой почвы. Аграрный ландшафт выделяется заметным накоплением различных отходов как за счет выращивания продовольственных культур и выпаса сельскохозяйственных животных, так и за счет минеральных отходов, образующихся в процессе производства строительных материалов и удобрений из природного сырья. По физико-химической характеристике отходы растительного происхождения и природно-сырьевые представляют собой нетоксичные высокодисперсные соединения с примесью различных неразложившихся органических и минеральных веществ. Специфика физического состояния обуславливает их высокая дисперсность, представленную системой частиц коллоидных веществ, распределенных в различных средах. Коллоиды природно-сырьевых отходов характеризуются малой скоростью диффузии, не проникают через тонкопористые мембраны клеточных структур, отличаются весьма неравновесной нерастворимостью и специфичностью химического состава. Например, для фосфогипса характерна высокая концентрация серы и кальция, а в микроколичествах в нем содержится практически вся таблица Д.И. Менделеева. Органические отходы выделяются разнообразием химических соединений и высокой концентрацией углеводов, белков, жиров и других органических веществ. Основными свойствами дисперсных систем всех отходов являются молекулярные взаимодействия частиц, способные агрегироваться в различные коагуляционные структуры

During the last century, in the biosphere occur expressed processes of soil degradation due to anthropogenic influence, which seriously change of top layer of soil. The agricultural landscape is allocated of noticeable accumulation of various wastes at expense of growing of food crops and grazing of farm animals, as well as due to mineral wastes generated in process production of building materials and fertilizers from natural raw. According to physical and chemical characteristics of wastes of plant origin and natural-raw wastes constitute a non-toxic highly dispersed connection with an admixture of different undecomposed organic and mineral substances. Specificity of physical state is determined there of high dispersion, which is represented by system particles of colloidal substances distributed in various environments. Colloids of natural-raw wastes are characterized by a low rate of diffusion; do not penetrate finely porous membrane of cell structures, different very nonequilibrium insolubility and specific chemical composition. For example, phosphogypsum is characterized by high concentration of sulfur and calcium, and trace amounts of entire table of D.I. Mendeleev. Organic wastes are made by variety of chemical compounds and high concentration of carbohydrates, proteins, fats and other organic substances

Ключевые слова: СЛОЖНЫЙ КОМПОСТ, ФОСФОГИПС, АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ, ВОДО-

Keywords: COMPLEX COMPOST, PHOSPHOGYPSUM, AGGREGATE COMPOSITION, WATER-

УСТОЙЧИВОСТЬ, ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ,  
ДЕНИТРИФИКАЦИЯ, РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ  
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, КАЧЕСТВО ЗЕРНА

PROOF, DENSITY, DENITRIFICATION, DEVEL-  
OPMENT OF PLANTS OF WINTER WHEAT, GRAIN  
QUALITY

**Doi: 10.21515/1990-4665-121-136**

С учетом своеобразия физических и химических свойств различных отходов (органических и минеральных) рассматривали возможности их использования в качестве сложного компоста для сельскохозяйственного производства. С этой целью были проведены лабораторные, вегетационные и полевые исследования по улучшению физико-химического состояния почвы на основе применения сложных компостов с использованием органических (навоз КРС, ОСВ и другие) и минеральных отходов (фосфогипс, отходы производства калийных удобрений и другие), свойства которых изучаются на кафедре общей биологии и экологии КубГАУ в течение ряда лет [1, 2, 4].

**Методика исследований.** Опыты проводились в хозяйстве ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района Краснодарского края. Осенью 2007 г. был выделен опытный участок под посев озимой пшеницы: в опыте внесли полуперепревший навоз КРС (50 т/га), фосфогипс (5 т/га) и отходы выращиваемых культур (15 т/га), площадь опытных участков составляла 7 га в севообороте агроландшафта и на пойменном участке реки Средняя Челбаска. На опытном участке применялся следующий севооборот: озимая пшеница – озимая пшеница – подсолнечник – озимая пшеница. На контрольном участке вносили азотные и фосфорные удобрения (NP) в соответствии с требованиями агротехнологии в течение 2008–2011 гг. Ежегодно проводили отбор почвенных образцов на глубину 0–20 см [3, 4, 5]. Содержание полевой влаги определяли весовым методом, гранулометрический и микроагрегатный состав – пипеточным методом Качинского, агрегатный состав (сухое и мокрое просеивание) – с помощью сит, плотность почвы – с помощью стального цилиндра, плотность твердой фазы – пик-

нометрическим методом, общая пористость, пористость аэрации, удельный объем пор, полная влагоемкость и запасы влаги – расчетным методом. Для определения органического вещества в почве использовали метод Тюрина в модификации ЦИНАО, общего азота – методом Кьельдаля. Оценка развития растений проводилась общепринятым способом. Статистическая обработка данных производилась с помощью программы Microsoft Office Excel [6, 7, 12].

### ***Результаты исследований***

*1. Сложный компост и свойства чернозема.* Определение гранулометрического состава почвы выполняли ежегодно с августа 2008 г. через год после внесения сложного компоста. В ходе отбора проб в верхнем слое почвы в опыте были отмечены включения фосфогипса, внесенного в 2007 г., что указывает на слабую растворимость этого отхода и его продолжительного по времени влияния на свойства почвы [9].

По гранулометрическому составу почва отличается преобладанием фракций крупной пыли и ила. Гранулометрический анализ состава почвенных образцов во все годы исследований выявил слабое увеличение фракции физической глины в варианте с внесением сложного компоста [10, 11] (табл. 1).

Таблица 1. Гранулометрический состав чернозема обыкновенного (2008-2011 гг.)

Вариант	Размер ЭПЧ (мм) и их содержание (%)						Физическая глина, %
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,02-0,003	0,004-0,001	< 0,001	
1-й год после внесения сложного компоста							
Контроль	2,73 ± 0,20	18,70± 1,69	26,35± 2,12	11,56± 1,07	14,07± 1,20	26,75± 2,02	52,30 ± 1,62
Компост	2,42 ± 0,18	15,42± 2,15	25,10± 2,63	13,32± 1,18	16,20± 1,17	28,20± 2,22	57,65± 2,10
4-й год после внесения сложного компоста							
Контроль	2,13± 0,05	18,61± 2,29	22,11± 3,36	13,93± 1,05	15,48± 1,94	28,09± 1,28	57,41± 2,35
Компост	2,25± 0,07	18,20± 2,22	21,52± 3,80	13,82± 1,59	15,08± 1,56	29,29± 1,48	58,29± 2,82

Физическая глина изучаемой почвы в основном складывается из фракций ила, содержание которого на контроле соответствует 27–28 %. Содержание ила повышается на 4–5 % в варианте с внесением сложного компоста. В последующие годы отмечается менее значительное увеличение доли этих двух фракций. Физическая глина и ил способствуют более активному удержанию в почве элементов питания, увеличению сорбции почвы и бактерий, ограничению миграции загрязнителей (табл. 2). Увеличение массы гранулометрического состава при внесении сложного компоста благоприятно отразилось на свойствах почвы и обеспечило благоприятные условия для жизнедеятельности живых организмов. Физический состав почвы с внесением сложного компоста во все годы исследований имел хорошее агрегатное состояние и высокое содержание органически ценных агрегатов [13, 14, 16].

Таблица 2. Агрегатный состав чернозема обыкновенного (2008–2011 гг.)

Вариант	Размер агрегатов (мм) и их содержание (%)								K <sub>ст</sub>
	> 10	10–5	5–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	< 0,25	∑ 0,25–10 мм	
1-й год после внесения сложного компоста									
Контроль	25,25± 2,45	15,06± 2,33	15,12± 1,22	17,38± 1,35	11,42± 1,58	10,50± 0,91	6,38± 0,35	69,08± 1,73	2,20± 0,16
Компост	14,51± 2,15	14,03± 1,57	14,23± 1,67	18,47± 1,42	14,26± 1,42	9,98± 0,75	4,27± 0,20	71,42± 1,84	2,54± 0,19
4-й год после внесения сложного компоста									
Контроль	33,11± 3,25	15,48± 2,45	15,48± 1,74	13,27± 1,20	14,29± 1,20	7,29± 1,24	1,59± 0,94	63,59± 1,55	1,75± 0,19
Компост	30,69± 3,14	14,28± 2,15	17,24± 1,43	15,17± 1,41	13,25± 1,39	7,65± 0,98	1,71± 0,96	68,59± 1,47	2,20± 0,18

Внесение сложного компоста способствует усилению агрегирования почвы, созданию благоприятной комковато-зернистой структуры, оптимизирующей условия роста и развития сельскохозяйственных растений. Почва сохраняет уникальный комковато-зернистый состав после обильных осадков и водоустойчивость после последующего легкого подсушивания. В опыте с внесением сложного компоста содержание водопрочных агрегатов выше, чем на контроле [15]. В последний год исследований на контро-

ле нехарактерно наличие водоустойчивых агрегатов размером > 5 мм, а при внесении сложного компоста этот показатель составил 0,5 % от массы почвенного образца. При взаимодействии с водой почва на контроле расплывалась интенсивнее, чем с внесением сложного компоста (табл. 3).

Таблица 3. Водоустойчивость чернозема обыкновенного (2008–2011 гг.)

Вариант	Размер агрегатов (мм) и их содержание (%)						∑ 0,25 – 10 мм
	> 5	5–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	< 0,25	
1-й год после внесения сложного компоста							
Контроль	0,10±	1,93±	6,70±	18,32±	22,14±	50,72±	49,31±
	0,01	0,70	1,22	1,74	1,99	1,08	1,08
Компост	0,99±	3,46±	9,27±	23,25±	17,15±	46,05±	53,96±
	0,02	0,67	2,63	2,15	1,44	1,36	1,34
4-й год после внесения сложного компоста							
Контроль	-	1,75±	5,45±	23,16±	15,68±	53,91±	46,18±
		0,20	1,30	3,26	3,14	1,30	1,30
Компост	0,45±	2,76±	7,97±	30,30±	14,31±	44,36±	55,75±
	0,05	0,51	3,55	1,51	2,48	1,87	1,84

Водоустойчивость проверяется по количеству агрегатов размером >0,25 мм. Чем больше частиц крупнее 0,25 мм, полученных в результате просеивания почвы, тем выше её водоустойчивость; на контроле доля частиц крупнее 0,25 мм варьировала по годам от 44,5 до 49,7, а при внесении сложного компоста этот показатель колебался от 53 до 56 %, что указывает на высокую устойчивость почвенных агрегатов против воздействия воды [17, 18, 20].

Внесение сложного компоста повышает содержание обменного кальция и органических веществ. Кальций сложного компоста выступает в качестве катализатора, поддерживающего сцепление органических и минеральных частей, влияет коагулятивно на снижение ширины ионно-электростатического барьера между почвенными частицами и благоприятствует образованию микро-, а затем и макроагрегатов. Количество обменного кальция в ППК почвы повышается до 15 % при внесении сложного компоста. В сумме обменных оснований в почве на контроле кальций в среднем составляет 86,5, а в опыте – 92,0 % [19, 21].

Плотность сложения пахотного слоя почвы отличается оптимальным диапазоном для данного типа, и на контроле она выше по сравнению с опытом; данный показатель по годам на контроле варьировал в пределах 1,23–1,27, а с внесением сложного компоста – 1,12–1,20 г/см<sup>3</sup>. Удельный объем пор почвы ( $\Phi$ ) характеризует отношение объема пор к массе твердой фазы почвы [22]. В варианте с применением сложного компоста он повышается (табл. 4).

Таблица 4. Плотность сложения и удельный объем пор чернозема обыкновенного (2008–2011 гг.)

Вариант	Плотность ( $q_s$ ), г/см <sup>3</sup>	Плотность твердой фазы ( $q_s$ ), г/см <sup>3</sup>	Удельный объем пор ( $\Phi$ ), см <sup>3</sup> /г
1-й год после внесения сложного компоста			
Контроль	1,23±0,02	2,36±0,09	0,39±0,02
Компост	1,14±0,02	2,25±0,08	0,43±0,02
4-й год после внесения сложного компоста			
Контроль	1,18±0,02	2,06±0,04	0,36±0,02
Компост	1,12±0,01	2,16±0,05	0,43±0,03

Порозность почвы находится в зависимости от плотности сложения и плотности твердой фазы; в опытных вариантах с внесением сложного компоста отмечено её увеличение. Общая пористость в почве на контроле по годам колеблется от 0,43 до 0,49, а с внесением сложного компоста отмечается её увеличение до 0,61, что оптимизирует водно-воздушные условия вегетации растений. При внесении сложного компоста полная влагоемкость – максимальное количество воды, накапливаемое почвой – увеличивается: по годам на контроле этот показатель колеблется от 35,4 до 39,1 соответственно, а при внесении сложного компоста повышается до 43,9 %. Увеличение влагонакопления в варианте со сложным компостом благоприятно сказалось на улучшении роста всех видов растений, удлинении продолжительности вегетации посевов и повышении их урожайности. Агрегация почвы и изменение её состава является важным процессом для сокращения потерь органического вещества, поскольку образующиеся агре-

гаты выполняют роль основного хранителя органического углерода и азота в почве [23, 25, 26].

Использование минеральных и органических отходов способствует диссоциации сернокислого кальция ( $\text{CaSO}_4$ ) и взаимодействию его кислотного остатка  $\text{SO}_4$  с ионом аммония, что приводит к образованию сульфата аммония и способствует консервации азота в аммонийной форме за счет сдерживания процесса его нитрификации и особенно денитрификации. Фосфогипс определяет обмен катионов субстрата на катионы ППК и активно участвует в формировании сложного компоста, механическая часть которого более пористая по сравнению с почвой и легко задерживает частицы других веществ в своих порах (глина, органическое вещество). Сложный компост является предпосылкой к сохранению и накоплению органического вещества в почве [24, 28, 29].

Важной основой для производства сложного компоста является свойство отдельных отходов, способных при их смешивании с другими субстратами формировать весьма устойчивые гранулы. При внесении в почву полуперепревшего навоза крупного рогатого скота (КРС), фосфогипса и отходов выращивания сельхозкультур (сахарной свеклы, подсолнечника, половы зерна, остатков кормовых смесей для животных и т.п.) в таких смесях активно проходят процессы структурообразования, и при изменении их физико-химических свойств улучшается водный и воздушный режим, химический состав и различные свойства для роста и развития бактерий, грибов, других живых организмов [27, 30, 32].

В первую очередь это касается верхнего слоя почвы, в котором образуются весьма активно (летом до трех месяцев) устойчивые гранулы диаметром до 3 мм. В таких условиях при смешивании свиного навоза, птичьего помета, полуперепревшего навоза КРС, растительной золы, отходов, получаемых при производстве калийных удобрений, и других соединений быстро формируется сложный компост. При расчете соотношения отдель-

ных составляющих в сложном компосте и его внесении в почву в ней повышается влажность и содержание воздуха на 12–15 % больше, чем на контрольном участке. В летний период при создании таких условий в верхнем слое почвы образуется рыхлая подсыхающая масса из устойчивых гранул размером до 3–4 мм [31, 33, 34].

Удачное сочетание различных отходов при их смешивании с почвой улучшает её состояние вследствие обогащения водой за счет формирования гранулированной системы верхнего слоя почвы и снижает её плотность. Смешивание различных отходов, отличающихся большой вариацией химического и физического состава, способствует обогащению верхнего слоя почвы органическими и минеральными соединениями.

При значительном содержании в растительных остатках органических веществ и большом многообразии химических элементов в минеральных отходах в процессе развития в смеси новых физико-химических соединений образуются совмещенные органо-минеральные гранулы. Например, при внесении фосфогипса или отходов выработки калийных удобрений валовый состав включает до 30–35 элементов со значительным содержанием железа, титана, натрия, лантана, церия, стронция и других веществ [36, 38].

Содержание отдельных элементов в составе примесей различных отходов колеблется весьма существенно, и поэтому их необходимо учитывать при смешивании с другими отходами. Для чернозема обыкновенного наиболее подходящим соотношением различных отходов будет включение 50 т/га полуперепревшего навоза КРС, 7 т фосфогипса и в среднем по 2 т таких отходов, как остатки кормления животных, отходы очистки зерна, кормовой и сахарной свеклы, подсолнечника, сои, кукурузы, переработки овощей, фруктов и других культур, выращиваемых в хозяйстве. В процессе подготовки сложного компоста мы периодически добавляли по 2 т/га относительно свежей растительной массы для улучшения питания микроор-



ганизмов, что способствовало сокращению минерализации органических веществ и усилению образования сульфата аммония:  $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 = \text{Ca}(\text{OH})_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Серноокислый кальций сложного компоста связывает выделяющийся аммиак из полуперепревшего навоза и образует сульфат аммония. На образование 1 кг аммонийного азота требуется 6,14 кг  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , или 8 кг фосфогипса [37].

Во всех минеральных удобрениях, вносимых в почву для улучшения её плодородия, в значительных количествах содержится медь, свинец, цинк, кадмий и другие загрязнители, особенно это касается фосфорных и калийных удобрений, извести и сточных вод. Иными словами, с внедрением в хозяйственное производство химических удобрений человек начал насыщать почву рядом поллютантов, включая ТМ.

Внесение в почву отходов извести и отходов производства фосфорных и калийных удобрений также способствует поступлению в почву значительного количества ряда ТМ. Например, в вегетационном опыте с добавлением фосфогипса в почву возросло валовое количество ванадия, железа, стронция и других металлов. Естественно, что с включением в сложную смесь отходов производства фосфора, калия и извести повышается содержание подвижных форм тяжелых металлов, особенно меди, кобальта и свинца. Минеральные отходы в составе сложного компоста попадают под воздействие комплекса экологических факторов (перепады температуры и влажности, активность микроорганизмов и т.д.), что заметно изменяет их взаимоотношение с почвой, живыми организмами и физической средой [39, 41].

Изучение различных трофических групп микроорганизмов в почве показало, что добавление минеральных отходов, например фосфогипса, ослабляло активность нитрифицирующих, аммонифицирующих и аминоклаотрофных групп и заметно усиливало активность микромицетов. Снижение численности нитрифицирующих и аминоклаотрофных групп микро-

организмов с добавлением в сложный компост минеральных отходов происходит в результате замедления процессов нитрификации и более эффективного использования микроорганизмами и растениями аммонийных форм азота и снижения активности их денитрифицирующей группы (табл. 5).

Влияние минеральных отходов на активность денитрификаторов с добавлением их в сложный компост заметно проявилось в полевом опыте в ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района в 2011–2012 гг. В полевых опытах учитывалась интенсивность денитрификации азота [42].

Таблица 5. Активность денитрификации азота в полевом опыте, 2011–2012 гг.

Вариант	Уровень разбавления	
	2011	2012
Многолетняя залежь	$10^{-2}$	$10^{-2}$
Обычная технология	$10^{-6}$	$10^{-5}$
Сложный компост	$10^{-4}$	$10^{-3}$

Внесение сложного компоста в верхний слой почвы заметно сдерживает развитие процесса денитрификации азота и по сравнению с обычной технологией сокращает его потери в 1,4 раза. Такие данные являются важными с практической точки зрения: если удаётся снизить потери азота всего на 10 %, то легко рассчитать и экологический, и экономический эффект применения такого мероприятия [39, 41].

Учитывая большие различия химического состава отдельных отходов, особенно минерального производства, по содержанию в них фосфора, кальция, серы и ряда важных микроэлементов, нетрудно убедиться о возможности варьирования реакции их среды (рН). В частности, при смешивании свиного навоза и отходов минерального производства (например, фосфогипса) в летний период заметно изменяется уровень рН. Свиной навоз поддерживает уровень рН до 9, а минеральные соединения (например, фосфогипса), как правило, снижают рН до 4 и ниже. При определенном соотношении свиного навоза, куриного помета и других форм органических отходов с высоким уровнем рН и отходов минеральных соединений

pH снижается в сложном компосте до нейтрального уровня. На первых стадиях формирования сложного компоста кислая реакция фосфогипса за счет значительного количества таких окислителей, как фосфор, фтор и сульфаты, хотя и в небольших количествах, вызывает мацерацию верхних тканей яиц различных паразитов и их гибель за весьма короткий срок [35, 40].

Естественно, взаимодействия химической основы сложного компоста и жизненности паразитов при переработке свиного навоза нуждается в дальнейшем исследовании. В опытах 2011–2012 гг. были получены данные, подтверждающие ускорение в системе сложного компоста переработки свиного навоза, полуперепревшего навоза КРС и птичьего помета. Установлено оптимальное соотношение между навозом и фосфогипсом для чернозема обыкновенного [41].

*2. Сложный компост и его влияние на развитие озимой пшеницы.* Внесение сложного компоста усиливает биологическую активность верхнего слоя почвы, повышая численность микроорганизмов, использующих органические формы азота, до 10 % и до 12 % – ассимилирующих минеральный азот. Внесение сложного компоста повышает численность популяций актиномицетов до 10–11, а целлюлозоразрушающих (в основном род *Pseudomonas*) – до 15,1 % при повышении численности азотобактера до 9,3 %. Сложный компост усиливает ферментацию верхнего слоя почвы и способствует активному разложению свежего растительного вещества. Такой подход можно проследить на примере разложения послеуборочных остатков кукурузы, что, очевидно, вызвано увеличением численности микроскопических грибов и повышением концентрации  $P_2O_5$  в поверхностном слое почвы [42].

Сложный компост в верхнем слое почвы активизирует её возможности поглощать растворенные вещества, газы, жидкости, удерживает в дождевой воде твердые вещества, улучшая её общую активность через усиле-

ние биологической поглотительной способности почвенной микрофлоры (азотфиксирующие организмы, актиномицеты, микроскопические грибы) и высших растений, усваивающих из почвенного раствора минеральные вещества и включая их в органические соединения. Фтор и ТМ вступают в реакцию с кальцием и формируют труднорастворимые соединения с переводом их в твердую фазу почвы, что усиливает её химическую поглотительную способность. Сложный компост богат коллоидами и усиливает в почве физико-химическую поглотительную способность, обогащая её коллоидными системами  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$  и других элементов. Усиливается физическая поглотительная способность почвы, поскольку многие системы сложного компоста при увлажнении адсорбируют на своей поверхности мелкодисперсные частицы почвы (в основном органические). Это сказывается на изменении концентрации почвенного раствора и его химического состава, повышается поглощение почвой газообразных соединений ( $CO_2$  и др.), повышается пористость почвы, способствующие задерживанию механических частиц, находящихся во взвешенном состоянии в стоках дождевых вод, а также в воздухе [43].

С внесением сложного компоста в урожай зерна озимой пшеницы накапливается больше белков (на 15–20 %), углеводов (до 25 %), протеина А (до 12 %), витаминов группы В (до 17 %), полезных аминокислот (до 20 %), растворимых полисахаридов (до 16 %), улучшающих работу кишечника; биотина (витамин Н), улучшающего иммунную систему организма; клетчатки, содержащей растворимое волокно (бетаглюкан) и снижающей в крови концентрацию холестерина, а в золе – марганца (до 18 %), кальция (до 20), серы (до 30), железа (до 20), фтора (до 12), калия (до 12), цинка (до 12) и йода (до 16 %).

Для установления влияния некоторых отходов на прорастание семян озимой пшеницы были проведены лабораторные опыты: семена замачивали 4–5 мин в дистиллированной воде, затем их обваливали в размельчен-

ной почве, перегное, фосфогипсе и в их смесях и помещали в чашки Петри на смоченную обычной водой фильтровальную бумагу. Всходы появлялись на 3-4-й день. Через 2 недели после всходов оценивали состояние проростков и определили общую массу образовавшихся их основных частей [43].

Опыты показали, что в варианте с фосфогипсом у проростков пшеницы сформировалась наибольшая масса корней, доля которых составила 52 %, превосходя по этому показателю водный вариант, почву, смесь и даже перегной. Отношение массы проростка к массе корня составило 2:3. Вместе с тем масса листовых образований в варианте с фосфогипсом была наименьшей (34 %), тогда как в водном варианте составила 53 %, в почве – 47 %, а в смеси – 46 %. Обращает на себя внимание тот факт, что семена в варианте с фосфогипсом после прорастания сохраняют определенный запас энергии (оценка дается по средней массе сухого вещества семени), за счет которой идет развитие корней и листьев. Общая масса проростков с еще оставшейся здоровой частью семени в варианте с фосфогипсом была максимальной (табл. 6).

На начальном этапе развития проростков пшеницы (прорастание, образование первых 2–3 листьев, а также корней с использованием в основном энергии семян) наиболее рационально расходуются запасные вещества семян в варианте с фосфогипсом (на 41,8 % экономнее по сравнению с водой, на 26,2 % эффективнее по сравнению с перегноем). Кроме того, масса оставшейся части семени пшеницы в варианте с фосфогипсом была на уровне почвенного варианта и заметно выше варианта с перегноем. Полученные различия по характеру использования запаса питательных веществ в семенах пшеницы при их обваливании перед посевом в разных дисперсионных средах указывают на возможность разработки способов ускорения прорастания и интенсификации развития посевов этой культуры на самом начальном этапе формирования урожая [44].

Таблица 6. Влияние некоторых субстратов на формирование проростков озимой пшеницы

Вариант	Масса проростка		Семя		Росток		Корень	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Почва	163±7,9	115,6	28±1,2	18	77±3,5	47	58±2,3	35
Перегной	171±8,4	121,2	20±0,9	12	76±3,7	44	75±3,1	44
Фосфогипс	200±9,7	141,8	28±1,3	14	68±3,5	34	104±5,1	52
Смесь	160±7,8	113,5	26±1,2	16	74±3,8	46	60±3,0	38
Вода	141±6,3	100	26±1,1	19	75±3,2	53	40±1,9	28

Установлено, что смесь различных отходов, включая и фосфогипс, удлиняет период развития растений на начальном этапе (особенно до фазы кущения) за счет усиления роста подземных структур, а в вегетативный период – за счет усиления кущения и формирования большего числа придаточных побегов, что в последующем сказывается на увеличении продолжительности генеративной фазы. Такая особенность развития растений озимой пшеницы в ответ на внесение сложного компоста удлинит процесс их вегетации до двух недель и больше. Было установлено, что завершение созревания семян озимой пшеницы при внесении сложного компоста наступает значительно позже, чем в варианте с внесением азотно-фосфорных удобрений [45].

Корни растений озимой пшеницы в начале её кущения в опытном варианте были в среднем на 5–7 см длиннее, чем на контроле. Кроме того, число придаточных побегов на одно растение в варианте со сложным компостом увеличилось в среднем до 3–4. В опытном варианте у 71 % проростков в зоне колеоптильной почки образовалось по 3 придаточных корня; отмечено также развитие и переход в рост почки колеоптиля (у 9 %) и образование ею бокового побега. В конце 3-й недели после всходов растения пшеницы перешли к кущению и по длине прикорневых листьев вышли на уровень контрольного варианта. Отмечены некоторые особенности

внешнего вида растений: в опытном варианте растения пшеницы отличались более темной окраской и сравнительно ранним переходом к активному кущению и к концу осеннего периода вегетации до наступления минусовых температур сформировали на 1–2 побега больше, чем на контроле [44].

В зимний период растения озимой пшеницы в обоих вариантах хорошо перезимовали, выпадов не отмечено; с наступлением положительных температур весной в опытном варианте растения пшеницы продолжали куститься и дополнительно образовали в среднем еще по 1–2 побега. На контроле также отмечено образование отдельных дополнительных побегов, но не у всех растений, и не более одного побега на особь. Весной с началом активной вегетации междурядья озимой пшеницы быстрее сомкнулись в опытном варианте, что весьма благоприятно отразилось на состоянии посева в последующий период: почва под опытным посевом накопила на 15 % больше влаги, уровень которой на протяжении всей вегетации на 4–5% был выше, чем на контроле [40].

Внесение сложного компоста положительно сказалось и на относительно редкой встречаемости сорных растений, которые наблюдались в основном в тех местах, где были допущены просевы. В контрольном варианте отмечено от 61 до 83 экз/га сорных растений, а в опытном их число не превышало 23. Снижение засоренности посевов в опытном варианте мы связываем с более высокой степенью кущения пшеницы, которая в среднем была на  $21 \pm 1,02$  % выше, чем на контроле.

В полевых условиях при заделке семян на глубину 4–6 см проростки образуют колеоптильное междоузлие длиной до 3 см, в узловой части которого у некоторых особей формируются корни, а также придаточный побег. Зона побегообразования у растений пшеницы характеризуется формированием мощного узла придаточных корней, при этом значительно большее число придаточных побегов отмечается в варианте с внесением

сложного компоста в разреженных посевах (на одну особь их число доходит до 12 шт. при высоте побегов 22–25 см). Придаточные корни у отдельных особей озимой пшеницы проникают на глубину до 34 см, из которых 2–3 корня образуются в колеоптильном узле и до 20 корней – в зоне кущения. В варианте с минеральными удобрениями (NP) корневая система растений озимой пшеницы в фазе кущения менее развита и размещается в основном в поверхностном слое почвы на глубине 15–20 см; в зоне кущения формируется до двух, реже – четырех побегов и до семи придаточных корней [32]. Влияние сложного компоста заметно сказалось также на характере формирования побегов и их генеративных структур (табл. 7).

В варианте со сложным компостом количество побегов в расчете на единицу площади значительно превысило вариант с NP (рисунок) и составило соответственно 585 и 396 шт. на 1 м<sup>2</sup>. Сравнение состояния побегов озимой пшеницы в фазе молочно-восковой спелости по вариантам опыта показывает, что при внесении сложного компоста растения сохраняют у значительной части побегов больше зеленых листьев, чем в варианте с NP; окраска листьев в варианте со сложным компостом более темная, и желтеть начинают только верхушки средних и верхних листьев, а в варианте с NP все верхние листья к этому времени уже имеют желтую окраску [23].

Таблица 7. Влияние сложного компоста на развитие растений озимой пшеницы

	Среднее	Стандартная ошибка	Коэффициент вариации, %	Максимум	Минимум
Вариант со сложным компостом					
Количество побегов/м <sup>2</sup>	585	27,14	31,74	647	495
Масса побегов, г СВ	0,98	0,06	25,17	1,2	0,74
Масса корней побега, г СВ	0,21	0,01	29,99	0,26	0,18
Колосков в колосе, шт.	17,1	0,36	11,15	20,0	15,2
Масса колоса, г СВ	1,36	0,11	23,17	1,59	1,22
Число колосьев/м <sup>2</sup>	529	27,13	32,14	554	509
Вариант с NP					
Количество побегов/м <sup>2</sup>	396	24,72	35,46	475	342
Масса побега, г СВ	1,2	0,14	28,15	1,4	0,9
Масса корней побега, г СВ	0,14	0,01	23,25	0,16	0,11
Колосков в колосе, шт.	18,9	0,39	14,17	22,0	15,80
Масса колоса, г СВ	1,73	0,12	22,74	1,98	1,57



Число колосьев/м <sup>2</sup>	389	14,75	27,14	421	368
-------------------------------	-----	-------	-------	-----	-----

Сложный компост оказывает определенное влияние на накопление во всех структурах общего азота, фосфора, серы, кальция, а также повышает влажность почвы, способствует нейтрализации её рН (табл. 8). Повышение содержания в почве фосфора, серы и кальция обусловлено поступлением этих элементов с фосфогипсом, а увеличение азота связано со снижением трансформации органических веществ, что определяется заметным усилением процессов их агрегирования. Уровень гумуса в почве практически не изменился, а его минерализация существенно снизилась ввиду коагуляции минеральных коллоидов сложного компоста и органических коллоидов почвы [27].

Таблица 8. Влияние сложного компоста на содержание основных соединений в почве

под озимой пшеницей

Варианты опыта	Гумус, %	рН	N общ., %	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг г	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , мг/кг	CaO, %	SiO <sub>2</sub> , %	Mg, %
Контроль	3,30	7,35	0,22	39,4 0	78,5	71,4	0,087	0,19	0,14
Сложный кеом- пост	3,40	6,80	0,35	61,1 5	112,4	125,2	0,138	0,28	0,27



Рисунок. Развитие растений пшеницы с 1 м<sup>2</sup> в фазе молочновосковой спелости

Внесение сложного компоста перед посевом озимой пшеницы на фоне значительной нормы (около 50 т/га) полуперепревшего навоза КРС и фосфогипса влияет на содержание в почве многих минеральных элементов, особенно кальция и серы. Значительное повышение в сложном компосте подвижного кальция оказало большое влияние на перевод в нерастворимое состояние фтора и стронция и весьма заметно снизило концентрации их подвижных соединений [29].

Поскольку сложный компост оказывает значительное влияние на трансформацию органического вещества и процессы нитрификации в почве, то это сказывается также на состоянии в ней сообществ живых организмов – прежде всего мезофауны в корнеобитаемом слое посевов озимой пшеницы (табл. 9). В сравниваемых вариантах было выделено 3 класса почвенных беспозвоночных: *Insecta*, *Myriapoda*, *Olygochaeta*. Доминирующая группа представлена классом *Olygochaeta*, численность таксонов которого составила свыше 500 экз./м<sup>2</sup>. В варианте без сложного компоста выделены популяции цикадок и многоножек, которые не были обнаружены в вариан-

те со сложным компостом. Увеличение численности дождевых червей в опытном варианте указывает на более благоприятные условия увлажнения, а также на значительные выделения органических веществ корневыми системами растений озимой пшеницы и замедление процессов их минерализации. В целом в варианте со сложным компостом фаунистическое сообщество под пшеницей по численности превышает в 3,0–3,5 раза вариант с НР, чему в значительной степени способствует также лучшее увлажнение почвы в опыте [31, 32].

Таблица 9. Таксономический состав и плотность почвенной мезофауны (экз./м<sup>2</sup>) в посевах озимой пшеницы

№ п/п	Состав почвенной фауны	Вариант опыта	
		Сложный компост	НР
1	Кл. Insecta – Насекомые, отр. Diptera – Двукрылые Личиночная стадия	12,5	12,5
2	Кл. Olygochaeta, сем. Lumbricidae	537,5	112,5
3	Кл. Insecta – Насекомые, отр. Raphidiodea – Верблюдки, сем. Raphidiidae – Настоящие верблюдки	12,5	-
4	Кл. Insecta – Насекомые, отр. Homoptera – Равнокрылые, сем. Tettigometridae – Цикадочки	-	12,5
5	Кл. Myriapoda, отр. Geophilomorpha – Многоножки	-	12,5
ИТОГО:		562,5	150,0

Сравнение концентрации отдельных веществ в различных частях урожая показало, что сложный компост заметно повлиял на содержание в зерне азота, фосфора, серы, кальция и ряда других элементов. На контроле показатели загрязнения зерна фторидами находятся на уровне опытного варианта (табл. 10). Сложный компост способствует обогащению зерна фосфором, что, естественно, улучшает качество продукции.

Внесение сложного компоста определенным образом сказалось на массе 1000 семян озимой пшеницы, на продуктивности и урожайности зерна (табл. 11).

Таблица 10. Содержание основных химических элементов в урожае озимой пшеницы, %

Часть растения	Азот	Фосфор	Сера	Кальций
Сложный компост				
Зерно	2,38	0,54	0,18	0,75
Надземная масса (без зерна)	0,34	0,12	0,08	0,18
Корень	0,81	0,29	0,15	0,95
NP				
Зерно	1,88	0,32	0,09	0,65
Надземная масса (без зерна)	0,30	0,07	0,05	0,15
Корень	0,37	0,11	0,04	0,65

Таблица 11. Урожайность озимой пшеницы на фоне сложного компоста и минеральных удобрений

Показатель	Среднее	Стандартная ошибка	Коэффициент вариации, %	Максимум	Минимум
Сложный компост					
Масса 1000 семян, г	40,4	0,17	21,84	41,8	39,6
Продуктивность, г/м <sup>2</sup>	628,0	21,14	28,19	651	608
Урожайность, ц/га	62,8	3,47	25,83	65,1	60,8
NP					
Масса 1000 семян, г	40,0	0,16	20,9	42,6	39,9
Продуктивность, г/м <sup>2</sup>	589,9	20,74	31,08	612,4	563,5
Урожайность, ц/га	59,0	2,95	20,94	61,24	56,35

Полученные данные указывают на сходство по вариантам опыта такого показателя, как масса 1000 семян, но отмечены весьма заметные различия по их продуктивности: в варианте со сложным компостом было получено семян 628 г/м<sup>2</sup>, а в варианте с NP этот показатель был ниже и составил лишь 590 г, что естественно сказалось и на общем выходе продукции. В варианте со сложным компостом урожайность зерна превышала контроль на 3,8 ц/га, что определило весьма заметную прибавку в урожае зер-

на по сравнению с контролем [32]. Сложный компост оказал значительное влияние на качество зерна озимой пшеницы (табл. 12).

Таблица 12. Влияние сложного компоста на качество урожая зерна озимой пшеницы

Вариант	Влажность, %	Протеин, %	Клейковина, %	Стекловидность, %	ИДК, ед
Сложный компост	14,0	12,8	19,7	43,4	63
NP	13,8	11,5	16,7	40,3	62

В варианте со сложным компостом влажность зерна в период уборки была несколько выше (в среднем на 0,2 % по сравнению с вариантом NP). Внесение сложного компоста способствовало значительному повышению в зерне протеина (на 1,3 %) и клейковины (на 3,0 %). Несколько выше в варианте со сложным компостом была стекловидность зерна и его ИДК. Внесение сложного компоста оказало большое влияние также на биохимический состав зерна (табл. 13).

Таблица 13. Влияние сложного компоста на качество зерна озимой пшеницы

Показатель	Варианты опытов	
	Сложный компост	NP
Углеводы, г/100 г	20,4	19,6
Растворимые полисахариды, г/100 г	6,7	3,9
Незаменимые аминокислоты, г/100 г	9,8	4,9
Провитамин А, мг/100 г	0,9	-
Витамины группы В, мг/100 г	0,8	-
Биотин (витамин Н), мг/100 г	0,5	0,1
Бетаглюкан (клетчатка с растворимым волокном), мг/100 г	3,4	1,6

Влияние сложного компоста на развитие озимой пшеницы и её урожайность объясняется улучшением целого ряда почвенных характеристик, включая содержание гумуса, фосфора, калия, кальция и серы. Количество тяжелых металлов в сложном компосте не оказало негативного влияния на урожайность озимой пшеницы и её качество. Более того, питательная ценность зерна пшеницы с внесением сложного компоста существенно повы-

силась, особенно это касается увеличения концентрации витаминов, незаменимых кислот и полисахаридов [27].

Для выявления взаимосвязи между урожайностью зерна и важнейшими характеристиками почвенных условий проводился множественный корреляционно-регрессионный анализ, по результатам которого выявлено, что наиболее тесная взаимосвязь продуктивности отмечена для гумуса, фосфора, кобальта, аммония и калием при коэффициенте корреляции ( $r = 0,809$ ). Результаты регрессионного анализа зависимости урожая озимой пшеницы от агрохимического состава почвы (табл. 14) показывают, что в варианте со сложным компостом наиболее существенный вклад в изменчивость продуктивности культуры вносит гумус и концентрация  $P_2O_5$  ( $X_3$ ), доля влияния которого составляет 27 %, что вполне объяснимо, поскольку содержание этого элемента в сложном компосте весьма значительно. Вторым по значимости фактором, влияющим на урожайность зерна озимой пшеницы в данных условиях, является калий. Наименее значимым оказалось влияние тяжелых металлов [43].

На основе уравнения регрессии между урожаем озимой пшеницы ( $Y$ ) и гумусом ( $X_1$ ),  $S$  ( $X_2$ ),  $P_2O_5$  ( $X_3$ ),  $Co$  ( $X_4$ ),  $Zn$  ( $X_5$ ),  $Mn$  ( $X_6$ ),  $Cu$  ( $X_7$ ),  $K_2O$  ( $X_8$ ),  $NH_4^{-1}$  ( $X_9$ ),  $NO_3^{-1}$  ( $X_{10}$ ),  $Mo$  ( $X_{11}$ ),  $Pb$  ( $X_{12}$ ) определен коэффициент множественной корреляции. Весьма высоким оказался коэффициент корреляции между урожаем зерна озимой пшеницы и основными агрохимическими показателями, характеризующими особенности развития этой культуры в варианте со сложным компостом (табл. 14).

В результате регрессионного анализа получено уравнение регрессии, отражающее тесную взаимосвязь между уровнем урожая и такими характеристиками, как концентрация фосфора и калия. Результаты анализа показывают также заметную зависимость урожая зерна озимой пшеницы от ряда других показателей, среди которых заметное место занимают азотные соединения.

Таблица 14. Зависимость урожая озимой пшеницы от агрохимических свойств почвы

Показатель	Уравнение регрессии ( $Y=X_1\pm X_2\pm X_3\pm X_4\pm X_5\pm X_6\pm X_7\pm X_8\pm X_9\pm X_{10}\pm X_{11}\pm X_{12}$ )	Множеств. коэф. корреляции	Доля влияния ( $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{12}$ )
Урожай со сложным компостом	$Y = 4,12736X_1 - 1,1534X_2 + 4,56896X_3 - 1,0506X_4 - 1,60736X_5 + 1,5694X_6 - 0,0740X_7 - 5,03780X_8 + 0,0955X_9 - 6,0314 X_{10} + 0,0071X_{11} - 0,0063X_{12}$	0,942	8,73; 4,22; 27,01; 3,13; 4,00; 2,73; 8,37; 15,49; 7,47; 7,53; 0,136; 0,072
Урожай с NP	$Y = 6,0052X_1 + 0,071X_2 + 8,6723X_3 + 0,9372X_4 - 0,0934X_5 + 1,0073X_6 - 0,0959X_7 - 3,6374X_8 + 0,0045X_9 + 2,3845 X_{10} + 0,0045X_{11} - 0,0943X_{12}$	0,895	17,42; 5,35; 29,42; 2,17; 2,32; 1,47; 4,33; 6,24; 4,32; 5,49; 0,097; 0,089.

Рассматриваемые нами сложные компосты оказывают влияние на различные аспекты информационного обеспечения агроландшафтов. Отходы в целом являются гетерогенными образованиями двумя и большим числом фаз с развитой поверхностью. Для минеральных отходов свойственна большая гетерогенность гранулометрического состава, химическая и физическая стабильность и длительное сохранение физико-химических свойств вследствие слабой их растворимости, что является итогом длительного геологического периода формирования минералов. Сложный компост формируется за счет комплексирования образования совместных соединений минеральных и органических коллоидов, создания новых круговоротов биогенов, усиления ферментативной активности органического вещества, дыхания живых организмов, возникновения газообразных соединений, особенно азотных, и расширения экологических ниш. Численность живых организмов оценивается по уровню трансформации органического вещества и активности системы живых организмов [43, 46].

Сложный компост – новое направление в практической экологии и земледелии, основанное на создании комплексных смесей различных отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства, а также природных материалов для обогащения почв, воды и воздуха органическими и минеральными дисперсными и коллоидными системами с це-

люю совершенствования их физико-химических и биолого-экологических функций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алифиров М.Д. Влияние посевов и органических удобрений на трансформацию азота в черноземе выщелоченном / М.Д. Алифиров, И. С. Белюченко, Г.В. Волошина и др. // Тр. КубГАУ. – № 5(9). – 2007. – С. 79–85.
2. Безуглова О.С. Гумусное состояние почв юга России / О.С. Безуглова // Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦВШ, 2001. – 228 с.
3. Белюченко И.С. Рекреационная трансформация лавровишневых сообществ на Кавказе / И.С. Белюченко, Ю.Г. Щербина, В.Г. Щербина // Экологические проблемы Кубани. – 1999. – № 4. – С. 22.
4. Белюченко И.С. Физико-географическая характеристика Ленинградского района / И.С. Белюченко, Е.А. Перебора, В.Н. Гукалов // Экологические проблемы Кубани. – 2002. – № 16. – С. 186.
5. Белюченко И. С. Оценка состояния речных систем степной зоны края и предложения по улучшению их экологической ситуации / И. С. Белюченко, Н. Н. Мамась // Экологические проблемы Кубани. – 2005. – № 30. – С. 198–206.
6. Белюченко И. С. Региональный мониторинг – научная основа сохранения природы / И. С. Белюченко // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2006. – Т. 2. – № 1. – С. 25–40.
7. Белюченко И. С. Влияние фосфогипса на развитие и продуктивность растений подсолнечника / И. С. Белюченко, В. В. Гукалов, О. А. Мельник и др. // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 4. – С. 115–117.
8. Белюченко И.С. Экологическое состояние бассейнов степных рек Кубани и перспективы их развития / И.С. Белюченко // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 2. – С. 5–16.
9. Белюченко И. С. Влияние внесения органоминерального компоста на плотность сложения и порозность чернозема обыкновенного / И.С. Белюченко, Д.А. Славгородская, В. В. Гукалов // Тр. КубГАУ. – Краснодар, 2011. – № 32. – С. 69–71.
10. Белюченко И. С. Влияние органоминерального компоста на плотность сложения и порозность чернозема обыкновенного / И. С. Белюченко, Д.А. Славгородская, В.В. Гукалов // Тр. КубГАУ. – Краснодар, 2012. – № 34. – С. 88–91.
11. Белюченко И.С. Интродукция растений как метод расширения видового состава культурных фитоценозов в южных районах СНГ / И.С. Белюченко, Б.А. Мустафаев // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 73–89.
12. Белюченко И. С. Дисперсность отходов и их свойства [Электронный ресурс] / И. С. Белюченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 92. – С. 221–230.
13. Белюченко И. С. Агрегатный состав сложных компостов [Электронный ресурс] / И. С. Белюченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 93. – С. 812–830.
14. Белюченко И. С. Вопросы защиты почв в системе агроландшафта [Электронный ресурс] / И. С. Белюченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 95. – С. 232–241.
15. Белюченко И. С. Влияние сложного компоста на физические свойства почвенного покрова [Электронный ресурс] / И. С. Белюченко // Политематический сетевой элек-



тронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 95. – С. 275–294.

16. Белюченко И. С. Сложный компост как важный источник обогащения почвенного покрова питательными веществами [Электронный ресурс] / И. С. Белюченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 97. – С. 203–223.

17. Белюченко И.С. Органические и минеральные отходы производства как сырьевая основа сложных компостов / И.С. Белюченко // Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агроэкосистемах: Междунар. науч.-практ. конф. – Нижний Новгород. – 2014. – С. 41-47.

18. Белюченко И.С. Отходы быта и производства как сырье для подготовки сложных компостов / И.С. Белюченко. – Краснодар, 2015. – 419 с.

19. Белюченко И.С. Почвы края и особенности их загрязнения наука и образование/ И. С. Белюченко // Проблемы и тенденции развития: Матер. III Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа, 201. – С. 42-49.

20. Белюченко И. С. Органические и минеральные отходы как основа сложных компостов / И.С. Белюченко // Эколог. Вестник Сев. Кавказа. – 2015. – Т. 11. – № 4. – С. 54-62.

21. Белюченко И. С. Образование отходов и перспективы их использования в севообороте (IV Международная научная экологическая конференция) / И.С. Белюченко // Эколог. Вестник Сев. Кавказа. – 2015. – Т. 11. – № 4. – С. 80-96.

22. Белюченко И. С., Антоненко Д. А. Влияние сложного компоста на агрегатный состав и водно-воздушные свойства чернозема обыкновенного // Почвоведение. – 2015. – № 7. – С. 858–864.

23. Белюченко И. С. Сохранение плодородия чернозема обыкновенного при использовании сложного компоста /И. С. Белюченко, Д.А. Антоненко, О.А. Мельник // Роль почв в биосфере и жизни человека: Межд. науч. конф.: К 100-летию со дня рождения академика Г. В. Добровольского, к Международному году почв. Матер. докл. – М.: МАКС Пресс, 2015. – С. 15–17.

24. Белюченко И. С. Загрязнение черноземов Кубани и возможности его ограничения в современном агропроизводстве / И. С. Белюченко // Роль почв в биосфере и жизни человека: Межд. науч. конф.: К 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского, к Международному году почв. Матер. докл. – М.: МАКС Пресс, 2015. – С. 26–28.

25. Белюченко И.С. Сложный компост и его влияние на агрохимические свойства чернозема обыкновенного / И.С. Белюченко //Сельскохозяйственные науки: вопросы и тенденции развития: Сб. научн. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск 2015. – С. 12-14.

26. Белюченко И. С. Применение сложных компостов для повышения плодородия почв/ И.С. Белюченко // Эколог. Вестник Сев. Кавказа. – 2016. – Т. 12. – № 1. – С. 55-69.

27. Белюченко И. С. Совмещенные посевы в севообороте агроландшафта : монография / И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 262 с.

28. Белюченко И. С. Физические свойства почв аграрных ландшафтов и особенности их улучшения / И. С. Белюченко // Наука и общество в условиях глобализации. – 2016. – № 1 (3). – С. 41–50.

29. Белюченко И. С. Сложный компост и его комплексное влияние на верхний слой чернозема обыкновенного / И. С. Белюченко // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. – 2016. – № 5–2 (81). – С. 3–12.

30. Белюченко И.С. Особенности формирования сложных компостов / И. С. Белюченко // Инновационная наука в глобализующемся мире. – 2016. – № 1 (3). – С. 49–

53.

31. Белюченко И.С. Углеродно-азотное соотношение в сложном компосте и в верхнем слое агроландшафта / И. С. Белюченко // Инновационная наука в глобализующемся мире. – 2016. – № 1 (3). – С. 53–59.

32. Глазунова Н. Н. Гомеостатическая устойчивость агроценоза озимой пшеницы к комплексу факторов / Н. Н. Глазунова, И. С. Белюченко // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве: Матер. научно–практической конференции / СтГАУ. – Ставрополь, 2004. – С. 47–54.

33. Муравьев Е. И. Закономерности латерального и вертикального распределения тяжелых металлов в почвах агроландшафта (на примере изучения агроландшафта ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района Краснодарского края) / Е. И. Муравьев, Л. Б. Попок, Е. В. Попок, В. Н. Гукалов, И. С. Белюченко // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 1. – С. 5–25.

34. Муравьев Е.И. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве / Е.И. Муравьев, И. С. Белюченко, Е.П. Добрыдннев // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 1. – С. 31–41.

35. Попова Т.В. Особенности распределения тяжёлых металлов в корнеобитаемом слое чернозёма обыкновенного в разных местообитаниях / Т.В. Попова, В.Н. Гукалов, И. С. Белюченко // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 1. – С. 24–26.

36. Belyuchenko I.S. As to the evolutionary relationships of different level systems in the biosphere/ I.S. Belyuchenko // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2005. – Т. 1. – № 2. – С. 17–50.

37. Belyuchenko I.S. Evolutionary and ecological approaches to the plants introduction in practice /I.S. Belyuchenko // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2005. – Т. 1. – № 2. – С. 104-111.

38. Belyuchenko I.S. Wastes of different production and their properties'in // Ciencia e Tecnica Vitivinicola. Printed in Portugal. – 2014. – Vol. 29. – № 9, – P. 37–50.

39. Belyuchenko I.S., Gorchakova A. Yu. Ecological aspects of practical plant introduction in the botanical garden of Kuban Agrarian University (Russia) // Bothalia journal. Pretoria, South Africa, 2014. – Vol. 44. – № 10. – P. 15–25.

40. Belyuchenko I.S. Complex compost and its impact on agrochemical properties of typical chernozem in Krasnodar territory // Bothalia Journal. Pretoria, South Africa. – 2014. – Vol. 44. – № 12. – P. 14–19.

41. Belyuchenko I. S. Colloidality of household and industrial waste and their role in the formation of complex compost / I. S. Belyuchenko, A. Yu. Gorchakova, D. A.Slavgorodskaya // Ciencia e Tecnica Vitivinicola. Printed in Portugal. – 2014. – Vol. 29. – № 12. – P. 110–121.

42. Belyuchenko I.S. Complex compost and soil protection from heavy metals in the agrolandscape system // Bothalia journal. 2014. – Vol. 44. – № 12. – P. 69–79.

43. Belyuchenko I. S. Living organisms in household and production wastes as functional basis of compound compost formation / I. S. Belyuchenko // Ecology, Environment and Conservation Paper. – Suppl. Issue; 2015. – Vol. 21. – P 47-56.

44. Belyuchenko I. S. Cultivated Lands of Kuban and Features of Their Development / I. S. Belyuchenko // International journal of environmental & science education. – 2016. – V. 11. – № 13. – P. 6255-6276.

45. Belyuchenko I. S. The Role of Complex Compost in Remediation of Soils in Cultivated Lands / I. S. Belyuchenko // International Journal of Applied Environmental Sciences. – 2016. – V. 11. – № 4. – p. 1007-1023.

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

## REFERENCES

1. Alifirov M.D. Vlijanie posevov i organicheskikh udobrenij na trans-formaciju azota v chernozeme vyshhelochennom / M.D. Alifirov, I. S. Beljuchenko, G.V. Voloshina i dr. // Tr. KubGAU. – № 5(9). – 2007. – S. 79–85.
2. Bezuglova O.S. Gumusnoe sostojanie pochv juga Rossii / O.S. Bezuglova // Rostov-na-Donu: Izd-vo SKNCVSh, 2001. – 228 s.
3. Beljuchenko I.S. Rekreativnaja transformacija lavrovishnevyyh soob-shhestv na Kavkaze / I.S. Beljuchenko, Ju.G. Shherbina, V.G. Shherbina // Jekologicheskie problemy Kubani. – 1999. – № 4. – S. 22.
4. Beljuchenko I.S. Fiziko-geograficheskaja karakteristika Leningradskogo rajona / I.S. Beljuchenko, E.A. Perebora, V.N.Gukalov // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2002. – № 16. – S. 186.
5. Beljuchenko I. S. Ocenka sostojanija rechnyyh sistem stepnoj zony kraja i predlozhenija po uluchsheniju ih jekologicheskoj situacii / I. S. Beljuchenko, N. N. Mamas' // Jekologicheskie problemy Kubani. – 2005. – № 30. – S. 198–206.
6. Beljuchenko I. S. Regional'nyj monitoring – nauchnaja osnova sohraneniya prirody / I. S. Beljuchenko // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2006. – T. 2. – № 1. – S. 25–40.
7. Beljuchenko I. S. Vlijanie fosfogipsa na razvitie i produktivnost' rastenij pod-solnechnika / I. S. Beljuchenko, V. V. Gukalov, O. A. Mel'nik i dr. // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2008. – T. 4. – № 4. – S. 115–117.
8. Beljuchenko I.S. Jekologicheskoe sostojanie bassejnov stepnyh rek Kubani i perspektivy ih razvitija / I.S. Beljuchenko // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2010. – T. 6. – № 2. – S. 5-16.
9. Beljuchenko I. S. Vlijanie vneseniya organomineral'nogo komposta na plotnost' slozhenija i poroznost' chernozema obyknovennogo / I.S. Beljuchenko, D.A. Slavgorodskaja, V. V. Gukalov // Tr. KubGAU. – Krasnodar, 2011. – № 32. – S. 69-71.
10. Beljuchenko I. S. Vlijanie organomineral'nogo komposta na plotnost' slozhenija i poroznost' chernozema obyknovennogo / I. S. Beljuchenko, D.A. Slavgorodskaja, V.V. Gukalov // Tr. KubGAU. – Krasnodar, 2012. – № 34. – S. 88–91.
11. Beljuchenko I.S. Introdukcija rastenij kak metod rasshirenija vidovogo sostava kul'turnyyh fitocenzov v juzhnyh rajonah SNG / I.S. Beljuchenko, B.A. Mustafaev // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2013. – T. 9. – № 4. – S. 73-89.
12. Beljuchenko I. S. Dispersnost' othodov i ih svojstva [Jelektronnyj resurs] / I. S. Beljuchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 92. – S. 221–230.
13. Beljuchenko I. S. Agregatnyj sostav slozhnyh kompostov [Jelektronnyj resurs] / I. S. Beljuchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 93. – S. 812–830.
14. Beljuchenko I. S. Voprosy zashhity pochv v sisteme agrolandshafta [Jelektronnyj resurs] / I. S. Beljuchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 95. – S. 232–241.
15. Beljuchenko I. S. Vlijanie slozhnogo komposta na fizicheskie svojstva pochvennogo pokrova [Jelektronnyj resurs] / I. S. Beljuchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 95. – S. 275–294.
16. Beljuchenko I. S. Slozhnyj kompost kak vazhnyj istochnik obogashhenija pochvennogo pokrova pitatel'nymi veshhestvami [Jelektronnyj resurs] / I. S. Beljuchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 97. – S. 203–223.

17. Beljuchenko I.S. Organicheskie i mineral'nye othody proizvodstva kak syr'evaja osnova slozhnyh kompostov / I.S. Beljuchenko // Perspektivy i problemy razmeshhenija othodov proizvodstva i potreblenija v agrojekosistemah: Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Nizhnij Novgorod. – 2014. – S. 41-47.
18. Beljuchenko I.S. Othody byta i proizvodstva kak syr'e dlja podgotovki slozhnyh kompostov / I.S. Beljuchenko. – Krasnodar, 2015. – 419 s.
19. Beljuchenko I.S. Pochvy kraja i osobennosti ih zagrzaznenija nauka i obrazovanie/ I. S. Beljuchenko // Problemy i tendencii razvitija: Mater. III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Ufa, 201. – S. 42-49.
20. Beljuchenko I. S. Organicheskie i mineral'nye othody kak osnova slozhnyh kompostov / I.S. Beljuchenko // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2015. – T. 11. – № 4. – S. 54-62.
21. Beljuchenko I. S. Obrazovanie othodov i perspektivy ih ispol'zovanija v sevooborote (IV Mezhdunarodnaja nauchnaja jekologicheskaja konferencija) / I.S. Beljuchenko // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2015. – T. 11. – № 4. – S. 80-96.
22. Beljuchenko I. S., Antonenko D. A. Vlijanie slozhnogo komposta na agregatnyj sostav i vodno-vozdushnye svojstva chernozema obyknovenного // Pochvovedenie. – 2015. – № 7. – S. 858–864.
23. Beljuchenko I. S. Sohranenie plodorodija chernozema obyknovenного pri ispol'zovanii slozhnogo komposta / I. S. Beljuchenko, D.A. Antonenko, O.A. Mel'nik // Rol' pochv v biosfere i zhizni cheloveka: Mezhd. nauch. konf.: K 100-letiju so dnja rozhdenija akademika G. V. Dobrovol'skogo, k Mezhdunarodnomu godu pochv. Mater. dokl. – M.: MAKS Press, 2015. – S. 15–17.
24. Beljuchenko I. S. Zagrzaznenie chernozemov Kubani i vozmozhnosti ego ograničeniija v sovremennom agroproizvodstve / I. S. Beljuchenko // Rol' pochv v biosfere i zhizni cheloveka: Mezhd. nauch. konf.: K 100-letiju so dnja rozhdenija akademika G.V. Dobrovol'skogo, k Mezhdunarodnomu godu pochv. Mater. dokl. – M.: MAKS Press, 2015. – S. 26–28.
25. Beljuchenko I.S. Slozhnyj kompost i ego vlijanie na agrohimičeskie svojstva chernozema obyknovenного / I.S. Beljuchenko // Sel'skohozjajstvennyje nauki: voprosy i tendencii razvitija: Sb. nauchn. tr. po itogam mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Krasnojarsk 2015. – S. 12-14.
26. Beljuchenko I. S. Primenenie slozhnyh kompostov dlja povyšeniija plodorodija pochv/ I.S. Beljuchenko // Jekolog. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2016. – T. 12. – № 1. – S. 55-69.
27. Beljuchenko I. S. Sovmeshhennye posevy v sevooborote agrolandshafta : monografiija / I. S. Beljuchenko. – Krasnodar : KubGAU, 2016. – 262 s.
28. Beljuchenko I. S. Fizicheskie svojstva pochv agrarnyh landshaftov i osobennosti ih uluchšeniija / I. S. Beljuchenko // Nauka i obshhestvo v uslovijah globalizacii. – 2016. – № 1 (3). – S. 41–50.
29. Beljuchenko I. S. Slozhnyj kompost i ego kompleksnoe vlijanie na verhnij sloj chernozema obyknovenного / I. S. Beljuchenko // Novaja nauka: Teoreticheskij i praktičeskij vzgljad. – 2016. – № 5–2 (81). – S. 3–12.
30. Beljuchenko I.S. Osobennosti formirovaniija slozhnyh kompostov / I. S. Beljuchenko // Innovacionnaja nauka v globalizujushhemsja mire. – 2016. – № 1 (3). – S. 49–53.
31. Beljuchenko I.S. Uglernodno-azotnoe sootnoshenie v slozhnom komposte i v verhnem sloe agrolandshafta / I. S. Beljuchenko // Innovacionnaja nauka v globalizujushhemsja mire. – 2016. – № 1 (3). – S. 53–59.
32. Glazunova N. N. Gomeostatičeskaja ustojčivost' agrocenoza ozimoj pšenicy k kompleksu faktorov / N. N. Glazunova, I. S. Beljuchenko // Problemy jekologii i zashhity rasstenij v sel'skom hozjajstve: Mater. nauchno–praktičeskoj konferencii / StGAU. – Stavropol', 2004. – S. 47–54.

33. Murav'ev E. I. Zakonomernosti lateral'nogo i vertikal'nogo raspredelenija tjazhelyh metallov v pochvah agrolandshafta (na primere izuchenija agrolandshafta OAO «Zavety Il'icha» Leningradskogo rajona Krasnodarskogo kraja) / E. I. Murav'ev, L. B. Popok, E. V. Popok, V. N. Gukalov, I. S. Beljuchenko // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2008. – T. 4. – № 1. – S. 5–25.
34. Murav'ev E.I. Perspektivy ispol'zovanija fosfogipsa v sel'skom hozjajstve / E.I. Murav'ev, I. S. Beljuchenko, E.P. Dobrydnev // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2008. – T. 4. – № 1. – S. 31–41.
35. Popova T.V. Osobennosti raspredelenija tjazholyh metallov v korneobitaemom sloe chernozjoma obyknovenno v raznyh mestoobitanijah / T.V. Popova, V.N. Gukalov, I. S. Beljuchenko // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2010. – T. 6. – № 1. – S. 24–26.
36. Belyuchenko I.S. As to the evolutionary relationships of different level systems in the biosphere / I.S. Belyuchenko // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2005. – T. 1. – № 2. – S. 17–50.
37. Belyuchenko I.S. Evolutionary and ecological approaches to the plants introduction in practice / I.S. Belyuchenko // *Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza.* – 2005. – T. 1. – № 2. – S. 104–111.
38. Belyuchenko I.S. Wastes of different production and their properties'in // *Ciencia e Tecnica Vitivinicola. Printed in Portugal.* – 2014. – Vol. 29. – № 9, – R. 37–50.
39. Belyuchenko I.S., Gorchakova A. Yu. Ecological aspects of practical plant introduction in the botanical garden of Kuban Agrarian University (Russia) // *Bothalia journal. Pretoria, South Africa,* 2014. – Vol. 44. – № 10. – R. 15–25.
40. Belyuchenko I.S. Complex compost and its impact on agrochemical properties of typical chernozem in Krasnodar territory // *Bothalia Journal. Pretoria, South Africa.* – 2014. – Vol. 44. – № 12. – R. 14–19.
41. Belyuchenko I. S. Solloidity of household and industrial waste and their role in the formation of complex compost / I. S. Belyuchenko, A. Yu. Gorchakova, D. A. Slavgorodskaya // *Ciencia e Tecnica Vitivinicola. Printed in Portugal.* – 2014. – Vol. 29. – № 12. – R. 110–121.
42. Belyuchenko I.S. Complex compost and soil protection from heavy metals in the agrolandscape system // *Bothalia journal.* 2014. – Vol. 44. – № 12. – R. 69–79.
43. Belyuchenko I. S. Living organisms in household and production wastes as functional basis of compound compost formation / I. S. Belyuchenko // *Ecology, Environment and Conservation Paper.* – Suppl. Issue; 2015. – Vol. 21. – P 47-56.
44. Belyuchenko I. S. Cultivated Lands of Kuban and Features of Their Development / I. S. Belyuchenko // *International journal of environmental & science education.* – 2016. – V. 11. – № 13. – R. 6255-6276.
45. Belyuchenko I. S. The Role of Complex Compost in Remediation of Soils in Cultivated Lands / I. S. Belyuchenko // *International Journal of Applied Environmental Sciences.* – 2016. – V. 11. – № 4. – p. 1007-1023.
46. Kurakov A.V. Microscopic fungi of soil, rhizosphere, and rhizoplane of cotton and tropical cereals introduced in southern Tajikistan / A.V. Kurakov, H.T.H. Than, I.S. Belyuchenko // *Mikrobiologija.* – 1994. – T. 63. – № 6. – S. 1101.