

УДК 631.879.42

UDC 631.879.42

**ТРОФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЛОЖНОГО КОМПОСТА****TROPHIC ASPECTS OF FORMATION OF COMPOUND COMPOST**

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

Создание сложных компостов предусматривает включение до 10 видов и больше отходов органического и минерального происхождения, управление которыми оптимизирует их объединение с целью создания весьма эффективных соединений, заметно изменяющих физические, химические и биологические комплексы через усиление их многолетней активности (до 4–6 лет), начиная от их внесения в верхний слой почвы, с учетом развития микроорганизмов, комбинированного усиления водно-физических, обогащения химических и расширения биологических связей при расширении в целом экологических ниш

Creation of complex compost provides the inclusion of about 10 kinds of organic and mineral wastes, the management of which optimizes their unification in order to create effective compounds, which noticeably change the physical, chemical and biological complexes by enhancing their long activity (4–6 years), ranging from their introduction into the upper layer of the soil, taking into account the development of microorganisms, strengthening water-physical links, enriching chemical ones and extending biological relationships with the expansion of ecological niches

Ключевые слова: СЛОЖНЫЕ КОМПОСТЫ, ОРГАНИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ОТХОДЫ, ЭФФЕКТИВНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ, ФОРМИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ КОМПОСТОВ, УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КОМПОСТОВ.

Keywords: COMPOUND COMPOSTS, ORGANIC AND MINERAL WASTES, EFFECTIVE MICROORGANISMS, FORMATION OF COMPOUND COMPOST, MANAGING THE DEVELOPMENT OF COMPOSTS

**Введение.** При любых вариантах развития природы и общества производство многих видов продукции формирует различные отходы. Еще до появления человека в природных системах в результате физико-химического разрушения пород, извержения вулканов, землетрясений и других явлений в биосфере накапливались в основном иловые образования, представлявшие своего рода протопочву, а затем и почву со всеми свойствами, способствовавшими прогрессивному и активному развитию отдельных систем [1, 5, 15, 22, 24]. Речные системы сформировали свои русла в результате разрушения минералов, которые частично были использованы для укрепления берегов, развития пойм и долин и в целом бассейновых ландшафтов, поддерживающих определенный водообмен на отдельных участках суши с участием мирового океана [6, 8, 12, 14, 25].

Освоение растениями суши в результате разложения их органического вещества и выделения газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ) способствовало созданию но-

вой атмосферы с высокой долей участия в ней азота и кислорода и нового режима воздухообмена и теплообмена в биосфере. В различных природных катаклизмах (извержение вулканов, землетрясения и т.д.) на разных этапах развития Земли формировались различные отходы, сначала минеральные, а затем и органические с различной природой происхождения и определенными свойствами. В конкретных условиях среды они преобразовывались в различные соединения и создавали разнообразные вначале неорганические ландшафты.

Природные отходы являлись и являются основой для создания новых ландшафтных систем с новыми экологическими нишами для развития различных живых организмов (мелких животных и микроорганизмов); они менялись и меняются количественно и качественно. При их массовом образовании (при извержении вулканов и землетрясений, развитии наводнений, пожаров и эпидемий и других природных факторов) нередко происходят полные изменения ландшафтов, уничтожение существовавших и образование новых экологических систем [3, 4, 7, 9, 12].

При обычном режиме природных условий появляющиеся в процессе развития этих систем минеральные и органические продукты разрушения поддерживают плавный режим эволюции ландшафтов. С появлением человека, с увеличением численности его популяции в развитии ландшафтных систем происходят весьма существенные изменения. Объективно человек сегодня переиначивает природную систему под свои, нередко весьма низменные интересы, и потому входит с ней в глубокое противоречие. По оценкам многих экологов сила давления человека на природу в 4-5 раз сильнее, чем природных явлений – землетрясений, наводнений и др.

***Перспективы биосферной энергии.*** За сотни миллионов лет природа выработала весьма высокую устойчивость, лабильность и мощную силу восстановления различных ландшафтов. В этом нетрудно убедиться: если человек сильно разрушает какие-то ландшафты, а затем оставляет их в по-

кое, то в течение ближайших 8-10 лет мы начинаем отмечать весьма явные признаки возрождения и развития отдельных систем. Эти процессы весьма четко проявляются при восстановлении луговых и лесных систем в районе Чернобыля, при прокладке газопровода «Голубой поток» в районе Геленджика и др. Такие примеры мы находим в горных районах, где прокладывались с хозяйственными целями бетонированные дороги и другие сооружения. Мощным фактором разрушения создаваемых человеком объектов являются растения, животные, микро- и мезофауна, бактерии, грибы, актиномицеты, одноклеточные водоросли [5, 11, 13]. Это указывает на то, что если человек не будет вмешиваться в природные процессы, то, как правило, довольно скоро можно отметить самовосстановление систем, хотя уже на новом уровне, что связано с изменением, прежде всего, гидрологического режима отдельных бассейнов и усилением эрозионных процессов, а также с изменением реакции почвенного раствора, режима формирования и трансформации органического вещества и т.д. [2, 4, 7, 8, 9, 23]. В результате таких изменений происходит нередко «выпадение» из фитоценозов отдельных пород деревьев, кустарников, травяного покрова и формирование новых сообществ растений и животных [16, 19, 20].

Эти примеры указывают на то, что биосфера и её региональные составляющие накопили за много лет мощный запас резервной энергии, обеспечивающей высокую устойчивость и способность формировать системы с новыми возможностями развития по разным направлениям в зависимости от потерянных мощностей – материальных, энергетических, физических, химических, биологических [25, 26, 27].

Если будет продолжаться современный разбойничий вариант использования природы, то в течение ближайших сотен лет человечество столкнется с весьма непредсказуемыми изменениями, что приведет к ухудшению среды обитания, непригодной для существования самого человека, который не способен будет за весьма короткий срок кардинально эволю-

ционировать. Мы имеем пока примеры регионального масштаба: преобразование ландшафтных систем с богатым в прошлом видовым составом растений и животных в междуречье Тигра и Евфрата, в период расцвета Римской Империи в IV и V веках до нашей эры на территории Северной Африки и т.д.

В настоящее время сила воздействия человека на природу во много раз выше, чем в те далекие исторические эпохи, и потому гораздо вероятнее перспективы опустынивания сначала огромных территориальных ландшафтов (например, занятых земледелием), лесных массивов, испытывающих сильное давление пожаров и выбросов промышленных предприятий, а затем и в целом биосферных объектов [3].

Человек влияет на природу путем прямой эксплуатации своей продукции (самолеты в воздухе, корабли в океане, трактора, комбайны на суше и т.д.), а также сбросы загрязненных вод в речные и морские системы, выбросы различных весьма реактивных газов в атмосферу, загрязнение почвы жидкими и твердыми бытовыми и промышленными отходами, а также поступлением оседающих на неё осадков газовых выбросов с дождями [3, 5, 6, 8, 12].

«Испорченная» человеком природа, накопившая массу загрязнителей, может быть улучшена через подготовку и использование сложных компостов, которые включают до 8-10 и больше видов отходов промышленного, сельскохозяйственного, бытового и природного происхождения. Разнообразие различных отходов, производимых сельским хозяйством, включая отдельные виды газообразных выделений, твердого и жидкого навоза (КРС, свиней, куриного помета), отходы растениеводческой продукции (солома пшеницы, стебли кукурузы и подсолнечника, листья и нестандартные отходы сахарной свеклы и других корнеплодов, овощей, выжимки плодов и т.д.), очень велико и представлено органическими соединениями [9, 10, 18, 21].

Твердые и жидкие минеральные отходы переработки природного сырья (фосфогипс, галиты, известковая мука, сильвиниты и др.) являются важными поставщиками богатой палитры минеральных элементов. Серьезной проблемой является утилизация отходов быта в виде сточных вод и пастообразных осадков, включающих значительное число органических и минеральных веществ, многие из которых являются опасными загрязнителями и количество которых необходимо основательно снижать. Природные отходы имеют в основном органическое происхождение (плоды, опад листьев, ветки кустарников, ветошь трав), а также представлены минеральными материалами разрушения горных пород, осыпей, обвалов и т.д.

Структура составляющих сложного компоста на основе включения и использования разнообразных отходов зависит от количества ионов кальция и магния, содержания органических веществ, кислотности раствора и т.д. и делится на мелкозернистую (минеральные коллоиды разбросаны и не связаны друг с другом) и комковатую (коллоиды соединены в сравнительно стойкие агрегаты). Комковатый компост превосходит мелкозернистый: хорошо пропускает влагу, не допускает застоя воды и лучше обеспечен воздухом. Состав и структура сложного компоста в значительной степени определяют видовой и популяционный состав живых организмов в нём и прежде всего бактерий, грибов, актиномицетов, одноклеточных водорослей [24, 31].

Кальций усиливает водопотребление компоста, определяет прочность его структурных агрегатов, образуемых органическими и минеральными коллоидами, и снижает токсическое действие солей тяжелых металлов. Его источником в сложном компосте может быть фосфогипс, доломит, мел, известковая мука и другие минералы.

Оригинальный подход к созданию весьма эффективной оценки капиллярно-сорбционного потенциала почв и грунтов как функции от влажности с использованием гидрогелей разработан профессором МГУ А.В.

Смагиным (2009; 2011) с сотрудниками [30]. Вопросы научного обоснования и практические аспекты реализации конструирования почв обобщены в фундаментальной работе А.В. Смагина 2012 г.

Сложные компосты, предназначенные для рекультивации почв и представляющие собой искусственное создание комплексных смесей разнообразных отходов, определяют обогащение верхнего слоя почвы органическими и минеральными дисперсными и коллоидными системами и совершенствуют его экологические функции, что является важным направлением в развитии практической экологии и земледелия.

Одним из важных этапов создания сложных компостов является подбор основных видов отходов – до 8-10 и больше. От того, насколько удачно будут учтены особенности сопряжения в целом тех или иных отходов, определится успешность выполнения поставленной задачи. Весьма ответственным этапом в подготовке сложных компостов является развитие их микробных сообществ. В сложном компосте биологическую основу его развития определяет именно поведение прокариотных сообществ, а физико-химическую – комбинирование обменных реакций органических и химических соединений, выделение ППК общего компоста, а также другие формы комбинаторных процессов. Рассмотрим проблемы развития различных сообществ, а также их влияние на изменение физических и химических основ сложного компоста [19, 23].

***Формирование сложных компостов.*** Объединение в сложные компосты отходов с различными морфологическими и химическими свойствами, отличающимися плотностью и влажностью, химическим и биологическим составом, определяет значительные колебания численности различных организмов в первые полторы – две недели после его формирования, особенно в летний период [12, 14, 16, 17, 28]. Наблюдается постепенное или напряженное комплексирование компоста по всем направлениям, включая состав органических и минеральных материалов, различающихся

дисперсностью, физическими, химическими и биологическими свойствами, что проявляется в расширении численности популяций живых организмов одних таксонов и снижении других.

В сложных компостах формируются сообщества микроорганизмов с самыми разными функциями. В отходах производства многие организмы не способны обеспечивать изначально систему устойчивости и равновесия, и первичные их сообщества разрознены и не взаимосвязаны. Например, на 10-й день смешивания отходов различные эколого-трофические группы микроорганизмов широко расходились по популяциям и заметно сближались в основном через месяц их развития [5, 10, 11]. Особенно это касалось формирования сложных компостов в весенне-летний период аммонифицирующих, амилалитических и олиготрофных микроорганизмов, характеризующихся сходством питания. Существенно эти группы организмов различались в сложных компостах в сравнении с вариантами влияния минеральных подкормок удобрений [10].

При смешивании различных отходов по истечении одной – двух недель развития организмы довольно быстро объединяются в функциональные группы по использованию в качестве ресурса органическое вещество и его трансформацию в гумус (глинисто-гумусовый комплекс), а также в органические кислоты, аминокислоты, ферменты и другие соединения [13, 15].

Живые организмы в сложном компосте в начальный период его формирования различаются по видовому и популяционному составу и варьируют по плотности распределения их таксонов: одни из них могут разрушать органическое вещество, а другие его стабилизировать. В биомассе сложного компоста доля микроорганизмов в составе органического вещества доходит до весьма значительных величин, что существенно удлиняет круговорот углерода и азота. Так, в сложном компосте, включающем полуперепревший навоз КРС свиной навоз, фосфогипс, куриный помет с до-

бавлением соломы ячменя, отходов кормления и очистки зерна, а также лузги подсолнечника и остатков сахарной свёклы, общая численность микроорганизмов на 30-й день после его смешивания составила свыше 240 млн клеток, а с одним полуперепревшим навозом РКС – около 107 млн клеток [24, 28].

Живые организмы в сложном компосте (бактерии, грибы, одноклеточные водоросли, актиномицеты и др.) условно можно разделить на активные и неактивные, из которых активная группа составляет примерно до 15%. В случае высокой доли в формируемом компосте глинистой фракции активность, например, микроорганизмов усиливается и продолжительность их развития существенно удлиняется. Таковы, например, результаты подсчета микробных клеток в случае внесения фосфогипса и свиного навоза по сравнению с вариантом внесения одного навоза [15, 24].

Продуманная компановка различных отходов в сложном компосте (например, щелочная среда свиного навоза и кислая реакция фосфогипса) выравнивает реакцию среды сложного комплекса на основе химической реакции нейтрализации в целом всей подобранной смеси. Формирование специфических микробоценозов идет за счет использования подщелачивающих органических составляющих – навоза КРС и свиней (подстилочного и жидкого), куриного помета, осадков сточных вод, дефеката, послеуборочных растительных остатков и других отходов, а также существенно подкисляющих минеральных субстратов – фосфогипса, отходов калийных удобрений и т.д. [12, 13, 14]

В сложных компостах одни группы живых организмов для своего развития используют выделения других групп – различные органические биологически активные вещества: аминокислоты, витамины, ферменты, а также подвижные минеральные элементы, как азот, фосфор, серу и др. Само производство определено влияет на состав отходов и прежде всего – на реакцию их среды (рН), физический и химический состав, что существенно



изменяет процессы развития микроорганизмов, особенно на первых этапах формирования сложных компостов. Разлагая органические соединения, микроорганизмы постепенно усиливают дыхание и на отдельных этапах существенно ускоряют круговорот веществ. Например, разложение органического вещества, как правило, усиливает денитрификацию и, как следствие, приводит к газообразным потерям молекулярного азота [5, 28].

Повышение в субстрате сложного компоста количества глинистых соединений и органических веществ способствует снижению щелочности и при нейтральной реакции смесей (рН 6,8-7,2) значительная часть подвижных соединений тяжелых металлов переводится в труднодоступные для растений вещества. Используемый для внесения в почву сложный органоминеральный компост, включающий органические вещества и полуторные окислы, при снижении щелочной реакции субстрата до рН 7,0-7,3 позволяет за год существенно уменьшить содержание подвижных форм тяжелых металлов (Cd, Co, Cu, Mg, Ni, Pb, Zn) на 60-70% – в основном путём перевода их в труднодоступные для растений соединения [5, 10, 15, 16]. Иными словами, продуманная для составления смеси композиция различных отходов позволяет составить сложный компост с нужным уровнем реакции среды, что будет снижать содержание подвижных форм тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Mn, Ni, Pb, Co и ряда других).

Сущность формирования сложных компостов заключается в развитии микробиологических процессов по разложению органических веществ, активизации ферментов и соединений минеральных и органических коллоидов, а также в формировании в их структуре в основном небольших агрегатов размером до 2,0 мм. Создаются новые круговороты биогенов, усиливается дыхание субстрата сложного компоста, что в теплый период года ускоряет его развитие [16, 18, 20]. Приведем пример сравнительной численности микроорганизмов при компостировании популуперепревшего навоза КРС и сложного компоста, включающего также фосфогипс, смёты

после очистки семян и с фермы, содержащие отходы комбикорма, силоса, сена, корнеплодов и других продуктов.

Анализ полуперепревшего навоза и в целом сложного компоста проводился примерно каждые 10 дней, считая от начала их смешивания. Численность микроорганизмов определяли методом посева разведений навоза и сложного компоста на плотные и жидкие питательные среды (МПА, КАА, ГА Виноградского, Чапека). Посевы инкубировали при +24 и +30°C. Изучение таксономического состава проводилось с использованием определителей по установленным морфологическим и физиолого-биохимическим признакам изолированных колоний. Данные по общей численности микроорганизмов выражали в КОЕ/г. Идентификация культур проводилась общепринятыми методами. Идентификацию микромицетов проводили с помощью определителей отечественных и зарубежных авторов.

Результаты изучения эколого-трофических групп организмов оценены по временным параметрам (таблица). Содержание наиболее значимых групп микроорганизмов приведены за 4 месяца их развития в летний период [6, 7].

В процессе развития сложного компоста численность отдельных групп микроорганизмов постепенно изменяется, особенно это характерно для аммонифицирующих и олиготрофных бактерий, активность которых достигла к трем месяцам его созревания. Примерно к четвертому месяцу развития сложного компоста отмечено снижение числа микроорганизмов, поскольку это связано, очевидно, со значительным снижением поступления свежего органического материала, а их предыдущие запасы, по всей видимости, снизились. Нарастание численности микроорганизмов в навозе менее интенсивное, поскольку к четвертому месяцу запасы органического вещества снижаются значительно быстрее по сравнению со сложным компостом [19, 20].

Таблица – Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в разные сроки «созревания» компоста, 2010г.

Число дней	Вариант опыта	Микроорганизмы				Микромицеты, $10^{-3}$ КОЕ/г
		Аммонифицирующие, $10^{-6}$ КОЕ/г	Амилолитические, $10^{-6}$ КОЕ/г	Олиготрофные, $10^{-5}$ КОЕ/г	Нитрифицирующие	
10	Полуперепревший навоз	29	12	31	$10^{-3}$	3
	Сложный компост	22	9	18	$10^{-2}$	4
20	Полуперепревший навоз	32	17	36	$10^{-4}$	6
	Сложный компост	28	24	27	$10^{-3}$	7
30	Полуперепревший навоз	37	29	38	$10^{-4}$	6
	Сложный компост	34	31	38	$10^{-4}$	8
40	Полуперепревший навоз	41	32	43	$10^{-5}$	6
	Сложный компост	49	44	51	$10^{-6}$	8
50	Полуперепревший навоз	54	33	49	$10^{-5}$	5
	Сложный компост	62	47	52	$10^{-6}$	6
60	Полуперепревший навоз	61	34	54	$10^{-4}$	5
	Сложный компост	75	52	72	$10^{-6}$	6
90	Полуперепревший навоз	72	39	62	$10^{-6}$	7
	Сложный компост	89	61	90	$10^{-8}$	9
120	Полуперепревший навоз	75	47	71	$10^{-5}$	6
	Сложный компост	70	41	57	$10^{-4}$	5

Процессы интенсификации микроорганизмов по разложению органического вещества, активации их нитрификации и денитрификации заметно усиливаются, поскольку химические реакции между ППК почвы и химическими соединениями, внесенными в сложный компост, заметно возрастают. Например, при включении в сложный компост фосфогипса с полуперепревшим сочетанием навоза КРС, птичьим пометом, осадками сточных вод и другими органическими отходами можно зарегистрировать протекание реакции  $\text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{NH}_3$  (навоз)  $\rightarrow \text{CaCO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . При формировании благоприятных условий (высокая температура и влажность) такая реакция протекает достаточно интенсивно и количество доступного растениям азота увеличивается. Кроме того, снижение денитрификации замедляет процесс разрушения органического вещества и уменьшает газообразные потери азота. Коагуляция органических и минеральных коллоид-

дов существенно сокращает их вымывание в грунтовые воды [6, 12, 13, 16].

По мере развития сложного компоста активность микроорганизмов в нем усиливается, что положительно сказывается на возможности управления процессами преобразования органических веществ через стабилизацию образования в них микробных клеток и нарастания их биомассы за определенный период их развития. Эти процессы обусловлены химическими особенностями сложного компоста и вариациями антропогенных загрязнений [16, 17, 24].

### *Эффективные микроорганизмы в развитии сложных компостов.*

Особая роль в обеспечении экологических функций трансформации отходов и формировании сложных компостов в основном принадлежит микроорганизмам. Применение биотехнологических методов трансформации различных отходов (в основном твердых и жидких) и широкое использование сложных компостов является, на наш взгляд, весьма эффективным способом охраны окружающей среды. Одним из вариантов ускорения гумусообразования и создания сложных компостов является использование смеси эффективных микроорганизмов (ЭМ), представляющих смешанные культуры ряда их экологических групп, куда входят азотфиксирующие, актиномицеты, молочные и фотосинтезирующие бактерии, а также дрожжи и ферментирующие грибы [12, 14, 22].

Разработка концепции и технологии применения группы эффективных микроорганизмов были предложены японским профессором Тегуро Нига в 80 годах XX века. В некоторых странах (Индия, Китай, США, Германия и другие) биологические методы утилизации отходов являются приоритетными, а «природное земледелие» с использованием ЭМ-технологий стало частью национальной политики. С начала XXI века ЭМ-технологии переработки отходов появляются и в России. Пионером на этом рынке был препарат «Байкал ЭМ–1» производства Улан-Удэ, затем появился препарат

«Возрождение» Московского производства и др. Микробиологические методы очистки сточных вод также были разработаны с использованием активных штаммов микроорганизмов-деструкторов. Группы ЭМ-культуры не содержат генетически изменённых микроорганизмов и составлены из смешанных таксонов, которые обитают в естественных условиях. Авторам препаратов удалось соединить в одну биокультуру большую группу микроорганизмов, способных к активному взаимнообмену источниками питания [12, 13, 14, 15, 16]. Подобная биокультура группы микроорганизмов была выделена из установившегося свиного навоза в колхозе «Заветы Ильича».

*Азотфиксирующие* микроорганизмы ассимилируют атмосферный азот в виде азотных соединений и сравнительно рано начинают накапливать его в сложном компосте. Наибольшее значение имеет *Azotobacter*, который в присутствии кислорода фиксирует атмосферный азот, переводит его в нитриты и нитраты, легко усвояемые растениями; азотобактер синтезирует и накапливает в компосте также различные витамины и биологические стимуляторы роста. Первые азотфиксирующие аэробные бактерии рода *Azotobacter* выделены в начале прошлого века голландским исследователем Бейеринком. Усвоение атмосферного азота осуществляют прокариоты – свободноживущие азотфиксаторы (*Azotobacter*), а также цианобактерии. Наиболее изучен род азотфиксирующих бактерий *Rhizobium*. Представители этого рода в симбиозе с бобовыми образуют клубеньки, в тканях которых поселяются азотфиксирующие бактерии, поставляющие растениям азот, а от растений получающие углеводы. Свободноживущие почвенные бактерии и одноклеточные синезеленые водоросли фиксируют в десятки раз меньше азота по сравнению с клубеньковыми бактериями-азотфиксаторами.

*Актиномицеты* – плесневидные бактерии, или лучистые грибы, являются переходной формой между бактериями и грибами. Представители ак-

тиномицетов - аэробы, размножаются в основном в верхнем слое сложного компоста. Актиномицеты образуют простейший одноклеточный мицелий, часть которого обычно погружается в разлагающееся органическое вещество, а другая располагается на его поверхности. Актиномицеты синтезируют антибиотические вещества, которые подавляют рост и развитие патогенных бактерий и грибов. Актиномицеты способны сосуществовать с фотосинтезирующими бактериями; имеют большое значение в формировании плодородия сложного компоста, активно образуют гумус и гумусообразные вещества. Значительная часть актиномицетов синтезирует бурый пигмент и различные биологически активные вещества: антибиотики, гормоны, витамины группы В, существенно оздоравливающие сложный компост. Основная группа актиномицетов – гетеротрофы, в питании используют органические вещества (целлюлоза, различные углеводороды нефти, фенолы и т.д.) и автотрофы (минеральные источники). Актиномицеты полиморфны, экологически изменчивы, легко мутируют, для развития нуждаются в цинке и марганце, весьма полезны для очистки субстрата от всевозможных загрязнений, особенно органических [3].

*Молочнокислые* бактерии - весьма важный компонент ЭМ, производящий молочную кислоту из сахаров и других углеводов, синтезируемых фотосинтезирующими бактериями и дрожжами, является сильным бактерицидным средством, подавляющим и угнетающим рост и размножение патогенной микрофлоры, не нанося вреда полезным микроорганизмам. Молочная кислота способна подавлять распространение грибов *Fusarium*, ускоряет разложение органического вещества, а также усиливает разложение лигнина и целлюлозы; источником питания являются органические отходы КРС, свиней, птиц, очистки зерна [18, 19].

*Фотосинтезирующие* бактерии представляют независимую самоподдерживающуюся группу микроорганизмов, синтезирующих полезные вещества из выделений отходов растений, органических остатков и даже

вредных газов (в случае сероводорода), использующих солнечный свет и тепло субстрата (например, конский навоз) в качестве источника энергии. Эта группа бактерий выделяет аминокислоты, нуклеиновые кислоты, биологически активные вещества и сахара, которые способствуют росту организмов, поглощаются ими без перевода в более простые формы и одновременно используются в качестве субстрата другими полезными микроорганизмами [20].

*Дрожжи* являются составной частью сообщества микроорганизмов, синтезируют полезные для роста растений вещества из аминокислот и сахаров, продуцируемых бактериями и водорослями. Биологически активные вещества типа гормонов и ферментов, произведенных дрожжами, стимулируют ростовые процессы. Кроме того, в результате бродильных процессов, осуществляемых дрожжами, происходит естественное разрыхление сложного компоста и улучшение его структуры.

*Ферментирующие* грибы формируют в сложном компосте в значительном количестве. Видовой состав их очень разнообразен и обусловлен условиями компостирования. Широко представлены в сложном компосте плесневые грибы, образующие ветвящийся мицелий и переплетающий массу органических веществ. Грибы разлагают органическое вещество, продуцируют этиловый спирт, сложные эфиры и антибиотические вещества. Они подавляют запахи и предотвращают заражение сложного компоста насекомыми и их личинками. Ферментирующие грибы являются весьма важными деструкторами остатков растений, являющихся трудно разлагаемыми для бактерий. Комплексы различных грибов с другими микроорганизмами перерабатывают остатки растений со сменой грибных сукцессий; некоторые виды грибов потребляют нефть и способствуют очистке почвы. Ферментирующие грибы выделяют пигменты и антибиотики, которые соединяясь с другими органическими соединениями, образуют органо-минеральные комплексы. Многие грибы активно контактируют с корнями

ми высших растений (с образованием грибокорня), способствуют снабжению растений водой, минеральными, главным образом, фосфорными соединениями, а сами получают органический углерод.

Подготовка сложного органического компоста для черноземных почв имеет важное значение. Приготовленные с использованием органических экстрактов различных отходов экологические компосты являются безопасным органоминеральным удобрением, быстрее созревают, имеют повышенное содержание азота и фосфора. При заделке сложного компоста в почву вносятся одновременно и органоминеральные удобрения, и разнообразные микроорганизмы, способствующие восстановлению её плодородия, подавлению развития патогенных микроорганизмов, повышению урожайности сельскохозяйственных культур и их способности переносить неблагоприятные условия.

Компостирование является важнейшим приемом использования органических и минеральных отходов различных производств, способствующих сохранению питательных веществ при разложении органического вещества и увеличению доступности растениям многих элементов питания. Внесение сложного компоста повышает биологическое связывание азота и фосфора в почве [5].

При смешивании различных отходов (промышленных, сельскохозяйственных, бытовых и природных) и их последующее компостирование нами был применен простой метод использования видového набора микроорганизмов для ускорения процесса переработки сложного компоста. Из старых запасов перегноя на ферме КРС (возраст примерно 2-3 года) отбирали разложившийся навоз и вместе с ним в почву в соотношении 50 кг органического вещества на 150-200 кг воды через 2-3 суток этой смесью 2-3 раза поливали сложный компост перед его смешиванием. Предварительные исследования использованной смеси показали, что её состав включал основные эколого-фитоценоотические группы микроорганизмов, описанные



ранее. Процесс разложения органических веществ в компосте существенно ускорился, и растения кукурузы в таких вариантах опыта при умеренной влажности в высоту достигали до 3 м и выше и формировали в среднем до 2 початков на особь (рисунок).



Рисунок. Влияние полива сложного компоста органической смесью разложившегося навоза на посевах кукурузы в стадии её молочной спелости (июль, 2011 г., ОАО «Заветы Ильича»)

**Оценка создания сложного компоста.** Ферментативная активность сложного компоста, разложение в нем органического вещества, а также усиление дыхания приводят к образованию газообразных веществ, особенно азотных, и других соединений, легко инфильтрующихся в грунтовые

воды, а в форме молекулярного азота переходящих в атмосферу. Ферменты, отличающиеся весьма коротким временем активности в сложном компосте (до нескольких суток), сорбируются твердой фазой и весьма быстро теряют способность ускорять происходящие процессы. Разложение органического вещества в сложном компосте в основном осуществляется микроорганизмами и интенсивность развития этого процесса ко времени внесения в почву достигает 80-90% и длится 4-5 месяцев; при расходовании активности фермента переработка субстрата становится малоэффективной и органическое вещество нередко сохраняется в нетронутом виде в силу его недоступности бактериям и грибам [5, 10]. Численность микробных сообществ, указывающая, например, на буферность почвы, соответствует, с одной стороны, реальным возможностям трансформации органического вещества, а с другой – интенсивности взаимодействия органических и минеральных веществ. В летний период, начиная с третьего месяца формируется достаточно активная система сложного субстрата с началом его перехода в сложный компост при совокупном развитии его физических, химических и биологических свойств [7, 11, 29].

Развитие сложного компоста достигает оптимума при его способности переходить к равновесию или близкому к нему состоянию при умеренном колебании внешних условий. Такое состояние определяется уровнем биологической активности отдельных отходов в системе сложного компоста. Реальная активность отходов в сложном компосте при его внесении в верхний слой почвы определяется способностью её улучшать. Условия развития сложного компоста в каждом сезоне заметно различаются. Усредненный вариант активности развития сложного компоста трудно предусмотреть, поскольку всегда следует иметь в виду меняющиеся условия и их особенности не только по сезонам, но и месяцам, и декадам. Биологическую активность сложного компоста логично определять по разви-

тию микроорганизмов, а также органическому и минеральному составу отдельных отходов и уровню их реакции на сложившуюся ситуацию.

Численность микроорганизмов, по которой можно определить их биомассу, представляет собой отклонение от минимума, свойственного конкретному отходу (например, минимум обеспеченности в самый неблагоприятный период). Количество микроорганизмов не определяется варьированием температуры, влажности, содержанием органического вещества, а связано с составом всех отходов, включенных в сложный компост, со свойственными ему физическими, химическим и биологическими характеристиками, складывающимися в процессе его формирования и развития и вызывающими серьезные изменения за относительно короткий срок в летний период (с апреля до октября), а также с различными воздействиями загрязнений, агротехнологий и т.д.

Оптимальность сочетания и сохранения ресурсов сложного компоста во многом обусловлена непрогнозируемыми факторами среды всех отходов и соотношениями в них С:N и С:P, количеством органического вещества в них, реальным изменением температуры и количества осадков, а также минимальным сообществом микроорганизмов, складывающимся в определенный период времени. В черноземе обыкновенном северной зоны края в летний период для начала контроля состояния сложного компоста можно использовать срок 12-15 дней от его формирования при определении степени развития сообщества микроорганизмов [10, 11, 12, 14].

Повышение биологической активности сложных компостов следует считать плюсом в их развитии. При смешивании отходов перемешивание микроорганизмов в массе субстрата обычно затруднено, особенно на первом этапе в связи с их адсорбцией минеральными веществами (в первую очередь монтмориллонитовой глиной). В отдельных условиях при смешивании разных отходов проявляются вариации источников энергии, значений pH, температуры и т.д. В связи с расширением состава сложных ком-

постов возникают новые аэробные и анаэробные процессы, нарастает численность азотфиксирующих и аммонифицирующих организмов, использующих органические и минеральные коллоиды. Некоторые микроорганизмы в сложных компостах в органических соединениях мигрируют в направлении их наименьшей концентрации.

По мере формирования (созревания) сложного компоста активизируется разложение органического вещества при одновременном снижении активности процессов нитрификации и денитрификации; сама система компостирования в своем развитии достигает оптимума, включая и развитие сообщества микроорганизмов, особенно бактерий. Возможности развития микроорганизмов направлены в сторону снижения потерь различных веществ и в первую очередь органических. Микроорганизмы в сложном компосте в основном приурочены к живым и мертвым макроорганизмам, представляющим для них важнейший источник энергии, и только отдельные виды способны питаться на минеральных субстратах, используя для этих целей серу, железо и другие элементы [3].

Устойчивость сложных компостов и их физиологическая и химическая активность определяются в первую очередь микробиологическими механизмами регуляции. В органических отходах, особенно в осадках сточных вод, в отходах переработки овощей, фруктов, сахарной свеклы и другой продукции растениеводства, образуются группы микроорганизмов, которые не имеют в запасе всех необходимых им элементов питания, что сдерживает, и весьма существенно, поддержание их популяций. Среди лимитирующих факторов в развитии живых организмов (бактерий, грибов, актиномицетов, водорослей, представителей микро- и мезофауны) в сложном компосте является нехватка органического вещества и особенно его разнообразия (углеводов, белков, ферментов и других), а в минеральном варианте – калия, серы, фосфора и т.д.

В определенные периоды года для развития живых организмов не хватает тепла (зима) или влаги (лето). Летнюю влагу можно вполне восполнить поливом водой из жижесборников, а недостаток тепла в некоторой степени восстановить закладкой сложных компостов в виде буртов между двумя стогами соломы высотой до 2,0-2,5 м. В период «созревания» сложного компоста его развитие поддерживается нарастанием числа и массы популяций отдельных организмов в весьма широких пределах. В 1 г сложного компоста на основе полуперепревшего подстилочного навоза КРС за два месяца его формирования образуется от 22 до 35 млн микробных клеток, а также наблюдается значительное обилие грибных гиф, актиномицетов и водорослей, что существенно превышает аналогичные цифры в массе простого навоза. На 1 м<sup>3</sup> компоста приходится до 50-70 кг массы живых организмов. В сложных компостах различные организмы активно размножаются, быстрее достигают максимальной численности популяций, участвующих в формировании микробного сообщества. Микроорганизмы в сложных компостах лучше обеспечены растворимыми и нерастворимыми соединениями и прежде всего углеводами, нитратами, аммонием, подвижным фосфором, микроэлементами, что обеспечивает лучшие условия для их выживания, размножения и развития [1, 19].

В сложном компосте на первом этапе его формирования можно выделить группы живых организмов, определяющих активность его развития в основном при смешивании органических отходов. Другая группа способствует развитию сложного компоста при перемешивании органической и минеральной массы. Наконец, третья группа активно развивается при перемешивании сложного компоста и почвы, когда микробоценозы сложного компоста и почвы (верхний слой 0-20 см) объединяются и в своем дальнейшем развитии достигают равновесия.

Основу сообщества живых организмов в «созревающих» сложных компостах составляют гетеротрофы, и значительная часть получаемой ими

энергии при минерализации органического вещества расходуется на поддержание их биомассы. Осуществляя процессы минерализации органических веществ, микроорганизмы используют до трети энергетического материала на свой рост и размножение [19].

В комплексе организмов, включающих бактерии, грибы, актиномицеты, одноклеточные водоросли и другие, особое место в сложном компосте занимают грибы, представляющие весьма разнообразную группу организмов различных ступеней эволюционного развития и распространения в природе. По разнообразию они занимают по численности третье место после животных и растений. В сравнении с другими организмами грибам свойственно весьма важное качество – экономный обмен веществ, использование большого количества органического углерода и азота из разлагаемых ими соединений для построения своего тела (свыше 60% расщепленных ими веществ переходит в споровую массу грибов). Эта группа микроорганизмов активно участвует в развитии сложного компоста. С переходом их в почву усиливается биологическая активность и продуктивность сельскохозяйственных культур особенно, что касается фосфорного питания.

В заключение следует подчеркнуть, что основу создания сложных компостов составляют различные отходы промышленного и сельскохозяйственного производства, бытового и природного происхождения, заключающие весьма существенные резервы биосферной энергии. Воздействие человека на развитие биосферы во много раз превышает природные процессы разрушения ландшафтов, начиная от их гибели в Северной Африке в IV и V веках до нашей эры и ежегодное отчуждение земель и их современное превращение в пустыни, засоление и выветривание больших территорий, чрезвычайного загрязнения рек, морей и океанов, воздушного пространства. Изменение ландшафтов на сегодня в целом можно определить как негативное. Наиболее важным составляющим биосферы являются почвы, которые необходимо думать как их спасти человеку от самого себя.

Предлагаемый вариант формирования и использования сложного компоста, предусматривающий улучшение многих позиций почвенного процесса – физических, химических и биологических особенностей, в этой дискуссии с учетом конструирования верхнего слоя почвы рассматривается формирование их во времени и в пространстве с использованием различных целей, образованием сульфата аммония, формированием активных эколого-трофических групп микроорганизмов, усиливающих ферментативную активность в плане формирования всего процесса.

На первом этапе формирования сложного компоста можно выделить группы живых организмов, определяющих активность его развития в основном при смешивании органических отходов; другая группа живых организмов способствует развитию сложного компоста при смешивании органических и минеральных отходов, а третья способствует активному развитию при перемешивании сложного компоста и почвы, которые со временем достигают своего зрелого развития. В комплексе организмов особое место занимают грибы, представляющие разнообразную группу организмов различных ступеней эволюционного развития и распространения в природе и представляющих самый экономный обмен веществ и способствующих активному процессу сдерживания верхнего слоя почвы от разрушения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белюченко И.С. Зонирование территории Краснодарского края и особенности функционирования природных и техногенных систем / Экол. проблемы Кубани, 2003. – № 20. – С. 4-19.
2. Белюченко И.С. Современные проблемы функционирования степных рек // Экол. проблемы Кубани, 2005а. – № 30. – С. 21-164.
3. Белюченко И.С. Экология Кубани. Краснодар, 2005б. – Ч. II. 469 с.
4. Белюченко И.С. Региональный мониторинг – базовая основа для разработки экологических проектов по охране природы // Экол. Вестник Сев. Кавказа, 2006. – Т. 2. – № 1. – С. 25-40.
5. Белюченко И.С. Влияние фосфогипса на трансформацию азота в черноземе обыкновенном степной зоны Кубани // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2008. – Т. 4. – № 2. – С. 144-147.

6. Белюченко И.С. Проблемы рекультивации отходов быта и производства (по материалам I Всероссийской научной конференции по проблемам рекультивации отходов) // Экол. Вестник Сев. Кавказа, 2009. – Т. 5. – № 3. – С. 72-78.
7. Белюченко И.С. Экология Краснодарского края (региональная экология). Краснодар, 2010а. – 356 с.
8. Белюченко И.С. Экологическое состояние бассейнов степных рек Кубани и перспективы их развития // Экол. Вестник Сев. Кавказа, 2010б. – Т. 6. – № 2. – С. 5-16.
9. Белюченко И.С. К вопросу о роли леса в функциональном восстановлении бассейнов степных рек края // Экол. Вестник Сев. Кавказа, 2010в. – Т. 6. – № 3. – С. 3-14.
10. Белюченко И.С. К вопросу о формировании и свойствах органоминеральных компостов и реакции растений кукурузы на их внесение // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2011а. – Т. 7. – № 4. – С. 65-74.
11. Белюченко И.С. Экологические проблемы степной зоны Кубани, причины их возникновения и пути решения // Экол. Вестник Сев. Кавказа, 2011б. – Т. 7. – № 3. – С. 47-64.
12. Белюченко И.С. Сложный компост и его роль в улучшении почв // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012а. – Т. 8. – № 2. – С. 75-86.
13. Белюченко И.С. Использование отходов быта и производства для создания сложных компостов с целью повышения плодородия почв // Тр. / Куб ГАУ, 2012б. – Т. 1. – № 38. – С. 68-72.
14. Белюченко И.С. К вопросу о механизмах управления развитием сложных компостов // Экол. Вестник Сев. Кавказа, 2012в. – Т. 8. – № 3. – С. 88-111.
15. Белюченко И.С. Применение органических и минеральных отходов для подготовки сложных компостов с целью повышения плодородия почв // Тр. / Куб ГАУ, 2012г. – Т. 1. – № 39. – С. 63-68.
16. Белюченко И.С. Дисперсные и коллоидные системы отходов и их коагуляционные свойства // Экол. Вестник Сев. Кавказа, 2013. – Т. 9. – № 1. – С. 13-38.
17. Белюченко И.С. Сложные компосты как источник расширения экологических ниш культурных растений в системе почвенного покрова // Тр. Конф. «проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар, 2013. – С. 12-14.
18. Белюченко И.С., Гукалов В.Н. Проблемы развития агроландшафтных систем в богарной зоне Краснодарского края // Экол. проблемы Кубани, 2003. – № 21. – С. 7-183.
19. Белюченко И.С., Корунчикова В.В. К вопросу о поддержании биоразнообразия живых организмов в природных ландшафтах Краснодарского края методами интродукции и акклиматизации // Экол. проблемы Кубани, 2003. – № 20. – С. 20-33.
20. Белюченко И.С., Муравьев Е.И. Коллоидный состав и коагуляционные свойства дисперсных систем почвы и некоторых отходов промышленности и животноводства // Тр. КубГАУ. 2008. № 11. С. 177-182.
21. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. – М.: Наука, 2000. – 185 с.
22. Муравьев Е.И., Белюченко И.С. Оценка влияния химического производства на состояние окружающих ландшафтов // Экол. Вестник Сев. Кавказа, 2005. – Т. 1. – № 2. – С. 138-140.
23. Кобецкая О.А., Белюченко И.С. Содержание тяжелых металлов в воде реки Кирпили // Тр. КубГАУ. 2007.. № 6. С. 100-103.
24. Муравьев Е.И., Белюченко И.С. Свойства фосфогипса и возможность его использования в сельском хозяйстве // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2008. Т. 4. № 2. С. 5-17.



25. Патент № 2019947. Способ создания полидоминантных пастбищ в континентальных субтропиках / И.С. Белюченко (RU). № заявки: 4904119/15. Дата подачи заявки 22.01.1991, Дата публикации: 30.09.1994.

26. Патент на изобретение RUS 2204227 24.09.2001. Способ предпосевной обработки семян пшеницы Третьякова О.И., Федулов Ю.П., Суслов В.И., Белюченко И.С., Котляров Н.С., Заплишный В.Н.

27. Патент на изобретение RUS 2206516 02.10.2001. Электромагнитное устройство для обработки жидкости. Богатырев Н.И., Белюченко И.С., Тлиш Р.Д., Потапенко И.А., Силяева Н.В., Курзин Д.Н.

28. Петренко Д.В., Белюченко И.С. Влияние отходов Белореченского химзавода на содержания стронция в окружающих ландшафтах // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2012. Т. 8. № 1. С. 4-79.

29. Попова Т.В., Ю Гукалов В.Н., Белюченко И.С. Особенности распределения тяжелых металлов в корнеобитаемом слое чернозема обыкновенного в разных местообитаниях // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 1. – С. 24-26.

30. Смагин А.В., Садовникова Н.Б. Научно-экспериментальное обоснование применения сильнонабухающих полимерных гидрогелей в технологиях рекультивации легких почв // I Всероссийская научная Конференция «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства». – Краснодар, 2009. – С. 20-28

31. Смагин А.В. Теория и практика конструирования почв. Изд-во МГУ, 2012. – 542 с.

#### REFERENCES

1. Beljuchenko I.S. Zonirovanie territorii Krasnodarskogo kraja i osobennosti funkcionirovanija prirodnyh i tehnogennyh sistem / Jekol. problemy Kubani, 2003. – № 20. – S. 4-19.

2. Beljuchenko I.S. Sovremennye problemy funkcionirovanija stepnyh rek // Jekol. problemy Kubani. 2005a. – № 30. – S. 21-164.

3. Beljuchenko I.S. Jekologija Kubani. Krasnodar. 2005b. – Ch. II. 469 s.

4. Beljuchenko I.S. Regional'nyj monitoring – bazovaja osnova dlja razrabotki jekologicheskikh proektov po ohrane prirody // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza, 2006. – Т. 2. – № 1. – S. 25-40.

5. Beljuchenko I.S. Vlijanie fosfogipsa na transformaciju azota v chernozeme obyknovennom stepnoj zony Kubani // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2008. – Т. 4. – № 2. – S. 144-147.

6. Beljuchenko I.S. Problemy rekul'tivacii othodov byta i proizvodstva (po materialam I Vserossijskoj nauchnoj konferencii po problemam rekul'tivacii othodov) // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza, 2009. – Т. 5. – № 3. – S. 72-78.

7. Beljuchenko I.S. Jekologija Krasnodarskogo kraja (regional'naja jekologija). Krasnodar, 2010a. – 356 s.

8. Beljuchenko I.S. Jekologicheskoe sostojanie bassejnov stepnyh rek Kubani i perspektivy ih razvitija // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza, 2010b. – Т. 6. – № 2. – S. 5-16.

9. Beljuchenko I.S. K voprosu o roli lesa v funkcional'nom vosstanovlenii bassejnov stepnyh rek kraja // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza, 2010v. – Т. 6. – № 3. – S. 3-14.

10. Beljuchenko I.S. K voprosu o formirovanii i svojstvah organomineral'nyh kompostov i reakcii rastenij kukuruzy na ih vnesenie // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2011a. – Т. 7. – № 4. – S. 65-74.

11. Beljuchenko I.S. Jekologicheskie problemy stepnoj zony Kubani, prichiny ih vzniknovenija i puti reshenija // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza, 2011b. – Т. 7. – № 3. – S. 47-64.

12. Beljuchenko I.S. Slozhnyj kompost i ego rol' v uluchshenii pochv // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2012a. – T. 8. - № 2. – S. 75-86.

13. Beljuchenko I.S. Ispol'zovanie othodov byta i proizvodstva dlja sozdaniya slozhnyh kompostov s cel'ju povyshenija plodorodija pochv // Tr. / Kub GAU, 2012b. – T. 1. – № 38.– S. 68-72.

14. Beljuchenko I.S. K voprosu o mehanizmah upravlenija razvitiem slozhnyh kompostov // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza, 2012v. – T. 8. – № 3. – S. 88-111.

15. Beljuchenko I.S. Primenenie organicheskikh i mineral'nyh othodov dlja podgotovki slozhnyh kompostov s cel'ju povyshenija plodorodija pochv // Tr. / Kub GAU, 2012g. – T. 1. – № 39. – S. 63-68.

16. Beljuchenko I.S. Dispersnye i kolloidnye sistemy othodov i ih koaguljacionnye svojstva // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza, 2013. – T. 9. – № 1. – S. 13-38.

17. Beljuchenko I.S. Slozhnye komposty kak istochnik rasshirenija jekologicheskikh nish kul'turnyh rastenij v sisteme pochvennogo pokrova // Tr. Konf. «problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva. – Krasnodar, 2013. – S. 12-14.

18. Beljuchenko I.S., Gukalov V.N. Problemy razvitija agrolandshaftnyh sistem v bogarnoj zone Krasnodarskogo kraja // Jekol. problemy Kubani, 2003. – № 21. – S. 7-183.

19. Beljuchenko I.S., Korunchikova V.V. K voprosu o podderzhanii bioraznobrazija zhi-vyih organizmov v prirodnyh landshaftah Krasnodarskogo kraja metodami introdukcii i akklimatizacii // Jekol. problemy Kubani, 2003.– № 20. – S. 20-33.

20. Beljuchenko I.S., Murav'ev E.I. Kolloidnyj sostav i koaguljacionnye svojstva disper-snyh sistem pochvy i nekotoryh othodov promyshlennosti i zhivotnovodstva // Tr. KubGAU. 2008. № 11. S. 177-182.

21. Dobrovol'skij G.V., Nikitin E.D. Sohranenie pochv kak nezamenimogo komponenta biosfery. – M.: Nauka, 2000. – 185 s.

22. Murav'ev E.I., Beljuchenko I.S. Ocenka vlijanija himicheskogo proizvodstva na so-stojanie okruzhajushhijh landshaftov // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza, 2005. – T. 1. – № 2. – S. 138-140.

23. Kobeckaja O.A., Beljuchenko I.S. Soderzhanie tjazhelyh metallov v vode reki Kirpili // Tr. KubGAU. 2007.. № 6. S. 100-103.

24. Murav'ev E.I., Beljuchenko I.S. Svojstva fosfogipsa i vozmozhnost' ego ispol'zo-vanija v sel'skom hozjajstve // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2008. T. 4. № 2. S. 5-17.

25. Patent № 2019947. Sposob sozdaniya polidominantnyh pastbishh v kon-tinental'nyh subtropikah / I.S. Beljuchenko (RU). № zajavki: 4904119/15. Da-ta podachi zajav-ki22.01.1991, Data publikacii: 30.09.1994.

26. Patent na izobrenenie RUS 2204227 24.09.2001. Sposob predposevnoj obrabotki semjan pshenicy Tret'jakova O.I., Fedulov Ju.P., Suslov V.I., Beljuchenko I.S., Kotljarov N.S., Zaplishnyj V.N.

27. Patent na izobrenenie RUS 2206516 02.10.2001. Jelektromagnitnoe ustrojstvo dlja obrabotki zhidkosti. Bogatyrev N.I., Beljuchenko I.S., Tlish R.D., Potapenko I.A., Siljaeva N.V., Kurzin D.N.

28. Petrenko D.V., Beljuchenko I.S. Vlijanie othodov Belorechenskogo himzavoda na so-derzhaniya stroncija v okruzhajushhijh landshaftah // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. 2012. T. 8. № 1. S. 4-79.

29. Popova T.V., Ju Gukalov V.N., Beljuchenko I.S. Osobennosti raspredelenija tjazhelyh metallov v korneobitaemom sloe chernozema obyknovenno v raznyh mestoobitanijah // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2010. – T. 6. – № 1. – S. 24-26.

30. Smagin A.V., Sadovnikova N.B. Nauchno-jeksperimental'noe obosnovanie primene-nija sil'nonabuhajushhijh polimernykh gidrogelej v tehnologijah rekul'tivacii legkijh pochv // I

Vserossijskaja nauchnaja Konferencija «Problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skhozjajstvennogo proizvodstva». – Krasnodar, 2009. – S. 20-28

31. Smagin A.V. Teorija i praktika konstruirovanija pochv. Izd-vo MGU, 2012. – 542 s.