

Использование органических отходов в сельском хозяйстве

Г. Е. Мерзлая

ГЕНРИЕТА ЕГОРОВНА МЕРЗЛАЯ — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующая лабораторией органических удобрений Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (ВНИИА). Область научных интересов: агроэкология органических отходов и удобрений.

127550 Москва, ул. Прянишникова, д. 31А, ВНИИА, тел. (095)976-47-07, факс (095)976-37-50

С развитием промышленности, сельского и коммунального хозяйства резко возрастают объемы отходов, в том числе органических, которые при соответствующей переработке могут служить источниками органического вещества и питательных элементов для растений. Это прежде всего отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности — кора, опилки, лигнин, лигносульфонаты и т.п.; отходы сельского хозяйства — бесподстилочный навоз (БПН) и птичий помет, солома, ботва; отходы населенных пунктов — осадки сточных вод (ОСВ), прудовые илы и др.

В настоящее время значительная часть промышленно-бытовых отходов концентрируется в отвалах, шламонакопителях, на иловых площадках очистных сооружений городов, а отходов животноводства — в навозохранилищах, не оборудованных гидроизоляцией, или в лагунах. Такое размещение отходов без должного использования в течение длительного времени, изморяющегося часто десятилетиями, приводит к резкому ухудшению экологической обстановки окружающих территорий и водных объектов.

Вместе с тем сельское хозяйство страны испытывает острый дефицит в органических удобрениях. Объем внесения органических удобрений в 2000—2002 гг. из-за недостатка финансовых и технических средств не превышал 60 млн. т вместо 390 млн. т в 1990 г., т.е. сократился в 6,5 раз. При этом, начиная со второй половины прошедшего столетия с внедрением промышленных методов в животноводстве, стало заметно снижаться количество традиционных органических удобрений в виде навоза и птичьего помета на подстилке, и преобладающим (более 70% от общей массы) стал бесподстилочный навоз и помет, хранение и использование которых представляет серьезную экологическую проблему.

БПН отличается по сравнению с подстилочным навозом повышенной влажностью, более узким соотношением углерода к азоту, наличием хорошо растворимых и доступных растениям элементов питания.

К настоящему времени по результатам научно-исследовательских работ установлена достаточно высокая эффективность жидких органических удобрений как при непосредственном внесении в почву, так и после предварительной подготовки (компостирования). О высоком агроэкологическом эффекте систематического применения БПН при оптимизации доз свидетельствуют, в частности, исследования лаборатории органических удобрений Всероссийского НИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. Длительный опыт

с различным насыщением кормового севооборота полужидким навозом при ежегодном его внесении продолжился в течение 3 ротаций общей продолжительностью 15 лет. Севооборот 5-польный с чередованием культур: кукуруза на двух полях, вико-овсяная смесь, многолетние травы двух лет пользования. Навоз поступал с фермы крупного рогатого скота влажностью 86—92%, содержал на сырое вещество 0,2—0,4% общего азота, 0,1—0,2% P_2O_5 , 0,2—0,6% K_2O . В полевом опыте изучали эффект возрастающих доз навоза — 0, 1, 2, 3, 4, 5. Одинарная доза соответствовала 34 т/га нативного навоза с содержанием 115 кг N, 51 кг P_2O_5 и 148 кг K_2O . Опыт был заложен на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве, содержащей перед закладкой в пахотном слое 1,8% органического углерода (гумуса по Тюрину), 170 мг/кг P_2O_5 и 115 мг/кг K_2O (по Кирсанову, экстрагируемых 0,2 M HCl 1 : 5), pH солевой вытяжки $pH_{KCl} = 5,1$.

Возрастающие дозы БПН повышали продуктивность кормового севооборота, однако их окупаемость снижалась и становилась нулевой при дозе БПН, эквивалентной 575 кг/га азота. С ростом доз навоза после 15 лет применения в почве увеличивалось содержание органического вещества, подвижных соединений фосфора и калия, снижалась кислотность. Повышение доз навоза способствовало накоплению нитратов в почвенном профиле до глубины 4,5 м. При этом важно указать, что нитраты в варианте с навозом накапливались в 4 раза менее интенсивно, чем при эквивалентной дозе минеральных удобрений. Аналогичная зависимость от навоза и минеральных удобрений получена и при определении концентрации нитратов в грунтовых водах.

С учетом приведенных данных по продуктивности и окупаемости полужидкого навоза прибавкой урожая, а также по агрохимическим свойствам почвы и экологическим показателям наиболее эффективной в условиях длительного эксперимента оказалась двойная доза удобрения, соответствующая 230 кг N, 102 кг P_2O_5 и 296 кг K_2O на 1 га.

Эти результаты исследований с определенными уточнениями по дозам жидких органических удобрений позднее были подтверждены в других опытах в различных зонах страны. Обобщение многочисленных материалов Географической сети позволило рекомендовать среднегодовую дозу БПН эквивалентную не более 200 кг азота на 1 га за ротацию севооборота (пастбищеоборота) на почвах с невысоким содержанием доступных для растений соединений фосфора и калия

(50—70 мг/кг), что соответствует нагрузке от 2,5 условных голов скота на 1 га. В условиях орошения доза навоза повышается до 300 кг азота [1].

Важным фактором рационального использования жидких органических удобрений является учет их влияния на качество сельскохозяйственной продукции. В исследованиях, проведенных на сенокосах с дерново-подзолистыми суглинистыми почвами (Центральный и Северо-Западный районы Нечерноземной зоны), при одностороннем применении бесподстилочного навоза наблюдали увеличение в сене общей зольности, калия (но не выше зоотехнических норм), а также каротина. При изучении изменений в содержании микроэлементов (Mn, Zn, Cu, Co) в растениях при внесении навоза установлена зависимость от биологических особенностей выращиваемых культур. Из исследуемых кормовых культур — кукурузы на силос, однолетних и многолетних трав — повышение содержания меди, кобальта и цинка отмечалось только в злаковых многолетних травах при внесении БПН в дозах 230 кг/га азота и более [2]. На дерново-подзолистой песчаной почве (Новозыбковская опытная станция ВНИИА) при выращивании картофеля повышение доз БПН практически не изменяло содержание крахмала в клубнях и, что особенно важно для регионов с радиоактивным загрязнением почв, понижало содержание радионуклидов.

При сравнении различных систем удобрения установлено преимущество органоминеральной системы, обеспечивающей улучшение плодородия почвы и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур (табл. 1).

В условиях Северо-Западного региона [3], применение БПН в сочетании с минеральными удобрениями по сравнению с их отдельным внесением позволяло получить лучшие результаты на сенокосе не

только по урожайности сена, но и по выходу протеина (табл. 2).

Приведенные результаты по эффективности БПН получены при прямом его внесении в почву, которое осуществляется поверхностно с помощью разбрасывателей. Однако при этом важно указать на перспективность и такого способа внесения, как локальный, внутрипочвенный, эффект которого был доказан с агрономической и санитарно-гигиенической точек зрения. При внутрипочвенном способе посева многолетних трав после укосов или стравливания удобряют дозами навоза 90—120 т/га, пропашные культуры дозами 30—50 т/га — лентами 300—350 мм на глубину 12—17 см. Внутрипочвенное внесение имеет ряд преимуществ перед поверхностным: улучшение санитарного режима работы с навозом обслуживающего персонала, снижение потерь питательных веществ, уменьшение загрязнения воздуха и близлежащих водоемов. В совместных работах ряда институтов (ВИМ, ВИУА, ВИГИС, ВНИИВСГЭ) была показана целесообразность применения внутрипочвенного внесения навоза на сенокосах. В условиях подмосковного хозяйства «Коробовский» прибавка урожая сена составляла 28% по сравнению с поверхностным внесением и 77% по отношению к неудобренному контролю.

Одним из способов подготовки БПН является его компостирование с соломой, торфом, древесными отходами и другими наполнителями для разбавления, улучшающими физико-химические и технологические свойства удобрения.

По опыту хозяйства «Новоселки» Каширского района Московской области, БПН успешно компостировали с соломой зерновых культур в соотношении 1 : (2—3). Через год хранения смеси получали компост высокого качества, пригодный для внесения под любые сельскохозяйственные культуры.

Таблица 1

Влияние удобрений на продуктивность севооборота и агрохимические свойства почвы

Показатели	Контроль (без удобрений)	Удобрения		
		органические (БПН)	минеральные	орга-но-минеральные
Продуктивность севооборота, т к.е./га	4,18	7,08	8,22	8,22
pH _{KCl}	5,2	5,6	4,4	5,2
Гумус, %	1,7	2,2	1,9	2,2
P ₂ O ₅ , мг/кг	102	192	238	221
K ₂ O, мг/кг	91	288	378	324

Примечание. Содержание в исходной почве: гумуса — 1,8%, P₂O₅ — 144 мг/кг, K₂O — 111 мг/кг

Таблица 2

Влияние удобрений на урожайность сенокоса и выход сырого протеина

Показатель	Контроль (без удобрений)	Удобрения		
		БПН	минеральные	БПН + минеральные
Урожайность, т/га	5,2	7,2	7,8	10,1
Прибавка урожая, %	—	52	50	94
Содержание сырого протеина, %	12,9	11,1	12,7	13,1
Выход сырого протеина, ц/га	6,7	8,0	9,9	13,2

Химический состав исходных компонентов компостной смеси (% в сухом веществе)

Компонент	Влажность, %	Органическое вещество, %	Азот, %		P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	C : N	рН
			общий	в т.ч. аммонийный				
Навоз	82,6	92,0	2,2	0,8	1,4	3,4	21	8,8
Помет	71,8	70,6	6,5	3,6	6,2	2,8	5	8,1
Кора	57,9	95,3	0,6	—	0,4	0,1	79	5,3
Лигнин	67,2	97,7	0,7	—	0,3	0,03	71	2,4
Смесь	68,7	90,8	3,8	2,8	1,8	1,1	18	7,4

В северных районах БПН или помет целесообразно компостировать с торфом или измельченными древесными отходами. В условиях Архангельской области высококачественный компост был получен из смеси, включающей такие компоненты, как БПН — 38%, птичий помет — 38%, древесная кора 13%, горячий лигнин 11%. В качестве минеральных добавок при компостировании применяли мочевины (1,5% по азоту) и суперфосфат (0,5% P₂O₅). Состав исходных компонентов сильно различался по содержанию азота, фосфора, калия и величине рН (табл. 3). Кора и лигнин имели меньшую влажность, чем навоз и помет, но в то же время были бедны элементами питания. Сочетание всех исследуемых компонентов позволило получить смесь благоприятного химического состава и необходимой для компостирования влажности.

Несмотря на то, что компостирование выполняли в зимнее время (в декабре), биотермические процессы в буртах протекали в нормальном режиме, и за 1,5–3 месяца получали вполне благополучный в санитарно-гигиеническом отношении продукт [4] с высокой удобрительной ценностью. Готовый компост содержал (в расчете на сырое вещество) 30% органического вещества, 0,5–0,7% азота, 0,3–0,5% P₂O₅ и 0,3–0,4% K₂O при рН 7,4–7,5. При испытании на Архангельской опытно-мелиоративной станции такой компост по эффективности не уступал навозу и повышал урожайность картофеля вдвое по сравнению с контролем.

Из жидких органических удобрений наиболее проблематичным в технологическом и экологическом отношении является использование птичьего помета. Оптимизировать технологические свойства БПН, улучшить его санитарно-гигиенические показатели и смягчить воздействие на растительные организмы позволяет приготовление на его основе компостов. Исследования показывают высокий эффект торфопометного компоста при внесении под картофель, урожайность в случае компоста примерно такая же, как при одностороннем применении помета, а содержание нитратов в клубнях более низкое [5].

Важным источником органического вещества являются нетоксичные отходы промышленности и коммунального хозяйства. Как указывал академик Д.Н. Прянишников [6], вопрос о наиболее рациональной системе использования отходов имеет существенное агрономическое и санитарное значение. При этом он обращал внимание на целесообразность такого приема, как компостирование отходов, который позволяет получать ценные удобрения.

Первые, наиболее значимые научные работы с различными отходами, в частности по оценке их химиче-

ского состава и удобрительной ценности, были проведены в лаборатории органических удобрений ВИУА в 30-х годах прошедшего столетия [7]. В настоящее время актуальной проблемой стало использование муниципальных отходов, главным образом осадков сточных вод (ОСВ), в качестве удобрения в сельском хозяйстве и газонном строительстве. Как известно, с очистных сооружений городов поступают колоссальные объемы ОСВ, для размещения которых требуются большие площади. Только на станциях аэрации г. Москвы ежедневно образуется 25–30 тыс. м³ осадка естественной влажности, или около 10 млн. м³ в год [8].

Осадки характеризуются высокой удобрительной ценностью, содержат до 50% органического вещества, 1–2% общего азота, 3–5% фосфора, а также микроэлементы, имеют нейтральную или близкую к нейтральной реакцию среды (табл. 4).

Таблица 4

Свойства и химический состав осадков сточных вод г. Москвы

Показатель	ОСВ с фильтров-прессов	ОСВ с иловых площадок (10 лет хранения)
Влажность, %	84	74
рН	6,9	6,9
Органическое вещество, %	47	53
Азот общий, %	1,8	2,4
Азот нитратный, %	не обнаружен	не обнаружен
P ₂ O ₅	3,9	5,2
K ₂ O	0,16	0,22
C : N	13	11

Состав осадков промышленно-бытовых сточных вод отличается большим разнообразием, что видно из таблиц 5–7, где приведены данные по содержанию элементов в осадках некоторых городов страны [9–11].

Сельскохозяйственное применение ОСВ ограничивается наличием в них тяжелых металлов, количество которых может превышать допустимые концентрации. Однако в последние годы, в связи с совершенствованием технологий очистки сточных вод и снижением выбросов из-за сокращения ряда производств, вновь образуемые осадки имеют более низкое содержание тяжелых металлов, чем десятилетие назад, об этом свидетельствуют данные Курьяновской станции аэрации г. Москвы (табл. 7). Поэтому важен

Таблица 5

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в ОСВ по городам России

Показатель, мг/кг сухой массы	Санкт-Петербург (Пушкинская СА)	Новозыбков	Сочи	Пенза	Барнаул	Якутск
Pb	52	156	27	78	94	60
Ca	26	13	6	13	12	5
Ni	130	30	< 100	240	85	60
Cr	260	2620			1520	180
Mn	825	1002	810	338	390	230
Zn	960	560	1662	1115	1954	410
Cu	445	207	381	484	454	60
Hg		0,5			1,6	
As		2			5,2	

Таблица 6

Химический состав осадка промышленно-бытовых сточных вод Ангарской нефтехимической компании

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Макроэлементы, %			
Na	0,53	P	1,92
Mg	0,75	K	0,51
Al	3,7	Ca	1,83
Si	7,9	Fe	4,03
Микроэлементы, мг/кг сухой массы			
Li	18,5	Zr	100
Be	1,8	Nb	4,1
B	26,9	Mo	8,2
Sc	5,7	Pd	0,3
Ti	1530	Ag	15,6
V	35,5	Cd	5,7
Cr	819	Sn	52
Mn	480	Sb	7,1
Co	62	Ba	1160
Ni	53	La	15,7
Cu	250	Yb	1,2
Zn	1100	W	10,5
Ga	11,0	Hg	0,9
Ge	4,1	Ti	2,5
As	1,9	Pb	131
Sr	240	Bi	12,9
Y	7,4		

Примечание. Au, Pt, Te, In, Hf, Ta, U, Th < 0,1 мг/кг

Таблица 7

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в ОСВ г. Москвы

Элемент, мг/кг	Осадок		Допустимое содержание для группы осадков I (ГОСТ Р 17.4.3.07)
	новый	старый (10 лет хранения)	
Pb	48	159	250
Cd	10	50	15
Ni	95	370	200
Cr	152	805	500
Zn	1852	4921	1750
Cu	424	1497	750
Hg	0,2	0,2	7,5
As	17	43	10

дифференцированный подход использования ОСВ, установление эффективных, экологически безопасных технологий подготовки и применения удобрений на их основе с учетом доз, сроков внесения и подбора соответствующих культур.

С этой целью во ВНИИ агрохимии проводятся специальные исследования с двумя видами осадков сточных вод Курьяновской станции аэрации г. Москвы с различными сроками хранения, а также компостами из них.

По данным в среднем за 5 лет (2000—2004 гг.), при испытании компоста из осадка, приготовленного по новой технологии с использованием древесных отходов (опилок) была получена статистически достоверная прибавка урожая многолетних трав — 95% к контролю без удобрений. При этом эффект компоста практически не отличался от навоза. Аналогичные данные получены по эффективности осадков, применяемых в качестве удобрения без компостирования.

При использовании удобрений на основе ОСВ не отмечено четких закономерностей в изменении содержания тяжелых металлов в почве. Так, в вариантах низких доз (10 т/га) содержание кадмия в почве при внесении осадка и навоза находилось на одном и том же уровне. При повышении дозы удобрений до 35 т больше кадмия в почве содержалось в варианте с осадком. Содержание свинца в почве при повышенных дозах удобрений в данном опыте (35 т/га), наоборот, было большим при внесении навоза, а при меньших дозах (10 т/га) — ОСВ. Следует при этом указать, что содержание как кадмия, так и свинца в почве при

внесении обоих видов органических удобрений было ниже допустимого уровня.

Характерно, что загрязнение почвы тяжелыми металлами при исследуемых дозах компоста по суммарному коэффициенту концентрации (Z_c) составляло в среднем 2,6, т.е. было слабым и приближалось к навозу, для которого этот коэффициент равнялся 2. При изучении миграции тяжелых металлов в почве на глубину до 0,4 м заметных изменений от применения ОСВ не отмечено.

Установлено положительное влияние ОСВ и компостов из них на агрохимические свойства почвы. Особое внимание обращает на себя их воздействие на фосфатный режим почв (табл. 8).

При анализе содержания тяжелых металлов в травяных кормах практически не было установлено различий в вариантах компостов из ОСВ и навоза. При этом определяемые показатели не превышали максимально допустимые уровни, принятые в России.

Микробиологические исследования [12] показали, что удобрения из ОСВ через 5 лет после внесения не вызывали существенных изменений в микробном сообществе почвы. Отмечено лишь некоторое снижение количества грибной микрофлоры, что является положительным фактором (табл. 9).

Компостирование ОСВ с древесными и другими растительными отходами с последующим применением компостов в качестве удобрения признано эффективным приемом за рубежом — в Германии, Франции, других странах Европы. По опыту Тюрингии (ФРГ) компостирование смесей из ОСВ проводится

Таблица 8

Влияние ОСВ на агрохимические свойства почвы

Варианты (дозы на 1 га)	pH _{KCl}	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/100 г	K ₂ O, мг/100 г
Контроль	5,0	1,2	5,4	12,3
Осадок новый 10 т	5,0	1,2	11,7	9,9
Осадок новый 35 т	5,4	1,4	26,5	10,6
Осадок старый 10 т	5,2	1,4	14,5	8,7
Осадок старый 35 т	5,2	1,5	43,0	9,8
N 180 кг, P ₂ O ₅ 60 кг, K ₂ O кг	4,9	1,2	5,3	8,8

Таблица 9

Количество колониеобразующих единиц микроорганизмов в 1 г сухой почвы (КОЕ/г) при внесении осадков сточных вод г. Москвы

Варианты опыта	Общее микробное число	Грамположительные	Аммонифицир. м-мы	Амилолитические м-мы	Олигонитрофилы, м-мы	Грибы
Контроль (без удобрений)	11,9	4,6	10,1	23,1	21,5	4,6
Осадок с фильтр-пресса, 10 т	13,1	4,2	10,1	19,3	17,9	5,9
То же, 35 т	15,6	2,3	9,1	21,2	14,2	1,3
Осадок с иловой площадки, 10 т	9,7	3,0	14,3	19,8	18,6	0,8
То же, 35 т	11,7	2,3	12,4	25,6	24,2	1,3
Минеральные удобрения (NPK)	9,9	3,5	8,05	25,9	18,2	2,5

Таблица 10

Химический состав компоста на основе ОСВ (данные Agrar — u. Umwelt Analytik GmbH)

Показатель	Содержание в компосте	Норматив
Влажность, %	29,9	—
Сухое вещество, %	40,9	—
Органическое вещество, % СВ	45,2	Свежий компост: ≥ 40% Готовый компост: ≥ 15%
C:N	14	—
Содержание солей, г/л сырой массы	4,95	—
Общее содержание, % СВ:		
N	1,86	—
P ₂ O ₅	1,91	—
K ₂ O	0,51	—
MgO	0,86	—
CaO	8,3	—
Содержание подвижных форм, мг/кг сырой массы:		
NH ₄ —N	147	—
NO ₃ —N	750	—
P ₂ O ₅	824	—
K ₂ O	702	—
MgO	126	—

Санитарно - гигиенические показатели

Сальмонеллы, содержание в 50 г	Не обнаружены	
Тяжелые металлы	Содержание в компосте, мг/кг СВ	Допустимое содержание
Pb	70,2	150*/100**
Cd	0,87	1,5*/1**
Cr	47,7	100*/70**
Cu	99,4	100/70**
Ni	31,1	50*/35**
Hg	0,29	1*/0,7**
Zn	377	400*/300**

* При дозе 20 т/га на 3 года. ** При дозе 30 т/га на 3 года

естественных условиях, в буртах, как правило, в течение года [13]. Для производства компостов применяют специальную технику. Благодаря компостированию из ОСВ получают удобрения, соответствующие агроэкологическим требованиям. Так, компост, состоящий из 70% древесных опилок и растительных остатков и 30% осадка, характеризовался высокой удобрительной ценностью, а содержание тяжелых металлов в компосте не превышало допустимых значений (табл. 10).

На основании отечественных и зарубежных исследований, практического опыта по использованию ОСВ сточных вод подготовлен ряд нормативных документов [14—18].

Согласно ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, осадки при сельскохозяйственном использовании подразделяют на 2 группы по концентрации тяжелых металлов и мышьяка, а также по санитарным показателям (табл. 11, 12).

Осадки группы I используют под все виды сельскохозяйственных культур, кроме овощных, грибов, зеленных и земляники, осадки группы II — под зерновые, зернобобовые, зернофуражные и технические культуры. Осадки обеих групп используются также в промышленном цветоводстве, зеленом строительстве, лесных и декоративных питомниках, для биологиче-

ской рекультивации нарушенных земель и полигонов твердых бытовых отходов.

Таблица 11

Допустимое валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка в осадках (мг/кг сухого вещества, не более)

Металл	Группа осадков	
	I	II
Pb	250	500
Cd	15	30
Ni	200	400
Cr _{общ}	500	1000
Zn	1750	3500
Cu	750	1500
Hg	7,5	15
As	10	20

Дозы ОСВ в чистом виде и в составе компостов, в соответствии с Санитарными правилами СП 1.2.1170-02, должны составлять на почвах среднего и тяжелого состава не более 10 т/га сухой массы с периодичностью вне-

Санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические показатели ОСВ

Наименование показателя	Норма для осадков группы	
	I	II
Бактерии группы кишечной палочки, клеток/г осадка фактической влажности	100	1000
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, клеток/г	Отсутствие	Отсутствие
Яйца геогельминтов и цисты кишечных патогенных простейших, экз./кг осадка фактической влажности, не более	Отсутствие	Отсутствие

сения один раз в 5 лет, на легких песчаных и супесчаных почвах — 7 т/га и вносятся один раз в 3 года.

Согласно проведенному анализу, в обозримой перспективе в нашей стране на удобрение в год в расчете на сухое вещество может использоваться не менее 1 млн. т ОСВ и компостов на их основе, что может существенно оздоровить окружающую среду и одновременно позволит улучшить питательный режим почв и получать дополнительно на 1 т удобрений 50—70 кг кормовых единиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дозы и сроки внесения бесподстилочного навоза. М.: ВИУА, 1990, 23 с.
2. Семина С.А. Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. М., 1988, 26 с.
3. Мерзлая Г.Е., Вахрушева В.В., Сереброва И.В., Креминская Л.И. Агрохимия, 2004, № 7, с. 33—40.
4. Баранников В.Д. Автореф. дис. докт. ... биол. наук. М., 1993, 47 с.
5. Степанов А.И., Охлопкова П.П., Мерзлая Г.Е., Гаврилова В.А. Производство торфопометных компостов и их использование под картофель в условиях Якутии. Рекомендации. Новосибирск: СО РАСХН, 1993, 16 с.
6. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Том 1. М.: Колос, 1965, с. 610—611.
7. Гусев С.П. Использование отходов промышленности и сельского хозяйства для удобрений. Сельхозгиз, 1932, 141 с.
8. Храменков С.В., Загорский В.А., Пахомов А.Н., Данилович Д.А. Водоснабжение и санитарная техника, 2002, № 12, ч. 1, с. 7—12.
9. Антонова О.И. Использование животноводческих стоков, сточных вод и других отходов сельхозпроизводства в орошаемом земледелии для улучшения почвенного плодородия, экологии и продуктивности агроландшафтов. Сб. науч. тр. НИИССВ «Прогресс». М., 1998, с. 265—273.
10. Технологический регламент использования осадков сточных вод в качестве удобрения в Алтайском крае. Барнаул: Алтайский филиал ФГУП НИИССВ «Прогресс», 2002, 32 с.
11. Куликова Н.Н., Парадина Л.Ф., Сутурин А.Н. и др. Агрохимия, 2004, № 11, с. 71—79.
12. Архипченко И.А. Научно-практическая конференция «Микробная экотехнология и переработка органических и сельскохозяйственных отходов». С.-П., 2000, с. 103.
13. Стратегия использования осадков сточных вод и компостов на их основе в агрокультуре. М.: Агроконсалт, 2002, 140 с.
14. Требования к качеству сточных вод и их осадков, используемых для орошения и удобрения. М.: Минсельхозпрод РФ, 1995.
15. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. М.: Минздрав РФ, 1997.
16. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам ОСВ при использовании их в качестве удобрений. М.: ГОССТАНДАРТ России, 2001.
17. Типовой технологический регламент использования осадков сточных вод в качестве органического удобрения. М.: Минсельхоз РФ, 2000.
18. Санитарные правила СП 1.2.1170-02 Гигиенические требования к безопасности агрохимикатов.