

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
«НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК» БЕЛАРУСИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«АГРОФИЗИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ»

РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ»

ПРОИЗВОДСТВО, ИЗУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЁТА

Санкт-Петербург
2018

УДК 631.81.861.895.879 (470.2)

РЕЦЕНЗЕНТЫ

В. П. Якушев, академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор

А. Ю. Брюханов, доктор техн. наук, профессор РАН

Авторский коллектив: А. И. Иванов, В. В. Лапа, Н. Г. Ковалёв,
И. А. Иванов, Г. Ю. Рабинович, Д. А. Иванов,
Ж. А. Иванова, А. А. Конашенков, И. А. Фрейдкин, М. А. Фесенко,
П. А. Филиппов, Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, О. М. Бирюкова,
Ю. А. Белявская, Т. В. Соколова, З. М. Алещенкова, Л. Е. Картыжова,
И. А. Архипченко

Производство, изучение и применение удобрений на основе птичьего помёта. Под общей редакцией А. И. Иванова, В. В. Лапы. СПб.: ФГБНУ АФИ, 2018. 317 с.

Рекомендовано к изданию решениями учёных Советов
ФГБНУ АФИ от 25 января 2018 г. (протокол № 1),
РУП институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси
от 10 апреля 2018 г. (протокол № 4),
ФГБНУ ВНИИМЗ от 20 апреля 2018 г. (протокол № 2).

В книге на основании многолетних исследований авторов рассматриваются: различные теоретические и практические аспекты обоснования технологий производства и применения новых органических и органоминеральных удобрений на основе птичьего помёта; методические основы их изучения и оценки на этапе испытания и проектирования на их базе систем удобрения и воспроизводства плодородия дерново-подзолистых почв с использованием принципов системности и многомасштабности; закономерности и параметры воздействия новых удобрительных материалов на питательный режим, агрофизические, физико-химические, агрохимические и биологические свойства почвы, на продукционный процесс растений, продуктивность культур и севооборотов, на качество товарной продукции и кормов; факторы повышения агроэкономической и энергетической эффективности и снижения агроэкологических рисков в связи с производством и применением удобрений на основе птичьего помёта.

Книга предназначена для широкого круга специалистов агрономических служб хозяйств, научных работников и преподавателей высшего и среднего профессионального образования в области земледелия, агроэкологии, агрофизики и агрохимии.

ISBN
DOI

© - Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Агрофизический
научно-исследовательский институт»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЁТА.....	10
1.1 Состав и свойства птичьего помёта как сырья для производства удобрений.....	10
1.2 Научно-практические основы производства удобрений из птичьего помёта.....	15
1.3 Теоретические основы биокomпостирования птичьего помёта.....	23
1.4 Технологические основы производства удобрений из птичьего помёта.....	29
1.4.1 Технология аэробно-анаэробного биокomпостирования при производстве биоактивированного помёта.....	29
1.4.2 Технология производства органоминерального удобрения на основе сушки.....	32
1.4.3 Технология твёрдофазной ферментации при производстве компоста многоцелевого назначения.....	35
1.4.4 Технология глубокой аэробной ферментации помёта при производстве полифункционального комплексного удобрения ПолиФунКур.....	51
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ НОВЫХ ПОМЁТНЫХ УДОБРЕНИЙ.....	58
2.1 Методология изучения удобрительной ценности новых удобрений.....	59
2.2 Принципы построения системы экспериментов.....	63
2.3 Методические принципы отдельных групп экспериментов.....	71
2.4 Методология информационного обеспечения полевых опытов.....	81
2.5 Методические основы изучения новых удобрений в АФИ и характеристика объектов исследования.....	89
2.6 Погодно-климатические условия в годы исследований.....	96
3 ФУНДАМЕНТАЛЬНО-ПРИКЛАДНЫЕ ОСНОВЫ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ.....	100
3.1 Основные факторы формирования эффективного плодородия дерново-подзолистых почв.....	101
3.1.1 Условия почвообразования на Северо-Западе РФ и в Беларуси.....	101
3.1.2 Роль антропогенного фактора в формировании эффективного плодородия дерново-подзолистых почв.....	105

3.2 Физиологические потребности растений в почвенных условиях жизни.....	114
3.3 Севооборот – организационная основа системы применения удобрений и воспроизводства почвенного плодородия	119
3.4 Свойства новых удобрений на основе помёта.....	127
3.4.1 Состав и свойства новых органических и органоминеральных удобрений АФИ.....	128
3.4.2 Состав и свойства компоста многоцелевого назначения.....	134
3.4.3 Состав и свойства полифункционального биоудобрения Полифункур.....	138
3.5 Методические и технологические основы применения новых удобрений	140
3.5.1 Обоснование оптимальной дозы удобрения.....	140
3.5.2 Приёмы, способы и сроки внесения, глубина и сроки заделки удобрений.....	149
3.6 Регламенты применения новых удобрений на основе птичьего помёта.....	157
3.6.1 Регламент применения органоминерального удобрения ОФК..	157
3.6.2 Регламент применения органического удобрения БАП «ТК»...	160
3.6.3 Регламент применения нового органического удобрения «АГРОПИК-ЭКО».....	164
3.7 Методология проектирования системы удобрения в севообороте и её оценка.....	168
3.8 Методика оценки экономической и энергетической эффективности систем удобрения.....	177
4 АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЁТА И СИСТЕМ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ.	184
4.1 Влияние новых удобрений на питательный режим дерново-подзолистых почв.....	185
4.2 Рост и развитие сельскохозяйственных культур под действием удобрений на основе птичьего помёта.....	193
4.3 Агрономическая эффективность помётных удобрений.....	199
4.3.1 Влияние органоминеральных помётных удобрений на продуктивность культур и севооборотов.....	200
4.3.2 Эффективность биоактивированных видов помётных удобрений в Нечерноземье России.....	208
4.3.3 Эффективность помётных удобрений в условиях Беларуси.....	213
4.3.4 Агрономическая эффективность КМН в различных ландшафтно-экологических условиях.....	220
4.3.5 Эффективность дифференцированного применения	

удобрений на основе птичьего помёта.....	225
4.3.6 Эффективность помётных удобрений при вторичном освоении зарастающих земель.....	234
4.4. Роль новых удобрений в воспроизводстве плодородия дерново-подзолистых почв.....	240
4.4.1 Влияние помётных удобрений на физико-химические и физические свойства почв.....	241
4.4.2 Биологическая активность почв под действием новых удобрений.....	248
4.4.3 Гумусное состояние дерново-подзолистых почв при применении удобрений на основе помёта.....	257
4.4.4 Воспроизводство агрохимических свойств почвы.....	268
4.4.5 Применение помётных удобрений и токсикологическая безопасность почв.....	277
4.5 Зависимость качества и безопасности продукции земледелия от уровня применения новых удобрений.....	280
5 АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ УДОБРЕНИЙ И СИСТЕМ.....	289
5.1 Оценка экономической эффективности применения органоминеральных удобрений.....	290
5.2 Экономическая и энергетическая эффективность применения органических удобрений на основе помёта.....	299
5.3 Экономическая эффективность применения удобрений на основе помёта в Беларуси.....	304
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	307
ЛИТЕРАТУРА.....	308

ВВЕДЕНИЕ

Современное высокоэффективное товарное сельскохозяйственное производство входит в число наиболее наукоёмких отраслей экономики. В условиях Нечернозёмной зоны России и Беларуси, когда не менее половины прибавки урожая сельскохозяйственных культур формируется за счёт систем удобрения, степень научной обоснованности их применения во многом определяет экономический и социальный успех всей отрасли и её экологическую безопасность (Архипов и др., 2015, 2016). Почвенно-климатические условия Нечерноземья таковы, что обеспечивают наивысшую отдачу от применения практически всех видов удобрений (Дерюгин и др., 1995; Иванов, Иванов, 2006). Без их обоснованного использования эффективное земледелие в регионе невозможно в принципе (Сапожников, Корнилов, 1977; Кулаковская, 1978, 1985; Иванов, 1989; Небольсин и др., 1997; Иванов и др., 2009).

Однако современный уровень применения удобрений и известки в России в десятки раз меньше минимально необходимых для воспроизводства почвенного плодородия нормативов (Иванов, Иванов, 2006; Сычёв и др., 2014). В результате развития скрытых деградационных процессов в ряде регионов доля пахотных почв с повышенной кислотностью превысила 50 %, низким содержанием гумуса – 70 %, калия – 35 %, фосфора – 15 %. И хотя в Беларуси данная проблема не стоит так остро, не считается с нею на широко распространённых на пашне лёгких дерново-подзолистых почвах в условиях промывного водного режима невозможно (Белоус, 1997; Иванов и др., 1997-2016; Литвинович, Павлова, 2011).

Одной из причин этого стало неудовлетворительное использование ресурсов местных удобрений (Иванов, 1998, 2005, 2009; Витковская, 2012). Только в Ленинградской области из 3,5 млн. т навоза (в т.ч. 1 млн. т птичьего помёта) ежегодно вносится в почву не более 1,4 млн. т. Значительная доля из неиспользуемого объёма приходится на птичий помёт – высокообъёмный отход весьма преуспевающей отрасли птицеводства.

В Беларуси и России оно представлено 103 и 650 предприятиями соответственно. Переход на новые наукоёмкие технологии позволяет ежегодно наращивать темпы производства яиц и мяса на 3-7 %, вводя и реконструируя по 20-30 птицефабрик. Степень концентрации производства здесь такова, что 20-25 крупнейших предприятий производят до 70-80 % от общего объёма товарной продукции.

Например, в Ленинградской области среднегодовое производство яиц в ЗАО «ПФ Синявинская» превысило 1,3 млрд. шт., в ПАО «ПФ Роскар» - 1,1 млрд. шт., мяса в живом весе в ОАО «Птицефабрика Северная» - 250 тыс. т. Доля птицы в мясном производстве двух стран постепенно увеличилась до 37 и 45 % (Медведева и др., 2017; Доклад ..., 2018). Пропорционально при этом увеличиваются объёмы образования отходов, отличающихся потенциальной опасностью для окружающей среды и человека и неудовлетворительными технологическими свойствами (Еськов и др., 2001; Иванов, 2013).

Благодаря особенностям своего химического состава птичий помёт может выступать в роли ценного органического удобрения. В свежем помёте кур содержится от 1,2 до 2,4 % азота, 1,5 – 2,0 % фосфора, 0,8 – 1,0 % калия, а также всё многообразие микроэлементов. Однако при этом он обладает рядом потенциально опасных и отрицательных качеств:

1) высокая биологическая активность, особенно, в летний период при неправильном хранении чревата загрязнением атмосферы газообразными соединениями азота, углерода, водорода и др. Кроме того – это и потенциальная заражённость патогенной микрофлорой и возбудителями ряда заболеваний человека и животных, обостряющая санитарно-эпидемиологическую обстановку в сельской местности. Во многом, поэтому виды помёта были включены в Федеральный классификационный каталог отходов (не размещённый в хранилище и не внесённый в качестве удобрения перепревший птичий помёт – отход 4 класса опасности, не использованный на удобрение и не размещённый в хранилище свежий птичий помёт – отход 3 класса опасности).

2) высокая влажность и значительные объёмы производства (особенно, у жидкого и полужидкого видов помёта) на фоне повышенной обеспеченности хорошо растворимыми соединениями биогенных элементов и избыточного выпадения осадков, создают угрозу локального (в местах хранения) загрязнения последними почв, поверхностных и грунтовых вод. Эта особенность птичьего помёта всегда была фактором повышения издержек на его транспортировку и внесение. А в условиях ценового диспаритета они и вовсе ограничили эффективное плечо перевозки 7 – 10 км. На фоне выраженного недостатка земельных ресурсов у птицефабрик это привело к необоснованному завышению доз органических удобрений и, как следствие, к сокращению экономической эффективности их применения.

3) неудовлетворительные физические свойства твёрдого помёта, отличающегося высокой адгезионной способностью и неоднородностью, создают вполне определённые технологические трудности в обеспечении равномерного внесения помётных удобрений по удобряемой площади даже при использовании кузовных разбрасывателей. Прямым следствием нарушения агротехнических требований в этой части стало снижение отдачи от удобрения и экологические издержки в виде недоброкачественной продукции и непроизводительных потерь биогенных соединений.

В ходе реализации программы развития животноводства в регионе произошла резкая концентрация животноводческого производства, в т.ч. птицеводства и увеличение выхода менее ценных видов помёта (с повышенными показателями влажности, содержания полисахаридов и неудовлетворительными биологическими свойствами). Научные основы включения такого помёта в системы удобрения и воспроизводства плодородия дерново-подзолистых (в т.ч. деградированных) почв разработаны недостаточно, что затрудняет его эффективное использование. По некоторым экспертным оценкам (Иванов, 2013), только газообразные потери азота из неиспользуемого своевременно помёта и навоза могут существенно превышать фактические объёмы приобретения азотных удобрений хозяйствами Ленинградской области. Кроме того, отличительной особенностью помёта и удобрений на его основе является повышенное даже относительно других органических удобрений содержание микроэлементов, несущих определённый риск загрязнения ими почв и товарной сельхозпродукции в случае нарушения научных основ их применения. Поэтому активное использование удобрений на основе помёта должно сопровождаться агроэкологическими мониторинговыми исследованиями, которые из экономических и научно-практических соображений будет правильнее вести в системе комплексных научно-производственных изысканий.

Таким образом, становится очевидной необходимость формирования и выполнения целого комплекса организационных, технологических и информационно-аналитических мероприятий, сопровождающих обоснованное использование помёта на удобрение в современных условиях. Выполнение им установленных требований Роспотребнадзора (СП 1.2.1170-02) и ГОСТов в свежем виде практически невозможно и весьма проблематично – после непродолжительного хранения. Поэтому исключительно важна его переработка для получения удобрений, отвечающих нормативным

требованиям санитарно-гигиенических, удобрительных параметров, а также физико-механических свойств и разработка научных и технологических основ их применения. Недостаточная проработка отдельных аспектов агротехники применения новых видов удобрений на базе помёта с использованием нового технологического оборудования сдерживает агрономические службы от их использования в связи с вероятным снижением производительности труда на сезонных полевых работах. Одна из проблем здесь связана с тем, что отечественные кузовные разбрасыватели органических удобрений не способны вносить оптимальные дозы помёта до 20 т/га, а разбрасыватели минеральных – более 3 – 4 т/га. В связи с расширением набора культур – объектов внесения помёта и освоением новых орудий обработки почвы требуют дополнительного обоснования вопросы периодичности применения и заделки помётных удобрений в почву.

С 2010 г в Агрофизическом институте совместно с рядом организаций (ООО «Билавис», «Северо-Запад-Экология» и др.) велась отработка элементов технологий производства и применения новых органических и органоминеральных удобрений на базе куриного помёта. Активной разработкой различных аспектов данной проблемы в Республике Беларусь занимались учёные Институт почвоведения и агрохимии, природопользования, микробиологии НАН Беларуси (г. Минск). Значительный вклад в её решение в регионе внесли также учёные ВНИИМЗ (г. Тверь), ВНИИСХМ (г. Санкт-Петербург), ВНИИОУ (г. Владимир), ИАЭП (г. Санкт-Петербург) и др. С учётом выявленных ранее закономерностей пространственного распределения и трансформации свойств дерново-подзолистых почв в различных условиях разработке на новой информационно-аналитической базе были подвергнуты методология изучения и научные основы организации систем удобрения. В ходе многолетних полевых и лабораторных исследований в системе экспериментов была показана её высокая агроэкологическая и экономическая эффективность. Их результаты легли в основу данной работы.

Иванов Алексей Иванович,

доктор с.-х. наук, профессор, чл.-корр. РАН (ФГБНУ АФИ)

Лапа Виталий Витальевич,

доктор с.-х. наук, профессор, академик НАН Беларуси

(РУП «Институт почвоведения и агрохимии»)

Ковалёв Николай Георгиевич

доктор техн. наук, профессор, академик РАН и НАН Украины,
Заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии РФ
(ФГБНУ ВНИИМЗ, ФГБНУ АФИ)

Иванов Иван Александрович,

доктор с.-х. наук, профессор, Заслуженный агроном РСФСР

Рабинович Галина Юрьевна,

доктор биол. наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ
(ФГБНУ ВНИИМЗ)

Иванов Дмитрий Анатольевич,

доктор с.-х. наук, профессор, чл.-корр. РАН (ФГБНУ ВНИИМЗ)

Иванова Жанна Анатольевна,

кандидат с.-х. наук (ФГБНУ АФИ)

Конашенков Александр Алексеевич,

доктор с.-х. наук (ФГБНУ АФИ)

Фрейдкин Иван Алексеевич,

кандидат с.-х. наук (ФГБНУ АФИ)

Фесенко Мария Александровна,

кандидат с.-х. наук (ФГБНУ АФИ)

Филиппов Пётр Александрович, (ФГБНУ АФИ)

Архипченко Ирина Александровна,

доктор биол. наук, профессор (ФГБНУ ВНИИСХМ)

Серая Таисия Михайловна,

кандидат с.-х. наук, доцент

(РУП «Институт почвоведения и агрохимии»)

Богатырева Елена Николаевна,

кандидат с.-х. наук, доцент

(РУП «Институт почвоведения и агрохимии»)

Бирюкова Ольга Михайловна,

кандидат с.-х. наук,

(РУП «Институт почвоведения и агрохимии»)

Белявская Юлия Антоновна,

(РУП «Институт почвоведения и агрохимии»)

Алещенкова Зинаида Михайловна,

доктор биол. наук, (ГНУ «Институт микробиологии»)

Картыжова Лилия Евгеньевна,

кандидат биол. наук, (ГНУ «Институт микробиологии»)

Соколова Тамара Владимировна,

кандидат техн. наук, (ГНУ «Институт природопользования»)