



## Методы решения экологических проблем в животноводстве и птицеводстве

**Александр Юрьевич Брюханов,**  
доктор технических наук, профессор РАН,  
заведующий отделом, e-mail: [sznii@yandex.ru](mailto:sznii@yandex.ru);  
**Эдуард Вадимович Васильев,**  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник;

**Екатерина Викторовна Шалавина,**  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник;  
**Роман Алексеевич Уваров,**  
кандидат технических наук,  
научный сотрудник

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Реферат.** В Северо-Западном федеральном округе основной источник загрязнения окружающей среды от сельхозпроизводства – утилизация органических отходов (навоз, помет), риск от которой достигает 85 процентов. Проблема обеспечения экологической безопасности требует разработки методов ее решения, основанных на современных интеллектуальных машинных технологиях, средствах мониторинга и управления технологическими процессами утилизации органических отходов. (*Цель исследования*) Обосновать комбинированные методы решения экологических проблем в животноводстве и птицеводстве. (*Материалы и методы*) Изучили воздействие на окружающую среду машинных технологий, применяемых в животноводстве и птицеводстве. Исследования проводили путем оценки экологических рисков и устойчивости агроэкосистем, применения методов и методик оценки наилучших доступных технологий, изучения основных направлений создания интеллектуальных цифровых технологий. (*Результаты и обсуждение*) Определили основные методы решения экологических проблем крупных сельскохозяйственных комплексов, включающие обоснование, проектирование и системную эксплуатацию наилучших доступных технологий аграрного производства. Предложили техническое средство в виде биореактора утилизации органических отходов, способное сократить время переработки навоза и помета в 60 раз, обеспечить автоматизированный контроль протекания и управления технологическим процессом с онлайн-регистрацией производственных и экологических показателей. Описали интеллектуальную систему мониторинга и утилизации органических отходов, включая концептуальную схему создания модульных центров по глубокой переработке. (*Выводы*) Обосновали, что реализация современных методов обеспечения эффективного и экологически безопасного функционирования сельскохозяйственного производства требует создания опытных площадок для проведения комплексных научных исследований и демонстрации работы системы: машинная технология – мониторинг – управление. Одну из площадок агробиотехнопарка ВИМ предложили создать на пилотном животноводческом комплексе Ленинградской области. Определили перспективные направления исследований для обеспечения перехода сельскохозяйственного производства на новый технологический уклад, реализующий принципы Smart Farming («Умное сельское хозяйство»), позволяющий обеспечить утилизацию не менее 510 миллионов тонн в год органических отходов сельхозпроизводства.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность; сельскохозяйственное производство; агробиотехнопарк; наилучшие доступные технологии; отходы сельхозпроизводства; навоз; помет; международный проект.

■ **Для цитирования:** Брюханов А.Ю., Васильев Э.В., Шалавина Е.В., Уваров Р.А. Методы решения экологических проблем в животноводстве и птицеводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. №4. С. 32-37. DOI 10.22314.2073-7599-2019-13-4-32-37.

## Methods for Solving Environmental Problems in Livestock and Poultry Farming

**Aleksandr Yu. Bryukhanov,**  
Dr.Sc.(Eng), professor of the Russian Academy of Sciences,  
head of the department, e-mail: [sznii@yandex.ru](mailto:sznii@yandex.ru);  
**Eduard V. Vasilev,**  
Ph.D.(Eng), senior research engineer;

**Ekaterina V. Shalavina,**  
Ph.D.(Eng), senior research engineer;  
**Roman A. Uvarov,**  
Ph.D.(Eng), research engineer



Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, St. Petersburg, Russian Federation

**Abstract.** In the Northwestern Federal District, the main agricultural source of environmental pollution is the disposal of organic waste (manure and litter), which accounts for a risk of 85 percent. The problem of ensuring environmental safety requires appropriate solutions based on modern intelligent machine technologies, means of monitoring and controlling technological processes of organic waste disposal. (*Research purpose*) To provide rationale for combined methods of solving environmental problems in animal and poultry farming. (*Materials and methods*) The authors studied the environmental impact of machine technologies used in livestock and poultry farming. The studies were carried out by assessing environmental risks and the sustainability of agroecosystems, applying methods and techniques for assessing the best available technologies, and studying the main prospects of developing intelligent digital technologies. (*Results and discussion*) The authors have identified the main methods of solving the environmental problems associated with large farm enterprises, including the calculation, design and system operation of the best available technologies for agricultural production. They have proposed a technical tool in the form of a bioreactor for the disposal of organic waste, capable of reducing manure and litter processing period in 60 times and providing automated flow and process control with online registration of production and environmental indicators. They have described an intelligent system for monitoring and utilizing organic waste, including a conceptual framework for establishing modular centers for deep processing. (*Conclusions*) The authors have proved that the implementation of modern methods for ensuring effective and environmentally safe agricultural production requires the establishing of experimental plot sites for complex research and demonstration of a “machine technology – monitoring – management” system. It has been proposed that a site of the VIM agrobiotechnological cluster should be established at a pilot livestock complex enterprise in the Leningrad Region. The authors have identified promising areas of research to ensure the transition of agricultural production to a new technological structure that implements the principles of Smart Farming to provide for the disposal of at least 510 million tons of agricultural organic waste a year.

**Keywords:** environmental safety; agricultural production; agrobiotechnological cluster; best available technology; farm waste; manure; litter; international project.

■ **For citation:** Bryukhanov A.Yu., Vasilev E.V., Shalavina E.V., Uvarov R.A. Metody resheniya ekologicheskikh problem v zhivotnovodstve i ptitsevodstve [Methods for solving environmental problems in animal and poultry farming]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2019. Vol. 13. N4. 32-37 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2019-13-4-32-37.

**В** Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации обозначены вызовы, стоящие перед наукой в сфере технологического и технического развития многих отраслей страны, среди них:

продовольственная безопасность, конкурентоспособность отечественной продукции на мировых рынках, снижение технологических рисков в агропромышленном комплексе;

возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанный с их неэффективным использованием рост рисков для жизни и здоровья граждан.

Отсюда вытекает одна из основных задач аграрной науки – активизировать биологический потенциал агроэкосистем и их элементов на всех уровнях – от отдельного растения и животного – до всей агроэкосистемы, заменить значительную часть антропогенной энергии внутренней энергией биологических процессов [1]. Национальный проект «Наука» предусматривает создание ряда программ и проектов, например агроботехнопарков, которые призваны быстро и эффективно освоить лучшие научные достижения. В июле 2019 г. на базе Федерального

агроинженерного центра ВИМ создан первый в России агроботехнопарк, ориентированный на формирование агроэкосистем и агроландшафтов с более полным использованием естественных процессов, замкнутостью биогеохимических циклов с целью сохранения окружающей среды, обеспечения населения высококачественными продуктами питания, снижения затрат исчерпаемых ресурсов на единицу продукции [2-4].

Одну из площадок агроботехнопарка ВИМ предлагается создать на животноводческом комплексе Ленинградской области, где в промышленном исполнении будут реализованы наилучшая доступная технология (НДТ) утилизации органических отходов и система интеллектуального мониторинга. Создание площадки планируется на период 2019-2021 гг. в рамках проекта «Внедрение экологической системы сельского хозяйства – основа для устойчивого развития приграничных сельских районов» (далее – Проект), одобренного и финансируемого Программой приграничного сотрудничества «Россия – Юго-Восточная Финляндия 2014-2020» [5]. Цель Проекта – обеспечить экологическую безопасность и улучшить экологическое состояние сельских территорий путем внедрения научно обоснованных систем проектирования,

технических, технологических и управленческих решений и развития инфраструктуры для переработки и утилизации отходов животноводства.

**Цель исследования** – обосновать комбинированные методы решения экологических проблем в животноводстве и птицеводстве.

**Материалы и методы.** Провели многолетние исследования в рамках выполнения государственных заданий и международных проектов, используя комплексный анализ воздействия сельскохозяйственного производства на окружающую среду, оценку экологических рисков и устойчивости агроэкосистем, методы и методики оценки НДТ с учетом основных направлений создания интеллектуальных цифровых технологий.

**Результаты и обсуждение.** Современное развитие сельского хозяйства, основанное на интенсификации производства, создании крупных животноводческих комплексов и агрессивной химизации, осуществляется без должной оценки последствий негативного воздействия на окружающую среду. На примере исследований, проведенных в Северо-Западном федеральном округе видно, что основным источником загрязнения окружающей среды от сельскохозяйственного производства стала утилизация органических отходов (навоза, помета), с которыми связаны примерно 85% рисков от других технологических процессов отрасли [6]. Согласно статистическим данным, перерабатывают и используют только 45% органических отходов (не более 230 млн т в год). Сложившаяся ситуация ведет к ежегодным потерям ценных ресурсов в виде питательных веществ: 2,2 млн т азота, 0,36 млн т фосфора (в переводе на действующее вещество).

Обеспеченность машинами для внесения органических удобрений не превышает 30% (таблица).

Таблица Table		
Оснащенность техникой для внесения органических удобрений в России AVAILABILITY OF MACHINERY FOR INTRODUCING ORGANIC FERTILIZERS IN RUSSIA		
Удобрения Fertilizers	Количество машин, тыс. ед. Actual number of machines, thousand units	Потребность, тыс. ед. Required number of machines, thousand units
Твердые / Solid	4,7	14,9
Жидкие / Liquid	3,6	15,8

Спутниковый и натурный анализ основных объектов накопления и хранения органических удобрений (навозо- и пометохранилищ) показывает, что в большинстве регионов России соответствие данных объектов агротехническим и экологическим требованиям не превышает 50%.

Сложившаяся ситуация требует немедленного объединения научных и производственных усилий.

Для решения вышеописанных проблем в институте разработаны метод проектирования и критерии НДТ утилизации органических отходов животноводства, обеспечивающие выбор адаптивных машинных технологий с учетом природно-климатических, экологических и производственных условий конкретных сельхозпредприятий. Они были успешно апробированы при обосновании технологий и машин, вошедших в российские справочники НДТ 41, 42 по интенсивному разведению свиней и сельскохозяйственной птицы (утверждены приказами Росстандарта №2819 от 13.12.17 и №2667 от 29.11.17). В настоящее время ведется совершенствование ранее разработанной интеллектуальной экспертной системы (компьютерной программы) формирования и выбора машинных технологий утилизации навоза, помета [7-12].

Одно из направлений обеспечения экологической безопасности животноводческих комплексов – создание роботизированных технических средств утилизации органических отходов. Для этого в институте разработан и изготовлен экспериментальный образец биореактора для утилизации органических отходов, способный сократить время переработки навоза и помета в 60 раз по сравнению с традиционными методами, обеспечить автоматизированный контроль протекания и управления технологическим процессом с онлайн-регистрацией производственных и экологических показателей (рис. 1) [13].

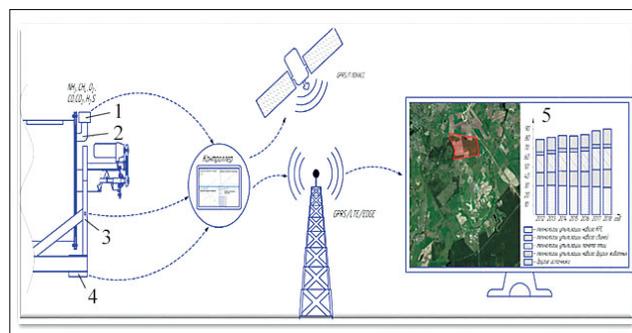


Рис. 1. Интеллектуальная система мониторинга эмиссий загрязняющих веществ, обработки и передачи данных: 1 – блок контроля газового выброса; 2 – вытяжной воздухопровод; 3 – антенна GPS-ГЛОНАСС; 4 – тензометрический датчик; 5 – эмиссии аммиака в окружающую среду, кг/год

Fig. 1. Intelligent system for monitoring emissions of pollutants, data processing and transfer: 1 – gas emission control unit; 2 – Exhaust air duct; 3 – GPS-GLONASS Antenna; 4 – Strain-gauge sensor; 5 – Emissions of ammonia to the environment, kg/year

Институт подготовил рабочую схему создания интеллектуальных систем мониторинга и утилизации органических отходов, позволяющую обеспечить:

- полный автоматизированный контроль выполнения технологического процесса по обращению с навозом;
- получение данных о качестве и количестве пере-



рабатываемого сырья на каждой технологической операции;

- автоматическую логистику распределения органического удобрения по земельным угодьям с учетом потребности сельскохозяйственных культур и дальности транспортировки.

Для решения проблем распределения органических удобрений на уровне областей, регионов разработана математическая модель решения логистических задач на основе экономически и экологических критериев (рис. 2) [14].

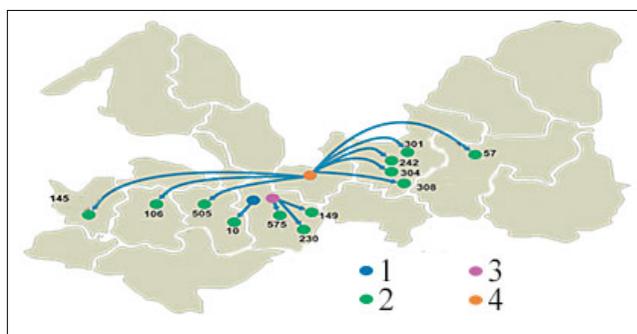


Рис. 2. Иллюстрация реализации модели распределения органических удобрений с учетом эколого-экономического критерия на примере Ленинградской области (тонн азота): 1 – ферма крупного рогатого скота; 2 – растениеводческое предприятие; 3 – свиноводческий комплекс; 4 – птицефабрика  
 Fig. 2. Implementation of a distribution model of organic fertilizers taking into account environmental and economic criteria as exemplified by the Leningrad region (tons of nitrogen): 1 – cattle farm; 2 – crop production farm; 3 – pig-breeding farm; 4 – poultry farm

Для регионов и областей, где наблюдается дисбаланс в специализациях сельскохозяйственного производства («растениеводство – животноводство») с превалированием животноводства и избыточным накоплением биогенных элементов, разработана концептуальная схема создания модульных центров по глубокой переработке навоза, помета и другого органического сырья с сельских территорий. Схема позволяет обосновать места размещения центров глубокой переработки, состав технологических и технических решений для получения вторичных ресурсов и товаров из органических отходов с увязкой их дальнейшего использования или отправки внешним потребителям.

Центры глубокой переработки могут стать перспективным производством для получения качественных и востребованных товаров для многих стран мира. Например, согласно расчетам по Ленинградской области, можно производить до 1000 тыс. т высокоэффективных органоминеральных удобрений в год на сумму не менее 10 млрд руб. (рис. 3).

Большую часть своих разработок институт предлагает реализовать при создании одной из демонстра-

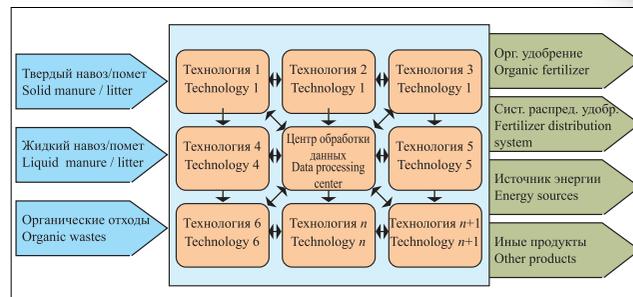


Рис. 3. Концептуальная схема создания модульных центров по глубокой переработке органических отходов сельскохозяйственного производства

Fig. 3. Conceptual framework for establishing modular centers for deep processing of organic agricultural waste

ционно-исследовательских площадок агробиотехнопарка ВИМ на территории Ленинградской области в рамках реализации проекта «Внедрение экологической системы сельского хозяйства – основа для устойчивого развития приграничных сельских районов». В проекте на 2019-2021 гг. запланированы:

- проведение мониторинга экологической обстановки на предприятиях животноводства Ленинградской области;
- разработка плана технологического и технического перевооружения предприятий агропромышленного комплекса в соответствии с требованиями российского и международного природоохранного законодательства и с учетом перспективы перехода на НДТ;
- создание пилотного объекта для демонстрации НДТ утилизации навоза в ЗАО «Племхоз «Первомайское», обеспечивающего охрану окружающей среды;
- разработка интерактивного средства, позволяющего вести мониторинг обращения с отходами животноводства/птицеводства и координировать использование органических удобрений на территории Ленинградской области.

Созданная в рамках проекта демонстрационно-исследовательская площадка позволит представить лучшие научные разработки в сфере НДТ утилизации органических отходов с применением цифровых технологий и продолжить исследования в данном направлении.

Несмотря на высокие результаты в области агроэкологических исследований, проблема обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства стоит по-прежнему остро. К важным вопросам агроэкологии можно отнести:

- актуализацию информационно-технических справочников НДТ;
- научное обоснование системы обеспечения экологической безопасности интенсивного животноводства при внедрении НДТ.

Для идентификации НДТ при актуализации справочников необходимо:

- создать базу данных по технологиям в интенсивном животноводстве и птицеводстве Российской Федерации;

- провести теоретические и экспериментальные исследования современных технологий производства животноводческой продукции с целью обоснования технологических нормативов при внедрении НДТ;

- получить независимые достоверные данные о технологиях интенсивного животноводства и птицеводства в пилотных хозяйствах;

- разработать технические решения по утилизации навоза, помета на крупных сельхозпредприятиях (приоритетные направления: создание «замкнутых циклов питательных веществ» на уровне хозяйства, модернизация технологий переработки, транспортировки и внесения органических удобрений);

- совершенствовать нормативно-правовую базу внедрения системы НДТ в интенсивном животноводстве, процедуру получения комплексного экологического разрешения, привлекать профильных экспертов;

- обеспечить финансовую поддержку промышленности и сельхозпроизводителей с целью создания и освоения НДТ, в том числе в направлении утилизации навоза и помета, а также использования органических удобрений на их основе.

Следует принять нормативно-правовые акты, ко-

торые стимулировали бы применение разных типов органических удобрений.

**Выводы.** Актуальными направлениями агроэкологических исследований на ближайшую перспективу станут проекты, связанные: с цифровым мониторингом, созданием «умных» технологий и технических средств, обеспечивающих сбор информации и принятия решений в режиме онлайн; с разработкой новых методов и методик оценки рисков изменения состояния агроэкосистем и обеспечением устойчивого функционирования.

Реализация современных методов обеспечения эффективного и экологически безопасного функционирования сельскохозяйственного производства требует создания опытных площадок для проведения комплексных научных исследований и демонстрации работы системы: машинная технология – мониторинг – управление. Одну из площадок агробиотехнопарка ВИМ предложили создать на пилотном животноводческом комплексе Ленинградской области. Определили перспективные направления исследований для перехода сельскохозяйственного производства на новый технологический уклад, реализующий принципы *Smart Farming* («Умное сельское хозяйство»), позволяющий обеспечить утилизацию не менее 510 млн т в год органических отходов сельхозпроизводства.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шегонов Ю.Х. Развитие интенсивных машинных технологий, роботизированной техники, эффективного энергообеспечения и цифровых систем в агропромышленном комплексе // *Техника и оборудование для села*. 2019. №6(264). С. 2-9.
2. Базыкин В.И., Трифанов А.В. Минимизация негативного воздействия свиноводческих предприятий на окружающую среду // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2018. №10-1(76). С. 22-25.
3. Брюханов А.Ю., Максимов Д.А., Субботин И.А., Васильев Э.В., Шалавина Е.В. Результаты агроэкологических исследований в рамках европейских программ сотрудничества // *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. 2019. №1(98). С. 236-247.
4. Ковалев Н.Г., Рабинович Г.Ю., Полозова В.Г. Научное обеспечение развития экологически безопасных систем переработки и использования навоза и помета // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2015. №2(18). С. 73-80.
5. Попов В.Д., Максимов Д.А., Брюханов А.Ю. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства и их решение в Северо-Западном федеральном округе РФ // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. Т. 7. №4. С. 4-7.
6. Брюханов А.Ю. Обеспечение экологической безопасности животноводческих и птицеводческих предприятий (Наилучшие доступные технологии). СПб.: ИАЭП. 2017. 294 с.
7. Третьякова О.Л., Свиначев И.Ю., Святогоров Н.А., Гревцов О.В. Оценка технологий промышленного свиноводства соответствию критериям наилучших доступных технологий // *Эффективное животноводство*. 2017. №8(138). С. 43-45.
8. Гревцов О.В., Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Щелчков К.А. Энергоэффективность и НДТ: российские и международные подходы // *Молочная промышленность*. 2018. №12. С. 10-12.
9. Мезенцева О.В., Гревцов О.В. Подходы к построению системы регулирования на основе НДТ // *Экология производства*. 2015. №3. С. 44-49.
10. Федоренко В.Ф. Научно-информационное обеспечение инновационного развития сельского хозяйства: состояние и перспективы // *Техника и оборудование для села*. 2017. №5. С. 3-9.
11. Briukhanov A., Vasilev E., Kozlova N., Shalavina E., Subbotin I., Lukin S. Environmental assessment of livestock farms in the context of BAT system introduction in Russia. *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 246. 283-288.
12. Izmaylov A.Yu., Kozhtvnikov Yu.A., Lobachevskiy Ya.P., Marchenko O.S. Effective purification of concentrated organic wastewater from agro-industrial enterprises, problems and methods of solution. AMA. *Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 2018. Vol. 49. №4. 49.
13. Брюханов А.Ю., Шалавина Е.В., Уваров Р.А. Логистическая модель управления вторичными ресурсами в АПК (на примере Ленинградской области) // *Экономика сельско-*



хозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2017. N4. С. 38-41.

14. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Федотов А.В., Григорьев В.С., Ценч Ю.С. Адсорбционно-окислительная тех-

нология переработки сточных вод предприятий агропромышленного комплекса // *Вестник Мордовского университета*. 2018. Т. 28. N2. С. 207-221.

## REFERENCES

1. Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Shogonov Yu.Kh. Razvitiy intensivnykh mashinnykh tekhnologiy, robotizirovannoy tekhniki, effektivnogo energoobespecheniya i tsifrovyykh sistem v agropromyshlennom komplekse [Development of intensive machine technologies, robotic machinery, efficient energy supply and digital systems in agriculture]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2019. N6(264). 2-9 (In Russian).

2. Bazykin V.I., Trifanov A.V. Minimizatsiya negativnogo vozdeystviya svinovodcheskikh predpriyatiy na okruzhayushchuyu sredu [Minimizing the negative impact of pig enterprises on the environment. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2018. N10-1(76). 22-25 (In Russian).

3. Briukhanov A.Yu., Maksimov D.A., Subbotin I.A., Vasilev E.V., Shalavina E.V. Rezul'taty agroekologicheskikh issledovaniy v ramkakh evropeyskikh programm sotrudnichestva [Results of agroecological research within the framework of European cooperation programs]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. 2019. N1(98). 236-247 (In Russian).

4. Kovalev N.G., Rabinovich G.Yu., Polozova V.G. Nauchnoe obespechenie razvitiya ekologicheskikh bezopasnykh sistem pererabotki i ispol'zovaniya navoza i pometa [Scientific grounds for the development of environmentally friendly systems for the processing and use of manure and litter]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2015. N2(18). 73-80 (In Russian).

5. Popov V.D., Maksimov D.A., Briukhanov A.Yu. Ekologicheskie problemy sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva i ikh resheniye v Severo-Zapadnom federal'nom okruge RF [Environmental problems of agricultural production and their solutions in the North-West Federal District of the Russian Federation]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013. Vol. 7. N4. 4-7 (In Russian).

6. Briukhanov A.Yu. Obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti zhivotnovodcheskikh i ptitsevodcheskikh predpriyatiy (Nailuchshie dostupnye tekhnologii) [Ensuring the environmental safety of livestock and poultry enterprises (Best available technologies)]. Saint-Petersburg: IAEP. 2017. 294 (In Russian).

7. Tret'yakova O.L., Svinarev I.Yu., Svyatogorov N.A., Grevtsov O.V. Otsenka tekhnologiy promyshlennogo svinovodstva

sootvetstviyu kriteriyam nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy [Evaluation of industrial pig breeding technologies in compliance with the criteria of the best available technologies]. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2017. N8(138). 43-45 (In Russian).

8. Grevtsov O.V., Guseva T.V., Molchanova Ya.P., Shchelchikov K.A. Energoeffektivnost' i NDT: rossiyskie i mezhdunarodnye podkhody [Energy efficiency and BAT: Russian and international approaches]. *Molochnaya promyshlennost'*. 2018. N12. 10-12 (In Russian).

9. Mezentsева O.V., Grevtsov O.V. Podkhody k postroyeniyu sistemy regulirovaniya na osnove NDT [Approaches to establishing a regulatory BAT-based system]. *Ekologiya proizvodstva*. 2015. N3. 44-49 (In Russian).

10. Fedorenko V.F. Nauchno-informatsionnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya sel'skogo khozyaystva: sostoyanie i perspektivy [Scientific and informational support for the innovative development of agriculture: current state and prospects]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2017. N5. 3-9 (In Russian).

11. Briukhanov A., Vasilev E., Kozlova N., Shalavina E., Subbotin I., Lukin S. Environmental assessment of livestock farms in the context of BAT system introduction in Russia. *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 246. 283-288 (In English).

12. Izmaylov A.Yu., Kozhtvnikov Yu.A., Lobachevskiy Ya.P., Marchenko O.S. Effective purification of concentrated organic wastewater from agro-industrial enterprises, problems and methods of solution. *AMA. Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 2018. Vol. 49 N4. 49 (In English).

13. Briukhanov A.Yu., Shalavina E.V., Uvarov R.A. Logisticheskaya model' upravleniya vtorignymi resursami v APK (na primere Leningradskoy oblasti) [Logistic model of secondary resource management in farm industry (as exemplified by the Leningrad region)]. *Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy*. 2017. N4. 38-41 (In Russian).

14. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Fedotov A.V., Grigor'ev V.S., Tsench Yu.S. Adsorbtsionno-okislitel'naya tekhnologiya pererabotki stochnykh vod predpriyatiy agropromyshlennogo kompleksa [Adsorption-oxidative technology of wastewater treatment of agro-industrial enterprises]. *Vestnik Mordovskogo universiteta*. 2018. Vol. 28. N2. 207-221.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 16.08.2019**  
The paper was submitted  
to the Editorial Office on 16.08.2019

**Статья принята к публикации 18.09.2019**  
The paper was accepted  
for publication on 18.09.2019