

Научная статья

УДК 631.4

DOI:10.36508/ journal.2024.69.66.005

ДИНАМИКА РАЗНЫХ ФОРМ АЗОТА В ПОЧВЕ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СВИНОКОМПЛЕКСА И ПРУДА-НАКОПИТЕЛЯ

Черкасов Олег Викторович¹, Захарова Ольга Алексеевна²

^{1,2}Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

²ol-zahar-ru@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время на комплексе содержится до 50 тыс. голов свиней годового откорма. Образующиеся сточные воды поступают в пруд-накопитель, из которого систематически сбрасываются в овраг из-за недостаточного объема для их хранения. Учитывая почвенную инфильтрацию, химические вещества поступают в почву, изменяя экологическое состояние прилегающих территорий.

Проблема и цель. Основным загрязняющим веществом сточных вод являются разные формы азота: нитратный, нитритный и аммиачный. Цель настоящего исследования – оценка влияния свиного комплекса и пруда-накопителя сточных вод на загрязнение серой лесной почвы с отслеживанием динамики накопления разных форм азота в 1980, 1995 и 2022 годах.

Методология. Пробы почвы отбирались в 300 м от свиного комплекса и пруда-накопителя сточных вод, на сельскохозяйственных полях в 300 м от объектов загрязнения. Определение NO_3^- проводили ионометрическим методом в воздушно-сухих образцах, нитриты – фотометрическим методом с реактивом Грисса, N-NH_4^+ – с использованием 2% раствора KCl колориметрическим методом Несслера. Результаты экспериментов обрабатывались на компьютерной программе Statistika 10.

Результаты. В статье приводятся результаты собственных исследований 1996 г. и 2022 г. и данные из научной литературы 1980 г., через год после начала функционирования свиного комплекса. По сравнению с 1980 г. содержание N-NO_3^- и N-NO_2 выросло на 58%, но ПДК по ним не превышено. Концентрация N-NH_4^+ возросла на 300%, что не соответствовало ПДК. Содержание в почве нитратного азота 108 мг/кг при рН 6,3 свидетельствует о свежем загрязнении, что подкреплено концентрацией аммонийного азота в почве в размере 0,01 мг/кг.

Заключение. Анализируя результаты исследований показано, что содержание нитратного азота довольно высокое – 108 мг/кг почвы, что является

следствием ее свежего загрязнения. Даны рекомендации руководству АО «Рязанский свинокомплекс» о срочном введении в строй биологической очистки.

Ключевые слова: грунтовые воды, свинокомплекс, микроорганизмы, санитарное состояние, гидрохимический состав, прогноз

Original article

DYNAMICS OF DIFFERENT FORMS OF NITROGEN IN THE SOIL IN THE ZONE OF INFLUENCE OF A PIG FARM AND A CONTAINMENT POND

Cherkasov Oleg Viktorovich¹, Zakharova Olga Alekseevna²

^{1,2}*Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", Ryazan, Russia*

²*ol-zahar-ru@yandex.ru*

Abstract.

Currently, the farm houses up to 50 thousand heads of annual fattening pigs. The resulting wastewater enters a containment pond, from which it is systematically discharged into a ravine due to insufficient volume for its storage. Taking into account soil infiltration, chemicals enter the soil, changing the ecological state of the surrounding areas.

Problem and purpose. *The main pollutant in wastewater is different forms of nitrogen: nitrate, nitrite and ammonia. The purpose of this study was to assess the impact of a pig farm and a wastewater containment pond on pollution of gray forest soil by tracking the dynamics of accumulation of different forms of nitrogen in 1980, 1995 and 2022.*

Methodology. *Soil samples were taken 300 m from the pig farm and wastewater containment pond, in agricultural fields 300 m from the pollution sites. The determination of NO_3^- was carried out by the ionometric method in air-dry samples, nitrites were determined by the photometric method with Griess reagent and N-NH_4^+ using a 2% KCl solution by the calorimetric Nessler method. The experimental results were processed using Statistika 10 computer program.*

Results. *The article presents results of our own research in 1996 and 2022 and data from scientific literature in 1980, a year after the pig farm began operating. Compared to 1980, the content of N-NO_3^- and N-NO_2 increased by 58%, but the maximum permissible concentration (MPC) was not exceeded. The concentration of N-NH_4^+ increased by 300%, which did not correspond to the MPC. The content of nitrate nitrogen in the soil of 108 mg/kg at pH 6.3 indicated fresh contamination,*

which was supported by the concentration of ammonium nitrogen in the soil of 0.01 mg/kg.

Conclusion. Analyzing the research results, it is shown that the content of nitrate nitrogen is quite high - 108 mg/kg of soil, which is a consequence of its fresh contamination. Recommendations were given to the management of JSC Ryazan Pig Farm on the urgent commissioning of biological treatment.

Keywords: groundwater, pig farm, microorganisms, sanitary condition, hydrochemical composition, forecast.

Введение

На территории Рязанской области в зоне серых лесных почв с 1979 года действует крупный АО «Рязанский свинокомплекс», который стал продолжателем АОЗТ «Искра» Рязанского района Рязанской области. На свинокомплексе поголовье составляло 108 тыс. голов, после 1990-х поголовье резко снизилось, но сейчас выращивается более 50 тыс. свиней. Очистные сооружения со временем пришли в упадок [8], что объясняется недостатком материальных средств на реконструкцию и модернизацию [9, 10, 13]. Сейчас биологическая очистка сточных вод не работает вследствие ремонта аэротенков и других объектов.

Сточные воды свинокомплексов на второй ступени очистки соединялись с хозяйственно-бытовыми стоками п. Искра. Перемешивание с хозяйственно-бытовыми стоками прошедших сточных вод свинокомплекса механическую и физическую очистку, а также первую ступень биологической очистки приводило к «обратному эффекту»: вторичному загрязнению. Затем шла вторая ступень биологической очистки в аэротенках и сточные воды поступали в пруд-накопитель. Объем пруда-накопителя не позволял принимать сточные воды более 1 млн м³ в год.

Сточными водами орошались дождеванием сельскохозяйственные культуры с последующей переработкой продукции в травяную муку, брикеты или гранулы [3, 7, 12], проходя тем самым процессы термической обработки, что соответствовало ГОСТу (рисунок 1).



Рисунок 1 – Сточные воды свинокомплекса в аэротенках первой ступени очистки, 1996 г.
Figure 1 – Pig farm wastewater in aeration tanks of the first stage of treatment, 1996.

Ранее действовала трехступенчатая очистка сточных вод, включающая физические, химические и биологические способы [4, 9, 10]. Однако, и в те годы надзорными организациями (например, ГСЭН) выявлены недостатки в работе очистных сооружений, пруд-накопитель не соответствовал поступающему объему стоков, а на второй ступени биологической очистки в сточные воды животноводческого комплекса поступали неочищенные хозяйственно-бытовые сточные воды п. Искра, что, естественно, ухудшало их гидрохимические и санитарно-бактериологические показатели [4, 11]. В прошлом сточные воды использовались на земледельческих полях орошения, что давало прибавку урожая кормовых трав почти на 200% [2, 4, 5].

В настоящее время поголовье свиней на комплексе снизилось примерно на 70% [12], но проблема использования, очистки сточных вод остается острой [1, 14]. Стоки представляют собой сточные воды свиного комплекса и хозяйственно-бытовые воды посёлка Искра, и они в настоящее время не проходят биологическую очистку в аэротенках вследствие модернизации и ремонта очистных сооружений [1, 4].

Материалы и методы исследований

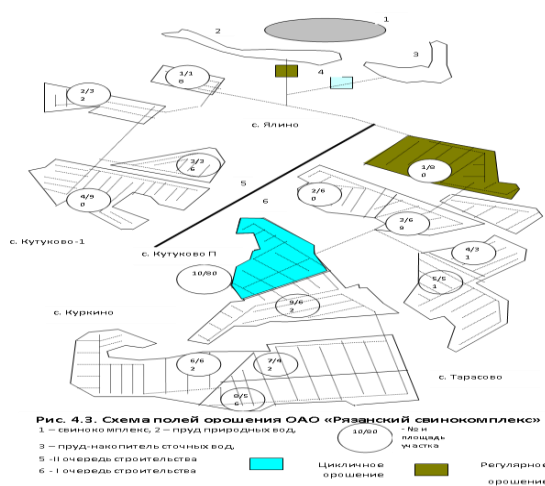


Рисунок 2 – Место отбора проб почвы (выделено цветом). 1-свинокомплекс, 2 - пруд-накопитель, 3 – пруд природной воды

Figure 2 – Soil sampling location (highlighted in color). 1 - pig farm, 2 - containment pond, 3 - natural water pond

Для достижения цели исследования и ответа на поставленные исследовательские вопросы были отобраны пробы почвы в 300 м от свиного комплекса и пруда-накопителя сточных вод на сельскохозяйственных полях в горизонте 0-20 см. Места отбора проб установлены по схеме проведения исследований в 1995 г., отбор проб методом конверта из 5 точек участка обследования в трехкратной повторности (рисунок 2) Почва – серая лесная суглинистая невысокого уровня плодородия, содержание гумуса 2,8%. Определение $N-NO_3^-$ выполняли ионометрическим

методом в воздушно-сухих образцах, $N-NO_2^-$ – фотометрическим методом с реактивом Грисса, $N-NH_4^+$ – с использованием 2% раствора KCl колориметрическим методом Несслера [6, 15].

Результаты экспериментов обрабатывались на компьютерной программе Statistika 10.

Погодные условия определялись по расчёту коэффициента Селянинова и средние значения составляли от 0,95 до 1,00.

Результаты исследований и их обсуждение

Ретроспектива использования сточных вод дает следующее развитие: в 1979 году свинокомплекс начал производственную деятельность, работает очистительная система, вводится гидротехническая мелиорация с использованием сточных вод на полях орошения, но при смене политического и экономического режимов в 1990-е годы, поливы прекращаются из-за старения элементов оросительной системы. В прошлом сточные воды свинокомплекса проходили механическое и физическое обеззараживание и 2 ступени биологической очистки, однако проектом было предусмотрено введение в очистные сооружения хозяйственно-бытовых сточных вод п. Искра. Это, в свою очередь, ухудшало качество очистки сточных вод. После биологической очистки сточные воды поступали в пруд-накопитель (рисунок 1), где выдерживались 6-12 месяцев и использовались на поливы. Пруд-накопитель своим объемом не соответствовал расчетным величинам уже в 1995 году. Сейчас биологическая очистка сточных вод не проводится из-за ремонта аэротенков.

Основным загрязняющим веществом являлся азот. Содержание разных форм азота в сточных водах определялось отбором проб из пруда-накопителя с последующим исследованием в лаборатории. В таблице 1 показана динамика изменения химического состава сточных вод через год после введения в производство свинокомплекса, в 1995 году при орошении сельскохозяйственных культур и в 2022 году, спустя 25 лет после прекращения поливов сточными водами. Надо акцентировать внимание на изменении химического состава сточных вод свинокомплекса вследствие резкого уменьшения их объема при увеличении объема хозяйственно-бытовых сточных вод п. Искра. Биологический прессинг заменился химическим, возросло содержание синтетических токсикантов вследствие большего объема поступающих на очистные сооружения хозяйственно-бытовых сточных вод.

Таблица 1 – Содержание разных форм азота в сточных водах пруда-накопителя, мг/дм³

Показатель	1980 год	1995 год	2022 год	ПДК*
N-NO ₃ ⁻	8,90±0,01	16,50±0,01	20,15±0,01	45,00
N-NO ₂ ⁻	0,80±0,01	1,26±0,01	1,65±0,01	3,00
N-NH ₄ ⁺	0,002±0,03	0,008±0,02	0,004±0,02	0,002

*ПДК в воде согласно СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников»

Из приведенных в таблице 1 значений четко проявлена к 1995 году тенденция к росту разных форм азота в сточных водах, что объясняется, на наш взгляд, старением над очисткой и использованием сточных вод и прекращением штрафных санкций при загрязнении объектов окружающей среды. Так, по сравнению с 1980 г. содержание N-NO₃⁻ и N-NO₂⁻ выросло на 58%, но ПДК не превышено. Концентрация N-NH₄⁺ возросла на 300%, что не соответствовало

ПДК. Такие большие значения разных форм азота в почве свидетельствует о приходе токсикантов через подпитку от пруда-накопителя.

Несмотря на прекращение орошения сточными водами, экологическая ситуация на территории вблизи свиного комплекса и пруда-накопителя не улучшилась. Главным при использовании сточных вод является сохранение природного соотношения действующих факторов и не допущения необратимого разбалансирования механизма формирования плодородия почв, поверхностных и подземных вод, солевых и энергетических потоков [4, 8].

Пруд-накопитель используется уже более 40 лет, за это время он чистился 3 раза. В настоящее время в нем выявлено отложение ила и осадка в больших количествах. С 1990-х годов сточные воды, поступающие в пруд-накопитель, не используются и регулярно они сбрасываются в овраг. При вертикальном перемещении воды происходит нисходящий влагоперенос. Проходя через толщу почвы, часть сточных вод задерживается в ней, трансформируется. Содержание разных форм азота показано в почве (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание разных форм азота в обследуемой почве, мг/кг

Показатель	1980год	1995 год	2022 год	ПДК*
N-NO ₃ ⁻	66,00±0,01	136,00±0,01	108,00±0,03	130
N-NO ₂ ⁻	0,20±0,02	0,30±0,02	0,10±0,01	не установлены
N-NH ₄ ⁺	0,008±0,02	0,01±0,01	0,01±0,01	0,02

*СанПиН 1.2.36-85.21

Содержание в почве нитратного азота 108 мг/кг при рН 6,3 свидетельствует о свежем загрязнении, что подкреплено концентрацией аммонийного азота в почве в размере 0,01 мг/кг, который на данном этапе трансформации продуктов жизнедеятельности свиней только частично преобразовался в нитриты и нитраты. При низкой концентрации нитратного азота, количество нитритов было завышено, по-видимому, из-за постоянного атмосферного переноса загрязнителей, накопления их в почвах с последующей трансформацией и медленной фильтрацией в нижние слои горизонта, а также подпиткой из пруда-накопителя.

Учитывая вышеизложенное, нами проведен корреляционно-регрессионный анализ концентрации разных форм азота в почве и пруду-накопителе, который выявил определенную зависимость при $r=0,84$ по нитратам, $r=0,81$ по нитритам и $r=0,88$ по аммиачному азоту.

В работе для анализа результатов исследований применен метод анализа иерархий. Метод представляет собой математическую модель решения многоаспектных задач, предлагающую пользователю ряд альтернатив.

1. Выделение проблемы и определение цели. Основное загрязняющее вещество сточных вод – азот. Оценка влияния свиного комплекса и пруда-накопителя сточных вод на загрязнение разными формами азота серой лесной почвы.

2. Выделение основных критериев и альтернатив. Поступление азота с выбросами в атмосферу, через фильтрацию сточных вод из пруда-накопителя,

объем пруда-накопителя, объем сточных вод свиного комплекса, удаленность обследуемого участка от источников загрязнения и др.

3. Построение иерархии: дерево от цели через критерии к альтернативам.

4. Построение матрицы попарных сравнений критериев по цели и альтернатив по критериям – сходно попарное сравнение по качественной шкале с последующим преобразованием в баллы – 1/9. На основе проведенных попарных сравнений и присвоением балльных оценок построена матрица решений, включающая интенсивность проявления азота относительно других загрязнений. Иерархической шкале по значимости разных форм азота присвоена оценка значительное превосходство.

5. Применение методики анализа полученных матриц.

Матрица представлена в таблице 3. С точки зрения удовлетворения цели, весомым является объем сточных вод, образующихся на свином комплексе (38%) и поступающих в пруд-накопитель (32%), удаленность полей от источников загрязнения (12%).

6. Определение весов альтернатив по системе иерархии. Наиболее весомым является объем поступающих сточных вод в пруд-накопитель (42%), установили баллы по всем критериям.

В итоге получили столбцы (векторы) весовых коэффициентов объектов сравнения с точки зрения соответствия отдельным критериям. Произведя математические расчеты, получили веса альтернатив с точки зрения достижения цели. Вычисления реализовывали в MS Excel. Получили результаты вычисления по критериям.

Итак, получен результат обработки данных методом анализа иерархий в виде рекомендации: увеличить объем пруда-накопителя.

Таблица 3 – Матрица попарных сравнений

Форма азота в почве	A ₁ N-NO ₃ ⁻	A ₂ N-NO ₂ ⁻	A ₃ N-NH ₄ ⁺	Компоненты собственного вектора W ₁	Нормализованные компоненты собственного вектора приоритетов W ₁
A ₁	1	7	3	2,76	0,69
A ₂	1/7	1	3	0,76	1,19
A ₃	1/3	1/3	1	0,48	2,12
Сумма по столбцу СВ	1,47	8,33	7	4	4
A _{max} =3,44 ИС=0,22 ОС=0,379					

Таким образом, пруд-накопитель сточных вод является на территории одним из основных источников загрязнения почвы вследствие их подпитки и поступления в почву, а также несанкционированных сбросов сточных вод по мере заполнения пруда-накопителя в овраг.

Рекомендации руководству АО «Рязанский свиной комплекс» следующие:

- завершить реконструкцию очистных сооружений в кратчайшие сроки,
- произвести очистку пруда-накопителя, удалив многолетний осадок в виде ила,
- произвести гидравлические расчеты, определить емкость пруда-накопителя и сделать водохозяйственный расчет пруда-накопителя;
- согласовать с надзорными организациями вопрос по использованию сточных вод;
- регулярно вести мониторинг серой лесной почвы вблизи источников загрязнения.

Заключение

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что с прекращением поливов сточными водами экологическая ситуация на прилегающих территориях к свинокомплексу и пруду-накопителю не улучшилась. Содержание разных форм азота достаточно велико, но не превышает ПДК ни по одному показателю: в 2021 году концентрация нитратов составляла 108 мг/кг, нитритов – 0,10 и аммонийного азота – 0,01 мг/кг почвы. Для обработки полученных результатов нами был использован метод анализа иерархий, с помощью которого установлено, что наиболее опасным в экологическом плане является пруд-накопитель. Недостаток объема для поступающих сточных вод, низкая емкость пруда вынуждают администрацию свинокомплекса сливать избыток сточных вод в овраг, что не допускается СанПиНом. Рекомендуется проведение регулярного мониторинга почвы вблизи источников загрязнения.

Библиографический список

1. Базыкин, В.И. Минимизация негативного воздействия свиноводческих предприятий на окружающую среду / В.И. Базыкин, А.В. Трифанов // Международный научно-исследовательский журнал, 2018. - №10 (76). – Часть 1. – С. 22-30. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.003>
2. Борычев, С. Н. Моделирование влияния влажности бесподстилочного навоза на уровень его санитарно-эпидемиологической нагрузки / С.Н. Борычев, Н. В. Лимаренко, Е. А. Ракул, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2021.- Т.13. - №2. - С.79-86. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-vliyaniya-vlazhnosti-bespodstilochno-navoza-na-uroven-ego-sanitarno-epidemiologicheskoy-nagruzki>
3. Герасименко, В.П. К методике оценки норм внесения сточных вод в почву под культуры /В.П. Герасименко, Ю.А. Нагорных. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2012. - № 2. - С. 64 - 66. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-metodike-otsenki-norm-vneseniya-stochnyh-vod-v-pochvu-pod-kultury>
4. Захарова, О.А. Изучение режима грунтовых вод в последствии длительного орошения сточными водами свинокомплекса: Рекомендации /О.А. Захарова, Н.П. Карпенко, К.Н. Евсенкин. – Рязань, 2007. – 250 с. URL:

<https://studres.ru/product/izuchenie-rezhima-gruntovykh-vod-vposledeystvii-dlitelnogo-orosheniya-stochnymi-vodami-svinokompleksa>

5. Захарова, О.А. Ресурсосберегающая технология восстановления деградированных почв / О.А. Захарова. - Рязань, РГАТУ, 2004.-262 с. URL: <https://f.eruditor.one/file/2118438/>

6. Захарова, О.А. Мелиорация земель и возможность ее цифровизации / О.А. Захарова, Д.Е. Кучер, Е.И. Машкова, К.Н. Евсенкин, Ф.А. Мусаев // Природообустройство, 2021. - № 4. - С. 31-37. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-4-31-37

7. Колесникова Т. А., Исследования экологической безопасности внесения в почву органоминерального удобрения из жидких отходов свинокомплексов / Т.А. Колесникова, М. А. Куликова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2023. - №1. – Том 15. – С. 48-54. URL: <https://e.lanbook.ru/journal/issue/332621>

8. Ксенофонтова, О.В. Стабилизация работы очистных сооружений канализации свинокомплексов / О.В. Ксенофонтова: Автореферат дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. по спец. ВАК РФ 05.23.04.. – Новосибирск, 2004. – 24 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/stabilizatsiya-raboty-ochistnykh-sooruzhenii-kanalizatsii-svinokompleksov>

9. Нагорных, Ю.А. Удобрительная ценность сточных вод свинокомплекса и их влияние на качество выращиваемых культур / Ю.А. Нагорных, В.П. Герасименко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2014. - №2.- С. 42-44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/udobritelnaya-tsennost-stochnyh-vod-svinokompleksa-i-ih-vliyanie-na-kachestvo-vyraschivaemyh-kultur>

10. Никитина О. В. Экологическое состояние природных ресурсов Центрального Черноземья и технологии их улучшения / О.В. Никитина, Е. А. Бессонова, А. И. Стифеев, В. И. Лазарев, П. О. Бридская // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2023. - №1. – Том 15. – С. 73-82. DOI: 10.36508/RSATU.2023.63.17.010

11. Павлов А. А. Определение фоновых концентраций почвенных элементов в серой лесной почве Рязанской области / А.А. Павлов, Ю. А. Мажайский // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2022. -№4. – Том 4. – С.33-41. URL: <https://elibrary.ru/zosvkh>

12. Поголовье свиней на свинокомплексах в РФ за год увеличилось на 1 млн голов / Свиноводство, 2023. - №2. – С. 6. URL: <https://news.meatbranch.com/2023/01/pogolove-svinej-v-rossii-uvelichilos-na-1-mln/>

13. Тютюнов, С.И. Использование свиных стоков в качестве органических удобрений / С.И. Тютюнов, В.Д. Соловиченко, Е.В. Навольнева // Международный научно-исследовательский журнал. - 2015. - №10 (41). – С. 76-79. DOI: 10.18454/IRJ.2015.41.028

14. Шарнин В.Н. Роль свиноводства в формировании внутреннего рынка мяса / В.Н. Шарнин, В.И. Чинаров // Свиноводство, 2023. – С.4-6. DOI: 10.37925/0039-713X-2023-2-4-6
15. Шемякин, А.В. Цифровые технологии в АПК / А.В. Шемякин, О.А. Захарова, Ф.А. Мусаев, С.Н. Борычев, Д.Е. Кучер, Е.И. Машкова, И.И. Садовая. – Рязань, Москва: РГАТУ, РУДН, 2022. – 208 с. URL: <https://elibrary.ru/lmlumz>

References

1. Bazykin, V.I. *Minimizaciya negativnogo vozdejstviya svinovodcheskih predpriyatij na okruzhayushchuyu sredu* / V.I. Bazykin, A.V. Trifanov // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2018. - №10 (76). – Chast' 1. – S. 22-30. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.003>
2. Borychev, S. N. *Modelirovanie vliyaniya vlazhnosti bespodstilochnogo navoza na uroven' ego sanitarno-epidemiologicheskoy nagruzki* / S.N. Borychev, N. V. Limarenko, E. A. Rakul, I. A. Uspenskij, I. A. Yuhin // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2021.- T.13. - №2. - S.79-86. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-vliyaniya-vlazhnosti-bespodstilochnogo-navoza-na-uroven-ego-sanitarno-epidemiologicheskoy-nagruzki>
3. Gerasimenko, V.P. *K metodike ocenki norm vneseniya stochnyh vod v pochvu pod kul'tury* / V.P. Gerasimenko, Yu.A. Nagornyh. // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2012. - № 2. - S. 64 - 66. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-metodike-otsenki-norm-vneseniya-stochnyh-vod-v-pochvu-pod-kul'tury>
4. Zaharova, O.A. *Izuchenie rezhima gruntovyh vod v posledejstvii dlitel'nogo orosheniya stochnymi vodami svinokompleksa: Rekomendacii* / O.A. Zaharova, N.P. Karpenko, K.N. Evsenkin. – Ryazan', 2007. – 250 s. URL: <https://studres.ru/product/izuchenie-rezhima-gruntovykh-vod-v-posledejstvii-dlitelnogo-orosheniya-stochnymi-vodami-svinokompleksa>
5. Zaharova, O.A. *Resursosberegayushchaya tekhnologiya vosstanovleniya degradirovannyh pochv* / O.A. Zaharova. - Ryazan', RGATU, 2004.-262 s. URL: <https://f.eruditor.one/file/2118438/>
6. Zaharova, O.A. *Melioraciya zemel' i vozmozhnost' ee cifrovizacii* / O.A. Zaharova, D.E. Kucher, E.I. Mashkova, K.N. Evsenkin, F.A. Musaev // *Prirodoobustrojstvo*, 2021. - № 4. - S. 31-37. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-4-31-37
7. Kolesnikova T. A., *Issledovaniya ekologicheskoy bezopasnosti vneseniya v pochvu organomineral'nogo udobreniya iz zhidkih othodov svinokompleksov* / T.A. Kolesnikova, M. A. Kulikova // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2023. - №1. – Tom 15. – S. 48-54. URL: <https://e.lanbook.ru/journal/issue/332621>
8. Ksenofontova, O.V. *Stabilizaciya raboty ochistnyh sooruzhenij kanalizacii svinokompleksov* / O.V. Ksenofontova: *Avtoreferat diss. na soisk. uch. st. k.t.n. po spec. VAK RF 05.23.04..* – Novosibirsk, 2004. – 24 s. URL:

<https://www.dissercat.com/content/stabilizatsiya-raboty-ochistnykh-sooruzhenii-kanalizatsii-svinokompleksov>

9. Nagornyh, Yu.A. *Udobritel'naya cennost' stochnyh vod svinokompleksa i ih vliyanie na kachestvo vyrashchivaemyh kul'tur* / Yu.A. Nagornyh, V.P. Gerasimenko // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2014. - №2.- S. 42-44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/udobritelnaya-tsennost-stochnyh-vod-svinokompleksa-i-ih-vliyanie-na-kachestvo-vyrashchivaemyh-kulturn>

10. Nikitina O. V. *Ekologicheskoe sostoyanie prirodnyh resursov Central'nogo Chernozem'ya i tekhnologii ih uluchsheniya* / O.V. Nikitina, E. A. Bessonova, A. I. Stifeev, V. I. Lazarev, P. O. Bridskaya // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2023. - №1. – Tom 15. – S. 73-82. DOI: 10.36508/RSATU.2023.63.17.010

11. Pavlov A. A. *Opredelenie fonovyh koncentracij pochvennyh elementov v seroj lesnoj pochve Ryazanskoj oblasti* / A.A. Pavlov, Yu. A. Mazhajskij // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2022. -№4. – Tom 4. – S.33-41.URL: <https://elibrary.ru/zosvkh>

12. *Pogolov'e svinej na svinokompleksah v RF za god uvelichilos' na 1 mln golov / Svinovodstvo*, 2023. - №2. – S. 6. URL: <https://news.meatbranch.com/2023/01/pogolove-svinej-v-rossii-uvelichilos-na-1-mln/>

13. Tyutyunov, S.I. *Ispol'zovanie svinyh stokov v kachestve organicheskikh udobrenij* / S.I. Tyutyunov, V.D. Solovichenko, E.V. Navol'neva // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. - 2015. - №10 (41). – S. 76-79. DOI: 10.18454/IRJ.2015.41.028

14. Sharnin V.N. *Rol' svinovodstva v formirovanii vnutrennego rynka myasa* / V.N. Sharnin, V.I. Chinarov // *Svinovodstvo*, 2023. – S.4-6. DOI: 10.37925/0039-713X-2023-2-4-6

15. Shemyakin, A.V. *Cifrovye tekhnologii V APK* / A.V. Shemyakin, O.A. Zaharova, F.A. Musaev, S.N. Borychev, D.E. Kucher, E.I. Mashkova, I.I. Sadovaya. – Ryazan', Moskva: RGATU, RUDN, 2022. – 208 s.URL: <https://elibrary.ru/lmlumz>