

Использование биологических смазочных материалов

Зимняков В.М.

Аннотация. В данной статье отражена актуальность использования биологических смазочных материалов. Установлено, что отработанные масла оказывают вредное воздействие на окружающую среду и людей в целом. Утечки гидравлических масел наносят значительный ущерб окружающей среде. Биогидравлические масла минимизируют риск ущерба окружающей среде благодаря своей биоразлагаемости и отсутствию токсичности. По смазочным свойствам растительные масла превосходят нефтяные. Биологические смазочные материалы – альтернатива традиционным смазкам на основе нефти, они нетоксичны, полностью биоразлагаемы и обладают высокими смазывающими свойствами. Отмечены преимущества биологических смазочных материалов перед традиционными (минеральными) маслами. Рассмотрены аспекты влияния биоразлагаемых смазок на окружающую среду. Спрогнозированы перспективы биологических смазочных материалов. Рассмотрены технологии, которые используются для улучшения биологических смазочных материалов. Несмотря на большие преимущества биологических смазочных материалов им присущи и некоторые недостатки. Утилизация отработанных масел является важной задачей в контексте сохранения окружающей среды и её устойчивого развития.

Ключевые слова: биологические смазочные материалы, преимущества, недостатки, перспективы, технологии, окружающая среда.

Для цитирования: Зимняков В.М. Использование биологических смазочных материалов // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 2. С. 77–83.

The use of biological lubricants

Zimnyakov V.M.

Abstract. This article discusses the relevance of using biological lubricants. It has been established that waste oils have a detrimental impact on the environment and humans in general. Hydraulic oil leaks cause significant environmental damage. Biohydraulic oils minimize the risk of environmental damage due to their biodegradability and non-toxicity. Vegetable oils have superior lubricating properties to petroleum oils. Biological lubricants are an alternative to traditional petroleum-based lubricants; they are non-toxic, completely biodegradable, and possess excellent lubricating properties. The advantages of biological lubricants over traditional (mineral) oils are highlighted. The impact of biodegradable lubricants on the environment is discussed. The prospects for biological lubricants are projected. Technologies used to improve biological lubricants are considered. Despite the significant advantages of biological lubricants, they also have certain disadvantages. The disposal of used oils is an important task in the context of environmental conservation and sustainable development.

Keywords: biological lubricants, advantages, disadvantages, prospects, technologies, environment.

For citation: Zimnyakov V.M. The use of biological lubricants. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 2. pp. 77–83. (In Russ.).

Введение

Установлено, что отработанные масла оказывают вредное воздействие на окружающую среду и людей в целом. Они считаются опасными отходами. Отработанные моторные масла состоят из токсичных химических веществ, таких как тяжелые металлы (которые образуются в результате присадок и износа деталей двигателя), продуктов сгорания, легких углеводородов, полярных соединений, одноядерных и многоядерных ароматических соединений, смолистых материалов и металлоорганических соединений [1,7,10].

Утечки гидравлических масел наносят значительный ущерб окружающей среде. Ежегодно в результате аварий и утечек в окружающую среду попадает значительное количество гидравлического масла. Биогидравлические масла минимизируют риск ущерба окружающей среде благодаря своей биоразлагаемости и отсутствию токсичности. Использование биоразлагаемых моторных масел имеет множество преимуществ. Биоразлагаемые масла, часто используемые для смазки и защиты движущихся частей двигателя, могут минимизировать износ, предотвращать коррозию и поддерживать чистоту двигателя, что приводит к улучшению его производительности и долговечности [11].

По смазочным свойствам растительные масла превосходят нефтяные. Результаты определения трибологических характеристик гидравлических и трансмиссионных рапсовых масел показали, что они имеют такие же или лучшие «механические» свойства, чем минеральные, но уступают по стойкости к окислению. Рапсовые масла с присадками эквивалентны минеральным, но биоразлагаемы и нетоксичны. Высокая смазочная способность растительных масел дает возможность ограничить использование химически активных присадок, что существенно увеличивает их экологические преимущества. Объем мирового рынка биоразлагаемых

смазок, по прогнозам, достигнет 4,2 млрд. долларов к 2030 году при CAGR 5,8%; ожидается, что к 2030 году доля биоразлагаемых смазок в общем объеме рынка смазочных материалов достигнет 25–30%, а в некоторых специализированных областях может превысить 50%.

Таким образом, вовлечение растительных масел и животных жиров – продуктов биологического происхождения – в состав смазочных материалов следует считать перспективным. Широкое применение их в производстве товарных масел, смазок и СОТС позволит разрешить некоторые сложные экологические проблемы. При этом весьма важно развитие процессов химического модифицирования БСМ для существенного улучшения их эксплуатационных свойств. Биологические смазочные материалы (БСМ) – альтернатива традиционным смазкам на основе нефти, они нетоксичны, полностью биоразлагаемы и обладают высокими смазывающими свойствами [9].

Целью работы является изучение использования биологических смазочных материалов.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является информация по использованию биологических смазочных материалов. Инструментарно-методический аппарат исследования определяется совокупностью использованных методов общенаучных и экономических исследований. В процессе обработки исходной информации и других привлеченных аналитических материалов применялись анализ и синтез, логический, корреляционный и статистический анализ.

Результаты и их обсуждение

Проведены исследования по использованию биоразлагаемых смазочных материалов для узлов машин и механизмов, используемых в сельском



Рис.1. Преимущества биологических смазочных материалов перед традиционными (минеральными) маслами

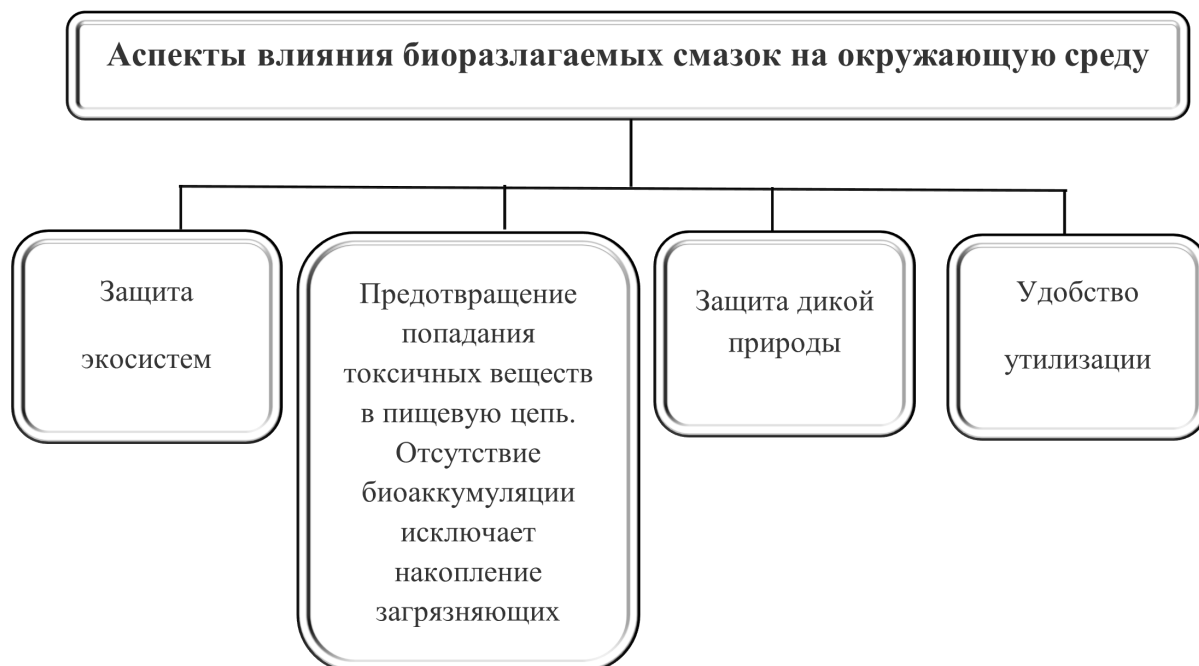


Рис. 2. Аспекты влияния биоразлагаемых смазок на окружающую среду



Рис. 3. Перспективы биологических смазочных материалов

хозяйстве, на основе рапсового масла. Создание смазочной композиции на основе растительных ресурсов – это не только шаг к более устойчивому производству, но и важный вклад в защиту окружающей среды. Проведенные исследования показывают, что рапсовое масло с добавлением противозносных присадок может стать эффективной альтернативой традиционным смазочным материалам [8].

Рассмотрим преимущества биологических смазочных материалов перед традиционными (минеральными) маслами (рис.1).

Преимущества биологических (биоразлагае-

мых) смазочных материалов перед традиционными (минеральными) маслами:

- Экологическая безопасность. Биоразлагаемые смазки быстро распадаются на безопасные компоненты в почве и воде, не нанося длительного ущерба окружающей среде при разливе или утечке.
- Снижение токсичности. Большинство биосмазок нетоксичны для людей и животных, не вызывают аллергических реакций, не испаряются в виде вредных летучих соединений.
- Возобновляемость сырья. В отличие от нефтепродуктов, растительные масла – возобновляемый ресурс, что снижает зависимость от углеводородного сырья.

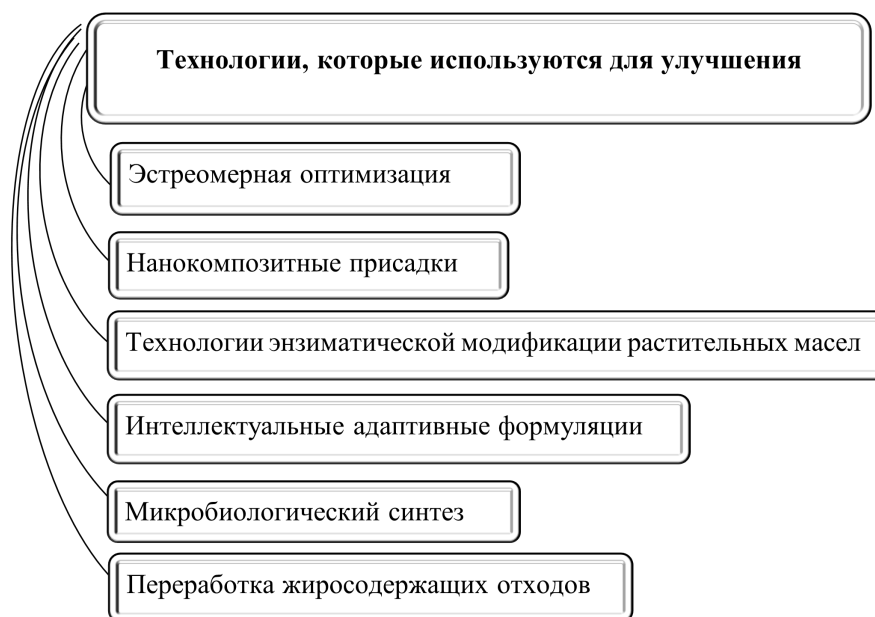


Рис. 4. Технологии, которые используются для улучшения

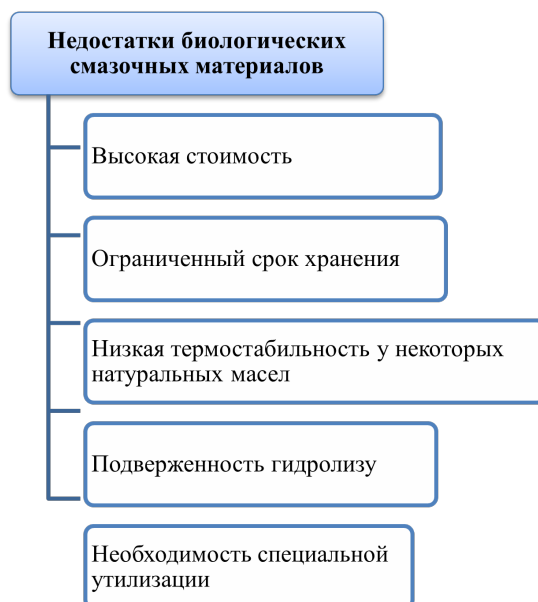


Рис. 5. Недостатки биологических смазочных материалов

- Высокие смазывающие свойства. Многие растительные масла обладают лучшими антифрикционными характеристиками, чем минеральные масла, образуют прочную масляную плёнку и обеспечивают надёжную защиту от износа.

- Устойчивость к давлению и температуре. Современные биосмазки выдерживают нагрузки и температуры, сравнимые с обычными синтетическими маслами.

- Совместимость с уплотнительными материалами. Химический состав биоразлагаемых масел, как правило, более близок к маслам, используемым в классических двигателях, поэтому они лучше совместимы с такими материалами, как резина и пластики.

- Положительное влияние на окружающую среду [4].

Аспекты влияния биоразлагаемых смазок на окружающую среду (рис. 2).

Аспекты влияния биоразлагаемых смазок на окружающую среду:

- Защита экосистем. Биоразлагаемые смазки не создают долговременного загрязнения почв и водоёмов, так как микроорганизмы разлагают их до простых соединений – углекислого газа и воды, не оставляя токсичных остатков.

- Предотвращение попадания токсичных веществ в пищевую цепь. Отсутствие биоаккумуляции исключает накопление загрязняющих веществ в пищевых цепях и снижает риски для здоровья человека.

- Защита дикой природы. Биоразлагаемые смазочные материалы распадаются на безвредные вещества, что снижает риск нанесения вреда животным и водным организмам при случайном попадании в окружающую среду.

- Удобство утилизации. В отличие от традиционных масел, требующих специальных методов

утилизации, биоразлагаемые смазочные материалы можно утилизировать так же, как и любые другие органические отходы [2, 4].

Перспективы биологических смазочных материалов представлены на рисунке 3.

Перспективы биологических смазочных материалов:

Рост спроса. Это связано с повышением осведомлённости об экологических проблемах и влиянии традиционных смазок на основе нефти на экосистемы. Также спрос растёт из-за перехода промышленности к целям устойчивого развития и корпоративной социальной ответственности. Рост спроса на биоразлагаемые смазочные материалы в различных отраслях, где растёт спрос на экологически чистые продукты. Некоторые факторы: строгие экологические нормы, направленные на снижение загрязнения окружающей среды; рост осведомлённости потребителей об экологическом воздействии обычных смазок; рост автомобильного и промышленного секторов, особенно в развивающихся странах

Широкое применение. Биологические смазочные материалы используются в разных отраслях, от автомобилей и авиации до сельского хозяйства и производства.

Использование передового сырья. В биосмазках применяют сельскохозяйственные отходы, непродовольственные культуры, отработанные кулинарные масла и водоросли. Это позволяет улучшить эксплуатационные характеристики продукта.

Использование в экологически уязвимых районах. Биологические смазочные материалы обладают повышенной биоразлагаемостью, меньшей токсичностью и уменьшенным углеродным следом по сравнению с обычными продуктами на основе минеральных масел.

Использование в продуктах питания и напитках. С 2026 по 2032 год ожидается быстрый среднегодовой темп роста в этом сегменте, что обусловлено критической потребностью в пищевых смазочных материалах.

Рассмотрим технологии, которые используются для улучшения биологических смазочных материалов (рис. 4):

1. Объём производства твёрдых и полутвёрдых сыров с учётом сырных продуктов в 2024 году составил 861 тысячу процессов и создание определённых условий для созревания.

Эстромерная оптимизация. Технология использует принципы стереохимии для конструирования молекул с заданной пространственной ориентацией. В результате создаются молекулы с улучшенной термической стабильностью и оптимизированными вязкостно-температурными характеристиками.

Нанокompозитные присадки. Используются функционализированные частицы размером 10–50 нм. Например, графеновые нанопластины в концентрации 0,01–0,05% уменьшают износ на 40–60% по

сравнению с традиционными противоизносными присадками.

Технологии энзиматической модификации растительных масел. Обеспечивают точный контроль жирнокислотного состава базовых масел, минимизируя содержание полиненасыщенных кислот, ответственных за окислительную нестабильность.

Интеллектуальные адаптивные формуляции. Такие системы реагируют на изменения рабочих условий, динамически адаптируя свои свойства. Например, термоактивные полимеры изменяют конформацию при критических температурах для повышения вязкости и защитных свойств.

Микробиологический синтез. Генетически модифицированные штаммы микроорганизмов производят специализированные эфирные структуры с заданными свойствами вязкости и термической стабильности.

Переработка жиродержащих отходов. Например, учёные Пермского Политеха разработали технологию, которая позволяет перерабатывать жиродержащие отходы в биоразлагаемые смазочные материалы.

Несмотря на большие преимущества биологических смазочных материалов им присущи и некоторые недостатки (рис. 5).

Недостатки биологических смазочных материалов:

Высокая стоимость. Биооснова и экологичные присадки удорожают продукт на 20–40% по сравнению с традиционными аналогами.

Ограниченный срок хранения. Натуральные масла склонны к окислению и требуют герметичной упаковки.

Низкая термостабильность у некоторых натуральных масел. При высокой нагрузке и температуре возможны потери вязкости и образование отложений.

Плохое поведение при низких температурах. Растительные масла могут загустевать или терять текучесть при низких температурах.

Подверженность гидролизу. Некоторые типы синтетических эфиров могут быть подвержены разложению под действием воды, что требует контроля за обводнёностью системы.

Необходимость специальной утилизации. Отработанные смазки содержат продукты износа металлов и загрязнения, поэтому требуют специальной утилизации [9].

Авторами [3] отмечается, что все моторные, дизельные, веретенные, авиационные, почти все трансмиссионные и изоляционные масла и пластичные смазки неустойчивы к грибкам и бактериям. Это способствует возникновению коррозии узлов и деталей, контактирующих с поврежденными смазочными материалами. Для снижения износа пар трения машин используются пластичные смазочные материалы (ПСМ). Рассмотрены состав и структура ПСМ, а также механизм их микробиологического повреждения. На основании проанализи-

рованной информации установлено, что существует проблема снижения эффективности смазочных композиций под влиянием микроорганизмов. Данный вопрос почти не изучен, исследований на эту тему крайне мало с точки зрения трибологии. В связи с этим целесообразно проведение исследований по выявлению закономерностей трения и изнашивания в смазочных средах с микроорганизмами, которые позволят получить, с одной стороны, фундаментальные результаты для науки, а с другой – важные практические рекомендации для реальной техники [3, 6].

Утилизация отработанных масел является важной задачей в контексте сохранения окружающей среды и её устойчивого развития. Предприятия АПК имеют потенциал использовать утилизированные масла в качестве ресурса, что приведет к экологическим и экономическим выгодам. Утилизация отработанных масел и их применение в сельскохозяйственных предприятиях представляют значительный потенциал для улучшения экологической и экономической устойчивости сельского хозяйства. Необходимо продолжать исследования, развивать

технологии и совершенствовать правовую базу для эффективной утилизации отработанных масел. Это позволит сократить негативное влияние на окружающую среду, снизить затраты и улучшить качество производства в сельскохозяйственном секторе [5].

Выводы

1. Биологические смазочные материалы – альтернатива традиционным смазкам на основе нефти, они нетоксичны, полностью биоразлагаемы и обладают высокими смазывающими свойствами.

2. Утилизация отработанных масел является важной задачей в контексте сохранения окружающей среды и её устойчивого развития.

3. Объём мирового рынка биоразлагаемых смазок, по прогнозам, достигнет 4,2 млрд. долларов к 2030 году при CAGR 5,8%; ожидается, что к 2030 году доля биоразлагаемых смазок в общем объёме рынка смазочных материалов достигнет 25–30%, а в некоторых специализированных областях может превысить 50%.

Литература

- [1] Ганиев, И.М., Морозов Н.В., Тремасова А.М. Биоразложение смазочных масел в сточных водах агропромышленных предприятий // Развитие современной науки и технологий в условиях трансформационных процессов: Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, Москва, 22 сентября 2023 года. – Санкт-Петербург: Печатный цех, 2023. – С. 150-154. – EDN WSWPDI.
- [2] Евдокимов А.Ю., Фукс И.Г., Шабалина Т.Н., Багдасаров Л.Н. Смазочные материалы и проблемы экологии // Москва: ГУП Издательство «Нефть и газ», 2000. – 423 с.
- [3] Зимин, Д. В., Бреки А.Д. Проблемы эксплуатации пластичных смазочных материалов триботехнического назначения в условиях их биоповреждений // Инновационные идеи в машиностроении: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Санкт-Петербург, 24–26 мая 2022 года / Под редакцией А.А. Поповича, Д.П. Гасюка. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 352-355. – EDN ESEJLD.
- [4] Зимняков В.М. Производство растительных масел в России. – Пенза: РИО ПГАУ, 2025. – 208 с. ISBN 978-5-00196-394-3.
- [5] Иванов, З.В., Хабардин В.Н. Утилизация отработанных масел и возможности их применения в предприятиях АПК // – С. 90-103. – DOI 10.24411/2078-1318-2025-1-90-103. – EDN EHWCTE.
- [6] Крахмалёв, С.И., Школьников В.М., Платонова Р.Г. Влияние изменения свойств пластичной смазки при

References

- [1] Ganiev, I.M., Morozov, N.V., Tremasova, A.M. Biodegradation of Lubricating Oils in Wastewater from Agro-Industrial Enterprises // Development of Modern Science and Technology in the Context of Transformation Processes: Collection of Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference, Moscow, September 22, 2023. – St. Petersburg: Printing Workshop, 2023. – Pp. 150-154. – EDN WSWPDI.
- [2] Evdokimov, A.Yu., Fuks, I.G., Shabalina, T.N., Bagdasarov, L.N. Lubricants and Environmental Issues // Moscow: State Unitary Enterprise Izdatelstvo «Oil and Gas», 2000. – 423 p.
- [3] Zimin, D.V., Breki, A.D. Problems of Operation of Plastic Lubricants for Tribotechnical Applications under Conditions of Their Biodamage // Innovative Ideas in Mechanical Engineering: Collection of Scientific Papers of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, St. Petersburg, May 24–26, 2022 / Edited by A. A. Popovich, D. P. Gasyuk. – St. Petersburg: POLITEKH-PRESS, 2022. – pp. 352–355. – EDN ESEJLD.
- [4] Zimnyakov V. M. Production of Vegetable Oils in Russia. – Penza: RIO PGAU, 2025. – 208 p. ISBN 978-5-00196-394-3.
- [5] Ivanov, Z. V., Khabardin V. N. Disposal of Waste Oils and Possibilities of Their Application in Agricultural Enterprises // – pp. 90–103. – DOI 10.24411/2078-1318-2025-1-90-103. – EDN EHWCTE.
- [6] Krakhmalev, S.I., Shkolnikov V.M., Platonova R.G. The Effect of Changes in the Properties of Plastic Lubricants during Storage in Containers and in the Product on the Reliability of Friction Units // Chemistry

- хранении в таре и в изделии на надежность работы узлов трения // Химия и технология топлив и масел. – 2010. – № 5. – С. 25-30.
- [7] Морозов, Н. В., Ганиев И.М. Технология биочистки производственных сточных вод от отработанных смазочных (моторных) масел // Принципы экологии. – 2021. – № 2. – С. 67–78. – DOI:10.15393/j1.art.2021.11802.
- [8] Парлюк, Е. П. Исследование рапсового масла, используемого в качестве биоразлагаемого смазочного материала // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1(79).
- [9] Стрельцов, В.В., Стребков С.В. Тенденции использования биологических смазочных материалов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2009. – № 2(33). – С. 66-69. – EDN KZGPTJ.
- [10] Тарасов, В.В. Экологические аспекты необходимости регенерации отработанных смазочных материалов // Журнал научные труды Дальрыбвтуза. – 2010. – № 22. – С. 294–307.
- [11] Тарамов, Ю.Х., Эльмурзаев А.А., Цамаева П.С. Рабочие жидкости для гидравлических двигателей на биологической основе // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2024. – Т. 20, № 3(37). – С. 79-86. – EDN SDFWIJ.
- [12] Хабардин // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 90-летию Иркутского ГАУ, п. Молодежный, 14–15 марта 2024 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2024. – С. 425-429. – EDN OPFBJO.
- and Technology of Fuels and Oils. – 2010. – No. 5. – Pp. 25-30.
- [7] Morozov, N.V., Ganiev I.M. Technology for Biotreatment of Industrial Wastewater from Used Lubricating (Motor) Oils // Principles of Ecology. – 2021. – No. 2. –Pp. 67–78. – DOI:10.15393/j1.art.2021.11802.
- [8] Parlyuk, E. P. Study of rapeseed oil used as a biodegradable lubricant // Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University. - 2025. - No. 1 (79).
- [9] Streltsov, V. V., Strebkov S. V. Trends in the use of biological lubricants // Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin». - 2009. - No. 2 (33). - Pp. 66-69. - EDN KZGPTJ.
- [10] Tarasov, V. V. Environmental aspects of the need to regenerate used lubricants // Journal of scientific works of the Far Eastern Technical University of Fisheries. - 2010. - No. 22. - Pp. 294-307. Taramov, Yu.Kh., Elmurzaev A.A., Tsamaeva P.S. Biologically Based Working Fluids for Hydraulic Motors // Bulletin of GGNTU. Technical Sciences. - 2024. - Vol. 20, No. 3 (37). - Pp. 79-86. - EDN SDFWIJ.
- [11] Khabardin // Scientific research and development for implementation in the agro-industrial complex: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists dedicated to the 90th anniversary of Irkutsk State Agrarian University, Molodezhny, March 14-15, 2024. - Molodezhny: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, 2024. - Pp. 425-429. - EDN OPFBJO.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Зимняков Владимир Михайлович доктор экономических наук профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(927) 444-33-22 E-mail: zimnyakov@bk.ru</p>	<p>Zimnyakov Vladimir Mikhailovich D.Sc. in Economics professor at the department of «Agricultural products processing» Penza State Agrarian University Phone: +7(927) 444-33-22 E-mail: zimnyakov@bk.ru</p>
---	--