

УДК 621.89:665.7.038.5

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЦИДНЫХ СВОЙСТВ ПРИСАДКИ К СМАЗОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ МКФ-18НТ

© 2019 г. К. А. Карпов¹, *, А. В. Зачиняева², Е. С. Геряинов¹, Р. О. Олехнович¹, Ю. А. Игнатьева¹

¹Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,
механики и оптики, Санкт-Петербург, 197101 Россия

²Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова МО РФ, Санкт-Петербург, 194044 Россия

*E-mail: karconst@mail.ru

Поступила в редакцию 29.05.2018 г.

После доработки 06.04.2019 г.

Принята к публикации 13.05.2019 г.

Исследована антимикробная активность многофункционального антифрикционного концентрата МКФ-18НТ, являющегося модификацией одной из наиболее распространенных добавок металлоплакирующего действия – медьсодержащей присадки МКФ-18. Установлено, что концентрат МКФ-18НТ, применяемый в качестве смазки, является эффективным биологически активным веществом, обладающим сильным биоцидным действием по отношению к бактериальной и грибной микрофлоре. Показано, что присадка МКФ-18НТ при ее введении в минеральные и полусинтетические масла подавляет рост плесневых грибов, что способствует уменьшению микробиологической коррозии. На основании литературных данных и проведенных экспериментов установлено оптимальное содержание присадки МКФ-18НТ в смазочных материалах с позиций ее фунгицидного действия.

Ключевые слова: полифункциональные присадки, антимикробные присадки, биоциды, смазочные материалы, олеат меди.

DOI: 10.1134/S0028242119050095

Смазочные материалы (СМ) при хранении, транспортировке и эксплуатации в неблагоприятных условиях (повышенных температурах и влажности) могут подвергаться воздействию микроорганизмов. Бактерии и грибы, используя углеводороды (УВ) масел и смазок в качестве источника углерода, изменяют их состав. Развитие микроорганизмов вызывает ухудшение качества СМ (изменение вязкости, кислотного числа, защитных свойств, цвета, запаха) и может способствовать усилению коррозионной агрессивности.

Одним из условий эффективного использования масел и смазок является их устойчивость к воздействию микроорганизмов. Для этого к СМ добавляют специальные присадки биоцидного действия.

Объектом данного исследования является многофункциональный антифрикционный концентрат (трибокомпозиция, присадка) МКФ-18НТ (производитель фирма “Триботехнология”), который является модификацией одной из наиболее распространенных добавок металлоплакирующего действия – медьсодержащей присадки МКФ-18. По другой терминологии (принятой в США и на Западе) металлоплакирующие препа-

раты называют реметаллизантами поверхности или просто реметаллизантами [1, 2].

При введении с СМ трибокомпозиция МКФ-18НТ создает металлический слой на контактирующих поверхностях, снижая коэффициент трения; при этом уменьшается износ трущихся деталей и образование на них отложений [3]. Действие присадки основано на научном открытии эффекта безызносности (избирательного переноса) с автокомпенсацией износа пар трения, сделанном в 1962 г. Д.Н. Гаркуновым, В.Г. Шимановским и В.Н. Лозовским [1, 4, 5].

Присадки класса МКФ-18 (МКФ-18Х, МКФ-18У, МКФ-18УМ, МКФ-18Е, МКФ-18СН, МКФ-18НТ и др.), обладая антифрикционным действием, улучшают смазывающие свойства СМ, уменьшают потери энергии на трение, что способствует снижению износа технологического оборудования [1–8]. Эти присадки можно добавлять к маслам, топливу или пластичным смазкам для восстановления трущихся соединений автомобильной и любой другой техники [1–6]. Достоинствами МКФ-18 и ее модификаций являются низкая стоимость, простота изготовления и достаточно высокая эффективность. При работе масла с при-

садкой МКФ-18 на поверхностях трения образуется тонкая защитная пленка меди (в несколько атомных слоев) [6], иногда обнаруживаемая только спектральным или другими методами, например, методом электронной микроскопии [9].

Кроме того, авторами данной статьи установлено, что в ходе эксплуатации моторного масла с присадкой МКФ-18НТ в двигателе внутреннего сгорания уменьшается кислотное число отработанного масла. Также, наличие в составе концентрата присадки органических соединений меди указывает на ее биологическую активность [10]. Таким образом, МКФ-18НТ может дополнительно обладать антиокислительным и (или) противомикробным действием, и тогда ее можно будет рекомендовать в качестве полифункциональной присадки с более широким спектром полезных свойств.

В настоящее время кроме минеральных масел на нефтяной основе находят применение полусинтетические и синтетические СМ, а также масла, вырабатываемые из растительного сырья. В задачу данного исследования входил выбор типов масел и углеводородных сред для постановки опытов. Кроме того, при определении наиболее эффективной концентрации трибокомпозиции МКФ-18НТ в смазочных материалах с позиций ее возможной антиокислительной и противомикробной активности необходимо, прежде всего, учитывать экспериментальное обоснование выбора оптимального содержания присадок класса МКФ-18, полученные во время триботехнических испытаний.

Согласно ТУ 0257-001-54723083-05, присадка МКФ-18НТ представляет собой многофункциональный концентрат, предназначенный для улучшения антифрикционных, противоизносных и противозадирных характеристик поверхностей трения механизмов и агрегатов, путем добавления в смазочные материалы и (или) непосредственного нанесения на поверхности трения. Разработчики существенно изменили состав новой присадки, по сравнению с МКФ-18. При изготовлении МКФ-18НТ используются: олеиновая кислота, соединения меди, цинка, олова и никеля, а также индустриальное масло И-20А.

Введение дополнительных компонентов (помимо соединений меди) способствует улучшению антифрикционных свойств присадки, пролонгации ее действия при увеличении температуры (температурная стойкость), повышению износостойкости контактирующих деталей, а также расширению диапазона допустимых контактных давлений [6]. Так, исследования, проведенные в ЗАО “Русский научный технологический центр проблем безызносности в машинах”, показали, что совместное использование в металлоплакирующих присадках меди и олова позво-

ляет снизить коэффициент трения при введении в смазочные масла механизмов, работающих с высокими частотами взаимного перемещения деталей и низкими контактными давлениями [11].

В настоящее время присадки класса МКФ-18, реализующие эффект избирательного переноса и безразборного восстановления изношенных машин, находят широкое применение в ряде отраслей: тяжелом машиностроении; рыболовецком флоте; станкостроении; нефтедобыче; сельскохозяйственной технике; автомобильном транспорте [4–6].

Действие присадок класса МКФ-18 исследовалось не только в России, но и в Германии, Украине, Казахстане и других странах. Положительные результаты от использования МКФ-18 были получены при обкатке и эксплуатации автомобилей “Fiat” и “Trabant” [2]. Во многих публикациях отмечается, что присадки класса МКФ-18 являются эффективными металлоплакирующими добавками к жидким и пластичным СМ даже при очень низких концентрациях [4–7, 12].

Определение оптимальной концентрации присадки МКФ-18 в смазочных материалах. Для корректного выбора содержания присадки для проведения экспериментов был проведен анализ литературных данных, касающихся установлению рабочих концентраций присадок класса МКФ-18 в процессе эксплуатации, а также для приработки узлов трения.

На основании литературных источников можно сделать заключение, что оптимальные концентрации присадки в процессе эксплуатации различных технических устройств примерно в 2–6 раз ниже, чем в период приработки [7, 13]. Верхний предел диапазона оптимального количества присадки МКФ-18 при использовании в индустриальных маслах составляет 1.0 мас. % [5, 13], а в моторных (при исследовании присадки МКФ-18Е) – 0.8 мас. % [7].

При использовании трибокомпозиции МКФ-18НТ в узлах трения автотранспорта рекомендуются дозировки, несколько превышающие указанные выше. Это может быть связано с особенностями состава новой присадки по сравнению с МКФ-18. В инструкции по обработке трибокомпозицией МКФ-18НТ двигателей различных типов¹ указаны дозировки присадки для гидротрансмиссий и агрегатов трансмиссии. Количество вводимой добавки находится в диапазоне 10–40 мл на 1 л масла, т.е. примерно 1–4 об. %. При выполнении триботехнических испытаний МКФ-18НТ в полусинтетическом масле Лукойл-Супер 10W40 присадка использовалась в еще большей дозировке, составляющей 5 мас. % [14].

¹ Предприятие ООО НВФ “Триботехнология”. URL: <http://трибо18.pf/> (дата обращения: 20.04.2018).

Таким образом, учитывая литературные данные, а также рекомендации по применению трибокомпозиции МКФ-18НТ, для проведения экспериментов были выбраны масла на минеральной основе, а также синтетические и полусинтетические СМ с расширенным диапазоном дозировок присадки 0.1–3.5 мас. %. Цель данной работы – исследование антимикробной активности многофункционального антифрикционного концентрата МКФ-18НТ, а также проведение испытаний масел различных видов в присутствии МКФ-18НТ на стойкость к воздействию плесневых грибов и бактерий. Задачей данного исследования также является поиск возможных причин, обуславливающих снижение кислотного числа у отработанного моторного масла с добавкой МКФ-18НТ по сравнению с маслом без присадки. Практическая ценность данной работы заключается в том, что результаты исследования действия концентрата МКФ-18НТ по новым, ранее не рассматриваемым направлениям могут позволить рекомендовать его в качестве полифункциональной добавки к смазочным материалам с более широким спектром полезных свойств, что позволит сократить количество вводимых присадок в СМ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

С целью определения влияния присадки МКФ-18НТ на образование в моторных маслах продуктов окисления были проведены опыты по определению кислотного числа (КЧ) для проб полусинтетического моторного масла Shell HELIX HX7 10W-40 после отработки в двигателе внутреннего сгорания в течение 15 тыс. км пробега. Испытания проводились методом потенциометрического титрования по ГОСТ 11362-96.

Для определения действия присадки в реакциях жидкофазного окисления были поставлены опыты по автоокислению модельного УВ в присутствии МКФ-18НТ. В качестве модельного (тестового) УВ был использован изопропилбензол (кумол). Выбор кумола обусловлен тем, что алкилароматические УВ, содержащие третичный атом углерода, наиболее склонны к окислению, и основные закономерности, полученные при изучении механизма ингибированного окисления кумола, с достаточной долей вероятности можно перенести на другие УВ.

Автоокисление кумола проводили на газометрической установке [15] при температуре 100°C (что примерно соответствует температуре моторного масла при работе двигателя внутреннего сгорания) и давлении кислорода 1013 гПа.

Влияние присадки МКФ-18НТ на антимикробные свойства масел различных видов изучали, применяя их растворы в маслах в количестве

1–2 мас. %. Для проведения исследований были использованы следующие СМ: промышленное масло И-12А на нефтяной основе; полусинтетическое моторное масло Wolf GUARDTECH 10W40 B4; синтетическое моторное масло Total QUARTZ 9000 5W40. Введение концентрата медьсодержащей присадки в испытуемые масла осуществляли путем добавления к смазочному материалу соответствующего количества концентрата и тщательного перемешивания до полного растворения [16].

Антимикробные свойства смазочных материалов в присутствии присадки МКФ-18НТ исследовали в чашках Петри методом лунки в эксикаторе, на дно которого налита вода (при температуре 28–30°C, поддерживаемой с помощью термостата), по ГОСТ 9.052-88 и ГОСТ 9.082-77 (в рамках единой системы защиты от коррозии и старения). Для испытаний в качестве тест-культур были использованы следующие микроорганизмы: грибы (*Aspergillus niger*); дрожжи (*Candida utilis*); бактерии (*Pseudomonas aeruginosa*). Эффективность антимикробного действия МКФ-18НТ определяли по величине диаметра зоны угнетения (задержки) роста микроорганизмов вокруг лунки с присадкой и без нее.

Для получения количественных характеристик биоцидного действия непосредственно концентрата МКФ-18НТ (без его введения в масло) были проведены опыты по оценке чувствительности тест-микроорганизмов к концентрату методом диффузии в агар [17]. Для исследования использовали стандартные питательные среды: чашек-агар и мясо-пептонный агар.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Действие присадки МКФ-18НТ на окисление углеводородных сред. После исследований установлено, что КЧ пробы отработанного масла с присадкой МКФ-18НТ (2 об. %) примерно на 40% меньше, чем соответствующий параметр у масла без присадки. На основании полученных результатов было сделано предположение, что снижение КЧ у отработанного масла может быть следствием антиокислительной активности присадки.

Присадка МКФ-18НТ содержит в своем составе соединения металлов, которые в реакциях окисления могут проявлять как каталитические, так и ингибирующие свойства [15]. При этом в литературных источниках преобладают примеры увеличения скорости окисления УВ при добавлении в них олеатов металлов переменной валентности. Так, согласно [18], опыты с введением в реактивное топливо Т-6 олеата меди(II) показали, что эта соль меди ускоряет окисление, причем заметный каталитический эффект наблюдается уже

при введении всего 10^{-6} моль/л. Кроме того, разработчик присадки МКФ-18НТ отмечает, что она позволяет уменьшить содержание СО и СН в выхлопных газах в 1.5–2 раза, благодаря тому, что соединения металлов, входящие в состав присадки, являются катализаторами горения [3] (т.е. окисления). Следует также отметить, что в книге Д.Н. Гаркунова [6] указано, что присадка МКФ-18 (модификацией которой является МКФ-18НТ) представляет собой продукт взаимодействия оксида меди с олеиновой кислотой и антиокислительных добавок.

Окисление кумола протекало с незначительным периодом индукции (~3 мин). Введение присадки МКФ-18НТ в количестве 0.1–3.5 мас. % не привело к торможению окисления, т.е. объем поглощаемого кислорода практически соответствовал этому параметру для аналогичных опытов без добавки.

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что присадка МКФ-18НТ не является ингибитором автоокисления УВ и снижение КЧ у отработанного моторного масла связано с другими причинами.

Испытания масел с присадками на стойкость к воздействию микроорганизмов. Существует точка зрения о действии антиоксидантов главным образом как биоцидов [19]. Кроме того, некоторые разработчики присадок и добавок к топливам считают, что каждая присадка кроме своего функционального действия должна обладать и антимикробными свойствами [19].

Присутствие в составе присадки МКФ-18НТ олеата меди позволяет предположить наличие у нее потенциальных антимикробных свойств. Например, согласно [10], для защиты строительных конструкций от плесневого грибка предложена фунгицидная композиция (антисептик), содержащая в качестве фунгицида олеат меди, носителем является касторовое масло или рицинолевая кислота и растворитель (толуол, ксилол, этанол, уайт-спирит, скипидар, льняное масло и др.). При этом смесь фунгицида и носителя содержит 10–50 об. % фунгицида и составляет 10–95 об. % композиции.

Авторы [11] отмечают также, что при введении медьорганических композиций в водоземulsionные смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) дополнительно проявляются биоцидные свойства соединений меди. При этом в состав другой СОЖ, разработанной этими же исследователями и предназначенной для механической обработки металлов, несмотря на наличие медьсодержащей органической противозносной добавки (на основе 2–30 мас. % смеси солей одновалентной и двухвалентной меди олеиновой кислоты), для дополнительной бактерицидной защиты входит используется биоцид (нециклические ацетали, али-

фатические азотные и гетероциклические серо- и азотсодержащие соединения).

После проведения опытов установлено, что индустриальное масло И-12А в присутствии присадки МКФ-18НТ подавляет рост грибной микрофлоры. Так, диаметры зон задержки роста у культуры гриба *Aspergillus niger* составили: 10 и 7 мм при содержании присадки 2 и 1 мас. % соответственно. Кроме того, зафиксирована задержка роста *Aspergillus niger* с зоной 30 мм в опытах с полусинтетическим маслом при содержании присадки 2 мас. %. В тех же условиях синтетическое масло в присутствии присадки рост грибной микрофлоры не задерживает.

Также все испытываемые масла с присадкой МКФ-18НТ не влияют на рост культур дрожжей *Candida utilis* и бактерий *Pseudomonas aeruginosa*.

Следует отметить, что в контрольных образцах исследуемых масел в условиях испытаний наблюдался интенсивный рост микроорганизмов вокруг лунок в чашках Петри. Также бурный рост бактериальной и грибной микрофлоры наблюдался и в образцах с полусинтетическим отработанным маслом (после 15 тыс. км пробега) с присадкой. Отсутствие биоцидного действия масла после отработки в двигателе может быть связано с уменьшением концентрации присадки в связи с металлоплакирующим действием МКФ-18НТ.

Таким образом, можно сделать заключение, что присадка МКФ-18НТ при ее введении в минеральные и полусинтетические масла (при содержании более 1 мас. %) эффективно подавляет рост плесневых грибов. Кроме того, фунгицидное действие присадки при повышении влажности и температуры сохраняется на протяжении длительного времени.

В качестве промышленных противомикробных присадок к маслам известен 8-оксихинолин и его производные соединения [6, 20]. В ходе экспериментов установлено, что противогрибковая активность минеральных масел в присутствии МКФ-18НТ выше, чем при добавлении (в аналогичных концентрациях) присадки 8-оксихинолин, используемой в качестве эталона. Кроме того, 8-оксихинолин, введенный в полусинтетическое моторное масло в количестве более 1.0 мас. %, несмотря на то, что проявляет антимикробную активность, выступает загустителем масла, резко увеличивая его вязкость. В этих же условиях вязкость полусинтетического моторного масла при добавлении присадки МКФ-18НТ увеличивается всего в пределах 2%.

Оценка чувствительности тест-микроорганизмов к концентрату МКФ-18НТ. В табл. 1 приведены результаты испытаний влияния присадок на рост микроорганизмов.

Как видно из табл. 1, концентрат МКФ-18НТ обладает бактерицидными и фунгицидными свой-

Таблица 1. Оценка результатов чувствительности тест-микроорганизмов к присадкам методом диффузии в агар

Тест-культура	Диаметр зон задержки роста микроорганизмов, мм		
	МКФ-18НТ	8-оксихинолин	2-амино-4-метилтиазол
<i>Bacillus cereus</i>	32	50	8
<i>Staphylococcus aureus</i>	28	50	8
<i>Escherichia coli</i>	35	40	4
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10	15	2
<i>Candida utilis</i>	30	70	0
<i>Aspergillus niger</i>	25	Роста нет	8
<i>Cladosporium resinae</i>	10	Роста нет	6
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	8	15	8

ствами. В его присутствии наблюдаются зоны задержки роста у грамположительных (*Bacillus cereus* и *Staphylococcus aureus*) и грамотрицательных (*Escherichia coli* и *Pseudomonas aeruginosa*) бактерий, дрожжей (*Candida utilis*), и грибов (*Aspergillus niger*, *Cladosporium resinae* и *Penicillium aurantiogriseum*).

Проявление биоцидного действия концентрата МКФ-18НТ по отношению к культурам дрожжей *Candida utilis* и бактерий *Pseudomonas aeruginosa* на фоне индифферентности масел с добавкой МКФ-18НТ к указанным тест-микроорганизмам может быть связано лучшей диффузией концентрата в рассматриваемые образцы микрофлоры.

Изучение антимикробных свойств присадки МКФ-18НТ проводили в сравнении с применяемым в промышленной практике биоцидом 8-оксихинолином, а также с исследованной ранее полифункциональной присадкой к реактивным топливам 2-амино-4-метилтиазолом [21]. Результаты, полученные при изучении антимикробной активности, показали, что присадка МКФ-18НТ проявляет ярко выраженную антимикробную активность, сравнимую с сильным биоцидом 8-оксихинолином.

Здесь следует отметить, что антифрикционный концентрат МКФ-18НТ может непосредственно выступать в качестве СМ, а 8-оксихинолин необходимо вводить в состав смазки, при этом концентрация промышленного биоцида существенно снизится, соответственно уменьшится и противомикробная активность. Приведенные для сравнения данные по 2-амино-4-метилтиазолу указывают, что его биоцидные свойства намного уступают присадке МКФ-18НТ. Кроме того, при испытаниях в аналогичных условиях присадки ионол, которую используют в качестве антиоксиданта в производстве топлив, смазочных масел, каучуков, пластмасс и др., биоцидного действия зафиксировано не было [21].

В результате проведения исследований установлено, что концентрат МКФ-18НТ является

эффективным биологически активным веществом, обладающим сильным биоцидным действием по отношению к бактериальной и грибной микрофлоре, который можно использовать в качестве антимикробного препарата. Показанная в данной работе антибактериальная и противогрибковая активность концентрата МКФ-18НТ в отношении широкого спектра микроорганизмов позволит расширить область его использования в сфере технологий топлив и масел, а также найти ему применение и в других отраслях, например, биотехнологии и биомедицине [22].

Исходя из результатов испытаний, присадку МКФ-18НТ можно рекомендовать в качестве фунгицидной добавки к индустриальным, а также минеральным и полусинтетическим моторным маслам. Эффективность противогрибкового действия в значительной степени зависит от концентрации присадки МКФ-18НТ в масле. На основании литературных данных и проведенных экспериментов показано, что с позиций фунгицидного действия оптимальное содержание трибокомпозиции МКФ-18НТ в смазочных материалах составляет 2 мас. %. Это согласуется с количеством присадки МКФ-18НТ, рекомендуемым при ее использовании в моторном масле, согласно инструкции по обработке бензиновых и дизельных двигателей.

Установлено, что снижение КЧ у отработанного моторного масла не является следствием антиокислительной активности присадки МКФ-18НТ в реакциях жидкофазного автоокисления УВ. Одной из причин уменьшения продуктов окисления в отработанном масле в присутствии МКФ-18НТ может выступать ее фунгицидное действие.

Таким образом, МКФ-18НТ является полифункциональной присадкой к смазочным материалам и, кроме антифрикционного действия, способствующего снижению износа технологического оборудования, дополнительно обладает фунгицидной активностью, приводящей к уменьшению микробиологической коррозии.

Наиболее эффективно биоцидные свойства присадки МКФ-18НТ будут проявляться при непосредственном нанесении концентрата на поверхности трения.

Работа выполнена в рамках НИР № 617031 по теме “Исследование и разработка методов и средств решения прикладных задач фотоники”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабанов В.И., Болгов В.Ю. Автомобильные присадки и добавки. М.: Эксмо, 2011. 152 с.
2. Балабанов В.И. Безразборное восстановление трущихся соединений автомобиля. Методы и средства. М.: ООО “Издательство Астрель”: ООО “Издательство АСТ”, 2003. 61 с.
3. Сокол С.А. // Современные технологии в горном машиностроении. Сб. науч. тр. М.: МГГУ, 2011. С. 279.
4. Гаркунов Д.Н., Мельников Э.Л., Гаврилюк В.С. Триботехника. М.: КНОРУС, 2013. 408 с.
5. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безысность). М.: Изд-во МСХА, 2001. 616 с.
6. Гаркунов Д.Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин). М.: Изд-во МСХА, 2002. 632 с.
7. Потапов Г.К., Балабанов В.И., Быстров В.Н., Антонов В.Н. // Эффект безысности и триботехнологии. 1997. № 2. С. 55.
8. Кузьмин В.Н., Погодаев Л.И., Усачев В.В. // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2009. № 4. С. 63.
9. Литвинов А.Н., Денисова Н.Е. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2008. № 3. С. 121.
10. Веселовский Р.А. // Патент РФ № 2536882. 2013.
11. Быстров В.Н., Юшин С.В. // Изобретательство. 2011. Т. 11. № 2. С. 21.
12. Булгаков Р.Ф., Матвеев Ю.Г., Хабибуллина Р.Г., Габдрахимов М.С. // Нефтепромышленное дело. 2014. № 7. С. 49.
13. Сергеев А.В. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2015. № 2 (24). С. 177.
14. Балабанов В.И., Бойков В.Ю., Балабанова Т.В. // Вестник ФГОУВПО “Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина”. 2016. № 3 (73). С. 45.
15. Эмануэль Н.М., Денисов Е.Т., Майзус З.К. Цепные реакции окисления углеводов в жидкой фазе. М.: Наука, 1965. 375 с.
16. Пашковский И.Э. // Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса. 2009. № 4. С. 79.
17. Медицинская микробиология. Под ред. А.М. Королюка и В.Б. Сбойчакова. Ч. 1. СПб.: Изд-во ЗАО “ЭЛБИ”, 1999. 272 с.
18. Денисов Е.Т., Ковалев Г.И. Окисление и стабилизация реактивных топлив. М.: Химия, 1983. 272 с.
19. Саблина З.А., Гуреев А.А. Присадки к моторным топливам. М.: Химия, 1977. 258 с.
20. Мамедова П.Ш., Бабаев Э.Р., Эйвазова И.М., Азизова С.М., Полетаева О.Ю., Мовсумзаде Э.М., Колчина Г.Ю. // Нефтегазохимия. 2016. № 4. С. 27.
21. Карпов К.А., Назаренко А.В., Пекаревский Б.В., Потехин В.М. // Журн. прикладной химии. 2001. Т. 74. № 6. С. 971.
22. Denisyuk I.Y., Vasilyeva N.V., Fokina M.I., Burunkova J.E., Uspenskaya M.V., Zulina N.A., Bogomolova T.S., Vybornova I.V., Orishak E.A. // J. of Bionanoscience. 2017. V. 11. № 5. P. 370.