

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ И ГАЗА

DOI: 10.15593/2224-9400/2018.4.11

УДК 547+54.056

А.А. Щепалов, Е.С. Котлова

Управляющая компания Биохимического холдинга «Оргхим»,
Нижний Новгород, Россия

А.С. Новоселов, А.А. Шалашова

Научно-исследовательский институт химии
Нижегородского государственного университета
им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА БЕЛЫХ МАСЕЛ: ЗАРУБЕЖНЫЕ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Белые масла – бесцветные нефтяные масла, изготавливаемые путем глубокого каталитического гидрирования нефтяных фракций или глубокой очистки масляных дистиллятов дымящей серной кислотой или серным ангидридом и отбеливающей землей. Ежегодно в мире производится более 1,5 млн т белых минеральных масел, которые применяются в химической, фармацевтической и пищевой промышленности, парфюмерии и косметике.

Технические белые масла используются в производстве пластмасс и эластомеров в качестве пластификаторов и смягчителей; для смазки пресс-форм; в качестве носителя каталитических комплексов; как диспергатор красителей и пигментов; в текстильной промышленности – в качестве авиважных жидкостей при производстве синтетических волокон.

Медицинские и пищевые масла применяются в косметической промышленности в составе кремов, паст, лаков для волос, лосьонов, мыл; в медицине и фармацевтике при изготовлении лекарственных препаратов; в пищевой промышленности для смазывания механизмов, машин и форм для производства продуктов и упаковки; в сельском хозяйстве для ветеринарных препаратов; при приготовлении кормов и кормовых добавок; в качестве растворителя или диспергатора; в виде основного компонента масляного адьюванта для приготовления эмульсионных медицинских вакцин.

В РФ в настоящее время производство белых масел незначительно, при этом производство качественных масел, которые могут использоваться в качестве пластификаторов для пластиков отсутствует. В 2014 г. экспорт белого масла в РФ составил порядка 15 тыс. т и его ежегодный рост оценивается в 5–7 %.

Таким образом, оценка современного состояния отечественных и зарубежных технологий получения белых масел, а также разработка новых способов очистки

нефтяного сырья до требуемых показателей качества белого масла представляет несомненный интерес. Процесс их производства – один из наиболее дорогостоящих в нефтепереработке.

В работе сделан краткий обзор основных способов очистки нефтяного сырья для получения белых масел и проведен сравнительный анализ известных технологий, которые используются на производствах в России и за рубежом. Рассмотрены основные характеристики, обуславливающие качество белого масла и сферы его применения. Предложена новая технология очистки сырьевых парафиновых компонентов с целью получения белого масла.

Ключевые слова: белые масла, технология производства, минеральные масла, очистка нефтяного сырья.

A.A. Shchepalov, E.S. Kotlova

Biochemical Holding ORGKHIM, Nizhny Novgorod, Russian Federation

A.S. Novoselov, A.A. Shalashova

Research Institute of Chemistry Nizhny Novgorod State University
Nizhny Novgorod, Russian Federation

MODERN SITUATION OF WHITE OIL PRODUCTION: FOREIGN AND DOMESTIC TECHNOLOGIES

White oils are water white petroleum oils produced by deep catalytic hydrogenation of petroleum fractions or purification of oil distillates by oleum or sulfur trioxide and bleaching earth. Over 1.5 million tons of white mineral oils are manufactured annually to then be applied in chemical, pharmaceutical and food industries, perfumery and cosmetics.

Technical white oils are used as extenders and plasticizers in production of plastics and elastomers, for lubrication of injection molds; as carriers of catalytic complexes; paint and pigment dispersing agents, in textile industry – as avivage agents in making of synthetic fibers.

Medicinal and edible oils are applied as components of creams, pastes, hairsprays, lotions and soaps in cosmetics; as raw materials for medicines in healthcare and pharmaceuticals; in food industry – for lubrication of mechanisms, machines and molds for products and packages; in agriculture – for making of animal drugs, feed supplements and feed mixing; as solvents or dispersing agents; as main component of oil adjuvant for preparation of emulsified medical vaccines.

Currently, the production of white oils in the Russian Federation is insignificant, while the production of quality oils fit for use as plasticizers for plastics is nonexistent. In 2014, the export of white oils to the Russian Federation was around 15 thousand tons and its growth has been estimated at 5-7% annually.

Thus, assessment of the current state of domestic and foreign white oil production processes, as well as development of new purification methods to reach required product quality indexes as per application is obviously relevant. Meanwhile, this process is one of the most costly in petroleum processing.

This paper provides a short review of the basic oil stock purification methods and a comparative analysis of established technologies used in Russia and abroad. The work considers the principal properties determining quality and applications of white oils and offers a new paraffin stock purification process.

Keywords: *white oils, production technology, mineral oils, refined or crude oil.*

Изучение состояния производства белых масел в России показало, что российские производители используют устаревшие методы, например, кислотно-контактной очистки, включающей следующие стадии: кислотную очистку сульфидирующим агентом; экстракцию сульфокислот водным раствором этилового спирта; контактную очистку масла отбеливающей глиной; фильтрацию [1, 2]. Данный метод требует продолжительного времени – от 10 до 15 сут в зависимости от числа стадий кислотной очистки и качества получаемого масла. К недостаткам технологии относятся низкий выход целевого продукта, длительность процесса, большое количество экологически опасных отходов, значительные расходы на их утилизацию, зависимость от химического состава сырья.

Также известен способ получения белых масел с использованием промышленных алюмокобальтмолибденового и алюмоплатинового катализаторов [3]. Недостатком этого способа является использование водорода, а также высоких температур и давлений. Таким образом, из 8 тыс. т/год вырабатываемых белых масел только 3–4 тыс. т соответствуют требованиям ГОСТ 3164–78 или спецификациям фармакопеи РФ [4].

Основные зарубежные технологии производства белых масел включают набор гидрокаталитических процессов, таких как гидрокрекинг, гидроочистка, гидродоочистка (гидрофинишинг), гидрирование, каталитическая депарафинизация, изодепарафинизация, число которых варьируется в зависимости от качества используемого сырья и требований к продукту.

Преимущество получения белых масел с использованием набора гидрокаталитических процессов обусловлено высоким выходом целевого продукта, отсутствием экологически опасных отходов, высоким качеством конечного продукта, гибкостью процесса. Однако данные технологии достаточно дорогостоящие, так как включают несколько стадий с использованием катализаторов на основе благородных металлов.

Уровень чистоты и область применения белых масел определяются такими аналитическими методами, как УФ-поглощение

(ASTM D 2269), косвенно отражающее содержание полициклических ароматических углеводородов, и испытание на коксующие соединения (ASTM D 565). Другим важнейшим показателем качества белых масел является цвет, определяемый на колориметре Сейболта (ASTM D 156). Для технических белых масел этот показатель должен быть более +20, для медицинских – не менее +30 (практически бесцветный продукт). Требования к белым маслам также определяются областями применения и назначением. Основным показателем чистоты белых масел является отсутствие коксующих соединений, к которым относятся полициклические ароматические углеводороды, олефины и ароматические соединения азота и серы. Углеводородный состав также немаловажная характеристика: желательными компонентами белых масел являются нефтяные углеводороды, их массовое содержание может превышать 70 %.

Парафиновые углеводороды имеют нормальное и изостроение, причем их содержание варьируется в зависимости от области применения белых масел. Особое внимание уделяется содержанию ароматических углеводородов ввиду их высокой токсичности. Для технических белых масел содержание ароматических углеводородов не должно превышать 7 %, для медицинских – 0,1 %. Поэтому при исследовании возможности получения белых масел из нефтяного сырья необходимо рассматривать процессы, обеспечивающие получение глубоко деароматизированных продуктов.

Глубокий анализ патентной литературы показал многообразие вариантов получения белых масел с использованием гидрокаталитических процессов, выбор которых зависит прежде всего от сырья и технологических возможностей предприятия. В патенте Atlantic Richfield Company [5] приводится двухстадийная схема гидрирования нефтяных дистиллятов с целью получения белых масел. На первой стадии используется сероустойчивый катализатор гидрирования, в состав которого входят носитель, металл подгруппы VIB (Cr, Co, W) с массовым содержанием 10–30 % и один металл подгруппы железа (Fe, Co, Ni) с массовым содержанием 4–10 % в сульфидной или оксидной форме. Условия проведения первой стадии гидрирования: температура 315–430 °С; давление 10–34 МПа. В состав катализатора второй стадии гидрирования входят носитель (оксид алюминия) и палладий с массовым содержанием 0,1–3 %. Условия проведения второй стадии гидрирования: температура 450–650 °С; давление 10–34 МПа. Выход продукта гидрирования составляет более 90 %. Преимуществом данного

процесса является высокая селективность за счет использования высокоактивного катализатора второй стадии. В качестве сырья могут использоваться нефтяные дистилляты вязкостью от 7 до 1400 мм²/с при температуре 40 °С.

Компанией Atlantic Richfield Company также разработан четырехстадийный гидрокаталитический способ получения белых масел высокого качества для пищевой промышленности из нефтяных дистиллятов с высоким выходом целевого продукта [6]. Способ включает стадию гидрокрекинга в присутствии катализатора, содержащего металл группы VIII (подгруппы железа), металл группы VIВ и носитель (оксид алюминия, оксид бора, оксид кремния), при температуре 385–440 °С, давлении 17–20 МПа. Продукт гидрокрекинга поступает на две последовательные стадии гидрирования в присутствии сероустойчивого катализатора, содержащего металл группы VIII (подгруппы железа), металл группы VIВ и носитель (оксид алюминия), при температуре 280–340 °С (300–370 °С), давлении 14–20 МПа. Третья стадия гидрирования полученного продукта осуществляется в присутствии селективного катализатора, содержащего благородный металл группы VIII, при температуре 260–300 °С, давлении 14–20 МПа. Главным недостатком данной технологии являются многостадийность и продолжительность процесса.

Трехстадийный гидрокаталитический процесс производства белых масел без использования предварительной стадии экстракции растворителями и очистки кислотами приводится в патенте [7]. Первая стадия гидрирования выполняется для снижения массового содержания ароматических углеводородов в сырье до 7–10 % в присутствии никель-молибденового катализатора при температуре 340–370 °С и парциальном давлении водорода 10–12 МПа. Вторая стадия гидрирования позволяет снизить массовое содержание ароматических углеводородов до 1 % за счет проведения процесса в присутствии никель-молибденового катализатора при температуре 320–370 °С и парциальном давлении водорода 18–20 МПа. Третья стадия проводится в присутствии платинового катализатора и в самых жестких условиях (парциальное давление водорода составляет 17–20 МПа, температура равна 230–290 °С) с получением на выходе белых масел, пригодных для пищевой промышленности.

В патенте компании Exxon Mobil [8] представлен трехстадийный способ получения высококачественных белых масел для пищевой про-

мышленности из нефтяных дистиллятов. Первая стадия заключается в проведении гидроочистки рафината селективной очистки в присутствии сероустойчивого катализатора и водородсодержащего газа с получением на выходе базовых масел высокого качества. На второй стадии при температуре 40–500 °С, давлении 0,7–20 МПа с использованием катализатора гидрирования/десульфирования получают продукты с низким содержанием ароматических углеводородов и практически без серы. Катализатор стадии гидрирования содержит металл группы VIII (платину, палладий), промотированный металлом (Re, Cu, Ag, Au, Sn, Mn), и неорганический носитель (цеолиты, оксиды алюминия, кремния, магния, бора). На третьей стадии продукт подвергается гидрированию в присутствии никелевого катализатора с получением на выходе белых пищевых масел.

Компанией Chevron Inc. запатентован способ получения белых масел для технических и медицинских нужд из высокопарафинистого сырья с использованием высокоактивных катализаторов гидроизодепарафинизации [9]. Способ получения технических белых масел включает стадию гидроизодепарафинизации парафинистого сырья, выкипающего при температуре выше 490 °С и содержащего *n*-парафиновые углеводороды в массовом количестве более 40 %, с использованием селективного и высокоактивного катализатора, в состав которого входят молекулярные сита, гидрирующий компонент (благородный металл) и оксидный носитель. Массовый выход полученных белых масел, выкипающих при температуре 343 °С и выше, составляет более 25 %. Полученные белые масла имеют температуру застывания ниже 0 °С и цвет по Сейболту +20 и более.

Производство медицинских белых масел, кроме стадии гидроизодепарафинизации и фракционирования, включает стадию гидрофинишинга. Полученные белые масла имеют кинематическую вязкость 1,5–36 мм²/с при температуре 100 °С. Массовое содержание нафтенов не менее 18 %, температура застывания ниже 0 °С, цвет по Сейболту +30. В патенте [10] приводится способ приготовления белых масел медицинского назначения. Технология включает стадию гидроочистки углеводородного сырья с целью снижения содержания ароматических углеводородов, серо- и азотсодержащих соединений. Катализатор стадии гидроочистки включает металлы группы VI, VIII, IX или X в сульфидной форме и неорганический оксидный носитель (оксид алюминия, оксид кремния, их смеси). Процесс гидроочистки проводится при тем-

пературе 149–538 °С, давлении 0,446–34,58 МПа. После фракционирования продукт направляется на вторую стадию гидроочистки при тех же параметрах процесса. По одному из вариантов гидроочищенный продукт может подвергаться гидрокрекингу на катализаторах, включающих металл группы VI или VIII–X в сульфидной или оксидной форме и носитель на основе оксидов алюминия, кремния, магния, циркония и других металлов или их смеси. Процесс гидрокрекинга проводится при температуре 204–510 °С, давлении 0,79–34,58 МПа. Далее продукт подвергается изодепарафинизации с применением катализатора, содержащего цеолит типа ZSM-23, ZSM-35, ZSM-48, ZSM-57 или алюмофосфаты (SAPO-11, SAPO-41).

Процесс каталитической изодепарафинизации проводится при температуре 250–350 °С, давлении 0,79–20,79 МПа. Изодепарафинизат подвергается гидроочистке/гидрофинишingu в две ступени на катализаторах, в состав которых входят металлы группы VIII и носитель MCM-41 (группы M41S). Условия проведения процесса гидроочистки/гидрофинишнга: температура 180–280 °С; давление 1,34–17,24 МПа. Продуктом первой стадии гидроочистки/гидрофинишнга являются белые масла технического назначения, а продуктами второй стадии – медицинского.

Способ получения нафтовых технологических масел, используемых в качестве пластификатора или разбавителя полимеров, а также в качестве исходного материала для технических или медицинских белых масел, описан в патенте [11]. Способ заключается в гидрировании технологического масла с массовым содержанием полициклических ароматических соединений не менее 3 % и с массовым содержанием в нафтовых углеводородах атомов углерода CN не более 25 % в присутствии водорода с применением катализатора, в состав которого могут входить Ni, Co, Mo, Cr, V, Ni-Co, Cr-V, оксид металла, сульфид металла или их смеси, при температуре от 200 до 400 °С и давлении от 8 до 25 МПа. Средняя продолжительность гидрирования составляет 6–60 мин. Получаемое нафтовое технологическое масло содержит нафтовые углеводороды в количестве от 30 до 60 % и имеет анилиновую точку от 30 до 115 °С (DIN ISO 2977).

Белые масла имеют высокую промышленную ценность, однако технологии их получения достаточно дорогостоящие, так как включают несколько стадий с использованием катализаторов на основе благородных металлов. Таким образом, в гидрокаталитических технологиях

получения белых масел ключевую роль играют новые современные высокоэффективные катализаторы и/или каталитические системы, способные снизить затраты за счет оптимизации числа стадий процесса и технологических параметров.

На сегодняшний день основные производители белых масел – крупные нефтеперерабатывающие комплексы, где белые масла являются естественным конечным продуктом сложной цепочки технологических процессов.

Среди отечественных разработок известна технология получения высококачественных технических белых масел для парфюмерной и медицинской промышленности из тяжелой высокосернистой нефти Ашальчинского месторождения гидрогенизационными процессами с использованием промышленных алюмокобальтмолибденового и алюмоплатинового катализаторов. Недостатком этого способа является использование водорода, а также высоких температур и давлений. Известен способ получения белых медицинских масел путем предварительного гидрирования нефтяного сырья, с последующей обработкой продукта гидрирования олеумом, удалением сульфокислот и обработкой масла глиной. Недостатком этого способа является использование определенного вида сырья, содержащего не более 25 % ароматических углеводородов, или проведение предварительной очистки исходного сырья.

Известны способы получения белого масла путем многоступенчатого сульфирования нефтяного сырья серным ангидридом с отделением кислого гудрона от масляного сырья серным ангидридом с отделением кислого гудрона от масляного слоя, последующей нейтрализацией последнего после каждой ступени и очисткой нейтрализованного масла олеумом и доочисткой отбеливающей землей. Недостатками этих способов являются многостадийность обработки исходного минерального масла, как газообразным серным ангидридом, так и олеумом, что усложняет способ получения масла и увеличивает потери целевого продукта с кислым гудроном и сульфокислотами.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому нами методу очистки базовых масел является способ получения белого масла путем двухступенчатого сульфирования нефтяного сырья серным ангидридом с отделением кислого гудрона от масляного сырья, последующей нейтрализацией последнего после каждой ступени и очисткой нейтрализованного масла олеумом и доочисткой отбели-

вающей землей, при этом в нейтрализованное масло второй ступени перед очисткой его олеумом вводят масляную фракцию (350–450 °С) процесса гидрокрекинга. Недостатком этого способа является многостадийность обработки исходного минерального масла, как газообразным серным ангидридом, так и олеумом, введение масляной фракции (350–450 °С) процесса гидрокрекинга, что усложняет способ получения масла, увеличивает энергозатраты и потери целевого продукта с кислым гудроном и сульфокислотами.

В результате наших исследований, проводимых в рамках реализации комплексного проекта «Создание высокотехнологичного производства неканцерогенных масел-пластификаторов для шин, каучуков и пластиков на основе инновационной технологии переработки отходов нефтяной промышленности» было предложено упрощение способа, описанного выше и увеличение выхода белого масла путем обработки минерального масла жидким регенерируемым комплексом и алюмосиликатным адсорбентом.

Белое масло является носителем хлористого алюминия и окиси цинка в жидкой фазе и в комплексообразовании с нежелательными компонентами масла не принимает активного участия. В работе применяли комплекс, в котором в качестве носителя хлористого алюминия и окиси цинка использовалось белое масло, полученное очисткой окисленного перекисью водорода нефтяного базового масла (оксида-та), использовавшегося в качестве сырья. Хлористый алюминий с окисью цинка образует координационные соединения со смолистыми веществами, полициклическими ароматическими углеводородами, с серосодержащими соединениями за счет донорно-акцепторного взаимодействия.

Очистку масла жидким комплексом проводили в две ступени: на первой ступени при температуре 75 °С, соотношении комплекса к оксидату 0,25:1,0; на второй ступени очистки при температуре 85 °С и соотношении комплекса к оксидату 0,2:1,0. После второй ступени очистки полученное масло имеет желтый цвет. Очищенное масло отделяли от комплекса, продували воздухом в течение 3–4 ч при 60–70 °С. После отдувки хлористого водорода, образующегося в процессе очистки масла комплексом, оставшиеся в масле органические продукты осмоления и кислые компоненты выделяли в качестве осадка. Отстоявшееся прозрачное, светло-желтое и не имеющее запаха масло подвергали окончательной очистке от остаточной кислотности путем

обработки адсорбентом в количестве 10 мас.% к маслу. Выход очищенного масла составил 63,4 %.

Для регенерации комплекса его обрабатывали, при воздействии ультразвука частотой 22–27 кГц, полуторным объемом растворителя, состоящего из 50 % легкой углеводородной фракции C₄–C₆ и 50 % толуола. Обработка растворителем проводится дважды при 75 °С. После экстракции из комплекса нежелательных компонентов он восстанавливает свою активность. В лабораторных условиях после каждой ступени очистки масла отработанный комплекс регенерируется, потери комплекса в процессе очистки составляют 0,5–2 %, которые в ходе экспериментов восполняются добавлением, при перемешивании, в регенерированный комплекс хлористого алюминия при температуре 80–90 °С. Очистку оксидата комплексом с получением белых масел можно вести по непрерывной схеме с применением роторно-дискового контактора. Таким образом, предлагаемый способ получения очищенных парафиновых компонентов – белых масел – позволяет получать продукт с высоким выходом. Причем процесс можно реализовать в непрерывном режиме. Предлагаемый процесс отличается новизной, так как он не повторяет известные способы получения белых масел.

По разрабатываемой технологии после опытно-промышленного внедрения планируется производить от 1 до 5 тыс. т белых масел, пригодных для использования в качестве пластификаторов для стирол-бутадиен-стирольных (SBS) и стирол-этилен-бутадиен-стирольных (SEBS) термоэластопластов, полистирольных пластиков, полиэтилена, полипропилена, этилен-пропилен-диеновых (EPDM) каучуков.

Таким образом, в данной работе рассмотрены известные в литературе методы очистки нефтяного сырья с целью получения парафиновых белых масел. Установлено, что в РФ актуальна необходимость разработки и внедрения модернизированных технологий получения белых масел, обеспечивающих минимальную экологическую нагрузку на окружающую среду. Предложен способ реализации технологии получения белого масла из минеральных базовых масел с перспективой промышленного масштабирования с целью увеличения объемов производства высокотехнологичных нефтепродуктов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства неканцерогенных ма-

сел-пластификаторов для шин, каучуков и пластиков на основе инновационной технологии переработки отходов нефтяной промышленности, договор № 02.G25.31.0165 от 01.12.2015 г.

Получено 30.10.2018

Список литературы

1. Самедова Ф.И. Технология получения белых масел из азербайджанских нефтей. – Баку: Элм, 1996. – 124 с.
2. Потанина В.А., Марчева Е.Н., Богданов Ш.К. Качество и технология производства белых масел // Переработка нефти: темат. обзор / ЦНИИ информ.-технич.-экон. исслед. нефтеперераб. и нефтехим. пром. – М., 1981. – С. 42.
3. Pat. 4251347 US. White mineral oil made by two stage hydrogenation; assignee: Atlantic Richfield Company, Philadelphia, Pa; field 15.08.79; date of patent: 17.2.81.
4. Маркетинговое исследование рынка белых масел в России и мире // Megaresearch. – 2013. – С. 30.
5. Pat. 4325804 US. Process for producing lubricating oils and white oils; assignee: Atlantic Richfield Company, Philadelphia, Pa; date of patent: 20.04.82.
6. Pat. EP 0447092A1. Method of producing food grade quality white mineral oil; assignee: Atlantic Richfield Company; date of patent: 18.09.91.
7. Pat. 6187176B1 US. Process for the production of medicinal white oil; assignee: Exxon Research and Engineering Company; date of patent: 13.02.2001.
8. Pat. 2009/0166251A1 US. All catalytic medicinal white oil production; assignee: Exxon Mobil Research & Engineering Company; date of patent: 02.07.09.
9. Pat. 7214307B2 US. White oil from waxy feed using highly selective and active wax hydroisomerization catalyst; assignee: Chevron U.S.A. Inc; date of patent: 08.05.2007.
10. Пат. 2473668 RU. Способ получения нафтенных технологических масел путем гидрирования / Клаус Далеке КГ (DE). Опубл. 27.01.2013.
11. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 784 с.

References

1. Samedova F.I. Tekhnologiya polucheniia belykh masel iz azerbaidzhan-skikh neftei. [Technology for the production of white oils from Azerbaijani oils]. Baku, Elm, 1996, 124 p.
2. Potanina V.A., Marcheva E.N., Bogdanov Sh.K. Kachestvo i tekhnologiya proizvodstva belykh masel // TsNII informatsii-tekhniko-ekonomicheskikh issledo-

vanii neftepererabatyvaiushchei i neftekhimicheskoi promyshlennosti [Quality and technology of white oil production // Central Research Institute for Information on Technical and Economic Studies of the Oil Refining and Petrochemical Industry (thematic review. Oil refining)]. 1981, p. 42.

3. White mineral oil made by two stage hydrogenation; assignee: Atlantic Richfield Company, Philadelphia, Pa. Patent US 4251347 (1981).

4. Marketingovoe issledovanie rynka belykh masel v Rossii i mire [Market research of white oils in Russia and the world]. *Megaresearch*, 2013, p. 30.

5. Pat. US 4325804. Process for producing lubricating oils and white oils; assignee: Atlantic Richfield Company, Philadelphia, Pa; Patent US 4325804 (1982).

6. Method of producing food grade quality white mineral oil; assignee: Atlantic Richfield Company; Patent EP 0 447 092 A1. (1991).

7. Process for the production of medicinal white oil; assignee: Exxon Research and Engineering Company; Patent US 6187176 B1 (2001).

8. All catalytic medicinal white oil production; assignee: Exxon Mobil Research & Engineering Company. Patent US 0166251 A1 (2009).

9. White oil from waxy feed using highly selective and active wax hydroisomerization catalyst; assignee: Chevron U.S.A. Inc; Patent US 7214307 B2 (2007).

10. Claus Daleck. Sposob polucheniia naftenovykh tekhnologicheskikh masel putem gidrirovaniia [Method for producing naphthenic process oils by hydrogenation]. Patent Rossiiskaia Federatsiia 2 473 668 C2 (2013).

11. Kasatkin A.G. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii [Basic processes and apparatuses of chemical technology]. Moscow, Khimiia, 1971, 784 p.

Об авторах

Щепалов Александр Александрович (Нижний Новгород, Россия) – кандидат химических наук, доцент, начальник отдела развития нефтехимии УК БХХ «Оргхим» (603950, г. Нижний Новгород, ул. Белинского, 55 А; e-mail: a.shchepalov@orgkhim.com).

Котлова Елена Сергеевна (Нижний Новгород, Россия) – кандидат химических наук, инженер-технолог УК БХХ «Оргхим» (603950, г. Нижний Новгород, ул. Белинского, 55 А; e-mail: e.kotlova@orgkhim.com).

Новоселов Артемий Сергеевич (Нижний Новгород, Россия) – младший научный сотрудник НИИ Химии ННГУ им. Н.И. Лобачевского (603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, корп.5; e-mail: snova1983@yandex.ru).

Шалашова Александра Аркадьевна (Нижний Новгород, Россия) – младший научный сотрудник НИИ Химии ННГУ им. Н.И. Лобачевского (603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, корп. 5; e-mail: Aleksa-a1989@mail.ru).

About author

Alexander A. Shchepalov (Nizhny Novgorod, Russian Federation) – Ph.D. of Chemistry, Associate Professor, the Head of Petrochemical Department, Biochemical Holding ORGKHIM, Management Company, JSC (55 A, Belinskogo str., Nizhny Novgorod, 603950).

Elena S. Kotlova (Nizhny Novgorod, Russian Federation) – Ph.D. of Chemistry, Process Engineer, Biochemical Holding ORGKHIM, Management Company, JSC (55 A, Belinskogo str., Nizhny Novgorod, 603950).

Artemy S. Novoselov (Nizhny Novgorod, Russian Federation) – junior researcher, Research Institute of Chemistry Nizhny Novgorod State University (23/5, Gagarin av., Nizhny Novgorod, 603950).

Alexandra A. Shalashova (Nizhny Novgorod, Russian Federation) – junior researcher, Research Institute of Chemistry Nizhny Novgorod State University (23/5, Gagarin av., Nizhny Novgorod, 603950).