

## ПРИМЕНЕНИЕ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

*С.П. Высоцкий<sup>1</sup>, Д.Н. Бут<sup>2</sup>*

*1 – Автомобильно-дорожный институт ГВУЗ "ДонНТУ", г. Горловка  
2 – Представительство "Purolite International Limited", г. Днепрпетровск*

**АННОТАЦИЯ:** Рассмотрены технологии очистки биодизельного топлива. Показано, что наиболее перспективной является технология с использованием ионообменных смол, например, Purolite PD-206. Применение биодизеля позволяет существенно сократить эмиссию парниковых газов в окружающую среду.

**АННОТАЦІЯ:** Розглянуті технології очищення біодизельного палива. Показано, що найбільш перспективною технологією є використання іонообмінних смол, наприклад, Purolite PD-206. Використання біодизелю дозволяє суттєво зменшити емісію парникових газів в навколишнє середовище.

**ABSTRACT:** The technologies of biodiesel fuel cleaning are considered. Most favorite technology is use ionexchange resin, for example Purolite PD-206. Utilization of biodiesel fuel allows to decrease emission of green house gases into environment.

За последние пять лет в динамике производства и потребления углеводородного сырья, в частности, нефти и газа, наблюдается стабильный рост на уровне 1,6% (газ) и 2,7% (нефть) в год. Задача обеспечения постоянно растущих потребностей мировой и национальных экономик в энергии обуславливает необходимость развития возобновляемой энергетики и, в частности, биоэнергетики. Это также диктуется решением глобальных проблем, связанных с ограниченностью запасов ископаемых видов топлива и обеспечением экологической безопасности.

Следует учитывать ухудшение экологических показателей, обусловленное использованием традиционных моторных топлив. В общем балансе загрязнений окружающей среды в городах доля двигателей внутреннего сгорания превышает 70%.

Существенный вклад в загрязнение окружающей среды оказывает сельскохозяйственная техника. Это связано с использованием в сельском

хозяйстве техники и технологических операций, не отвечающих современным экологическим требованиям. По техническому уровню сельскохозяйственная техника Украины значительно отстает от сельхозтехники развитых стран примерно на два поколения. Расход топлива отечественных тракторов составляет 238-265, масла 1,2-2,4 г/кВт·ч, в то время как в США созданы дизели с расходом топлива 145 и масла 0,5-0,7 г/кВт·ч. Использование изношенной техники также ведет к большому расходу топлива и загрязнению окружающей среды вредными выбросами.

Цены на поставляемое сельхозтоваропроизводителям моторное топливо из года в год растут, что увеличивает себестоимость сельскохозяйственной продукции, в которой доля затрат на топливо достигает 20-30%.

Развитие биоэнергетики в нашей стране является весьма актуальной государственной задачей. Снижение энергозависимости сельскохозяйственного производства, обеспечение животноводства кормовым белком позволяет повысить конкурентоспособность отечественной экспортной продукции и обеспечить создание дополнительных рабочих мест.

Биоэнергетика несет в себе новые технологии, которые потребуют для массового внедрения в энергетический баланс новых видов топлив, серьезной политической и экономической поддержки со стороны государства.

Целью данной работы является определение условий производства биодизельного топлива и выбор наиболее перспективных технологий его очистки.

Биодизель – это чистое альтернативное горючее, которое произведено из возобновляемых источников. Биодизель подобен дизельному топливу, добываемому из ископаемых источников, но не содержит нефтепродуктов. Биодизель может разбавляться с нефтяным дизелем в любых соотношениях и создавать биодизельную смесь. Он может применяться в дизельных двигателях с небольшими изменениями или вообще без внесения изменений в модификацию.

Биодизель может производиться из неразбавленных в растительной массе животных масел/жиров, жира из отработанного пищевого масла. Наиболее используемый источник масел – сельско-хозяйственные культуры, такие как соевые бобы (Северная Америка), рапс (Европа), масла пальм (Азия). Биодизель прост в применении, биологически разложимый, нетоксичен и не имеет запаха. При применении биодизеля на 75 % сокращается выброс свободного CO<sub>2</sub> по сравнению с нефтяным дизелем.

Как упоминалось выше, основой для производства биодизеля может быть неразбавленное растительное масло, отработанное растительное

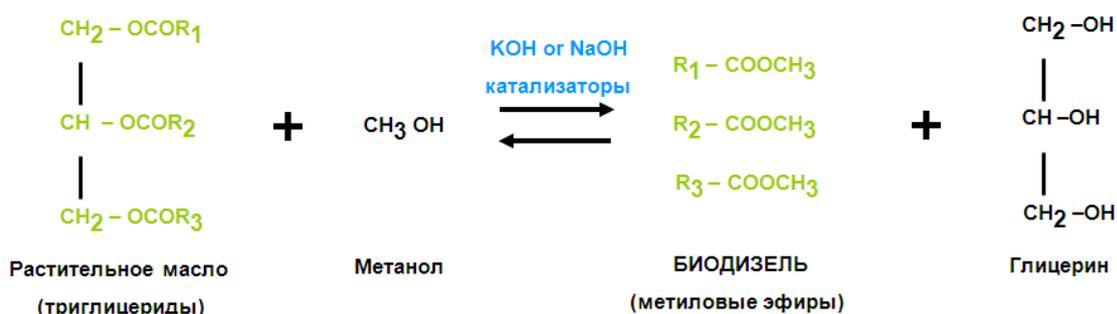
масло, жир или животные масла. Обработка и преобразование этого сырья в биодизель называется трансэстерификацией.

Применяются три основные технологии получения биодизеля из масел: трансэстерификация масла добавлением спирта в присутствии катализатора (щелочь), прямая кислотная трансэстерификация из масла, преобразование масла в жирные кислоты, а затем в биодизель с использованием кислого катализатора.

За основу в производстве биодизеля взята реакция катализа с основным (щелочным) катализатором, потому что она самая экономичная по нескольким причинам:

- низкая температура реакции (65-80 °С) при давлении (1,4 бар);
- полнота реакции (до 98%) с минимальным временем реакции;
- прямое преобразование в биодизель без дополнительных стадий;
- использование специальных материалов в конструкции установки не обязательны.

Самой распространенной технологией получения биодизеля является основной катализ. Процесс обработки – это реакция преобразования триглицерида (жир/масло) со спиртом в присутствии щелочного катализатора в биодизель и глицерина. Спирт вступает в реакцию с жирными кислотами и преобразует их в указанные продукты.



Данная реакция является обратимой и поэтому необходимо наличие избытка спирта, чтобы увеличить выход биодизеля. В качестве спирта можно использовать метанол или этанол, в качестве основного катализатора используется гидроксид натрия или калия.

По указанной реакции на 100 кг растительного масла или жиров расходуется 10 кг спирта (метилового или этилового). В результате реакции получается 100 кг биодизеля и 10 кг глицерина.

Основные стадии процесса производства биодизеля: трансэстерификация с получением биодизеля и глицерина; разделение биодизеля и глицерина; очистка биодизеля.

Схема технологии производства биодизельного топлива показана на рис. 1.

При смешении спирта и катализатора катализатор (обычно гидроксид натрия) растворяется в спирте. Процесс выполняется вне

реакционной колонны или может быть осуществлен в основном реакционном резервуаре.

Трансэстерификация осуществляется следующим образом. Спирт и катализатор смешивают, затем заливают в закрытый рабочий резервуар и добавляют масло/жир. Система герметично закрыта, что предотвратить потерю спирта. Реакция смешения со спиртом осуществляется при температуре 70 °С для повышения скорости реакции. Время реакции варьируется от 1 до 8 часов, обычно – 4 часа.

После завершения реакции в качестве продуктов реакции выступают два основных вещества: биодизель и глицерин. Каждый продукт имеет существенное количество избытка метанола, используемого при реакции, а также катализатор, мыло, которое получается во время технологического процесса и небольшое количество воды. Глицерин гораздо плотнее биодизеля и под действием гравитационных сил осаждается внизу, а биодизель всплывает.

Для удаления спирта биодизель и глицерин помещают в две разные цистерны, в которых излишек спирта из обоих компонентов удаляется испарением.

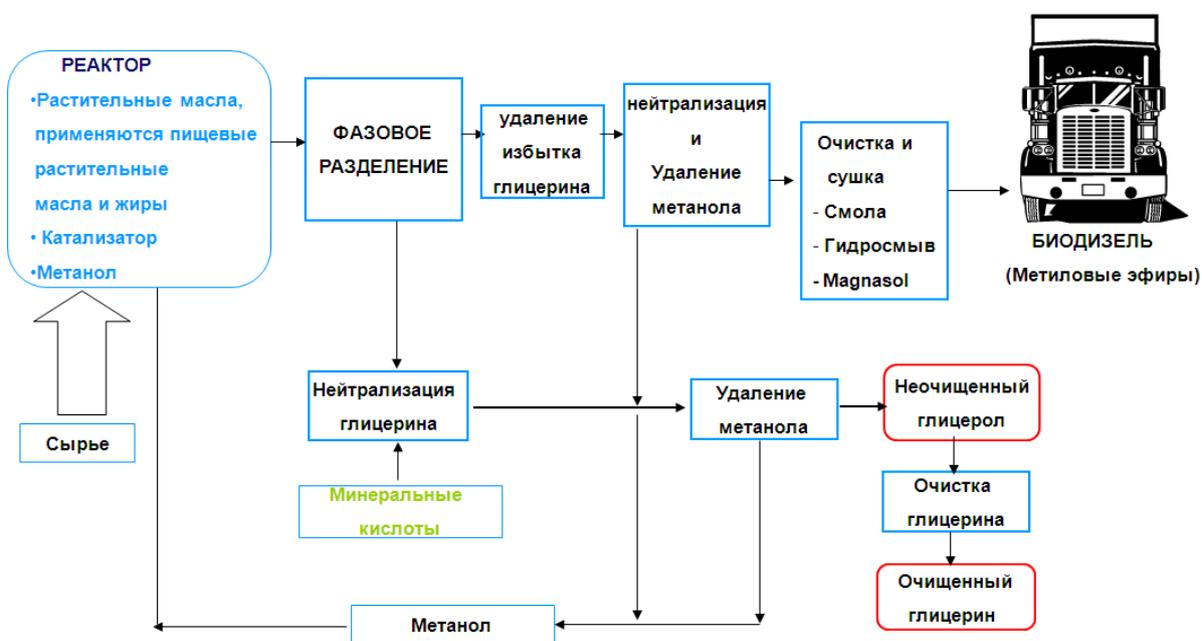


Рис. 1. Схема технологии производства биодизельного топлива.

Реакцию осуществляют с применением пропеллерной мешалки. В некоторых случаях реакцию трансэстерификации проводят в два этапа. На первой стадии примерно 80 % необходимого количества метанола и катализатора добавляются к растительному маслу или жиру и перемешиваются в течение 1 часа. При этом образуется глицерин, который удаляется декантацией. После этого к оставшемуся продукту добавляются остальные 20 % метанола и катализатора. Дополнительное перемешивание

компонентов осуществляется также в течение 1 часа. При этом образуется дополнительное количество глицерина, который также удаляется.

Применение ступенчатой обработки обеспечивает практически полное завершение реакции превращения масел в эфиры. После этого смесь продукта реакции и метанола перекачивается в систему рекуперации метанола. Для рекуперации смесь подогревается в рекуперативном теплообменнике до температуры 115 °С после чего поступает в испаритель, работающий в режиме мгновенного вскипания. Метанол испаряется и его пары направляются в конденсатор.

Учитывая то, что биодизель загрязнен остаточным катализатором, мылом, небольшим количеством воды, металла и глицерина, указанные загрязнители подлежат удалению.

Применяются три основные технологии очистки биодизеля.

Схема технологии очистки биодизельного топлива с использованием ионообменной смолы Purolite PD-206 показана на рис. 2.

При промывании водой, биодизель смешивают с водой в пропорции 1:5 вода/биодизель (200 мл воды на каждые 1000 мл биодизеля). Вода очищает биодизель, растворяя в себе загрязнители. Воду с примесями и биодизеля разделяют пофазно и каждый цикл водной отмывки делают через 45-75 минут. Если качество не будет достигнуто через 1 цикл очистки, водную отмывку повторяют несколько раз. Промывную воду придется нейтрализовать кислотой перед последующей утилизацией.

Отмывка водой осуществляется при температуре 30 °С.

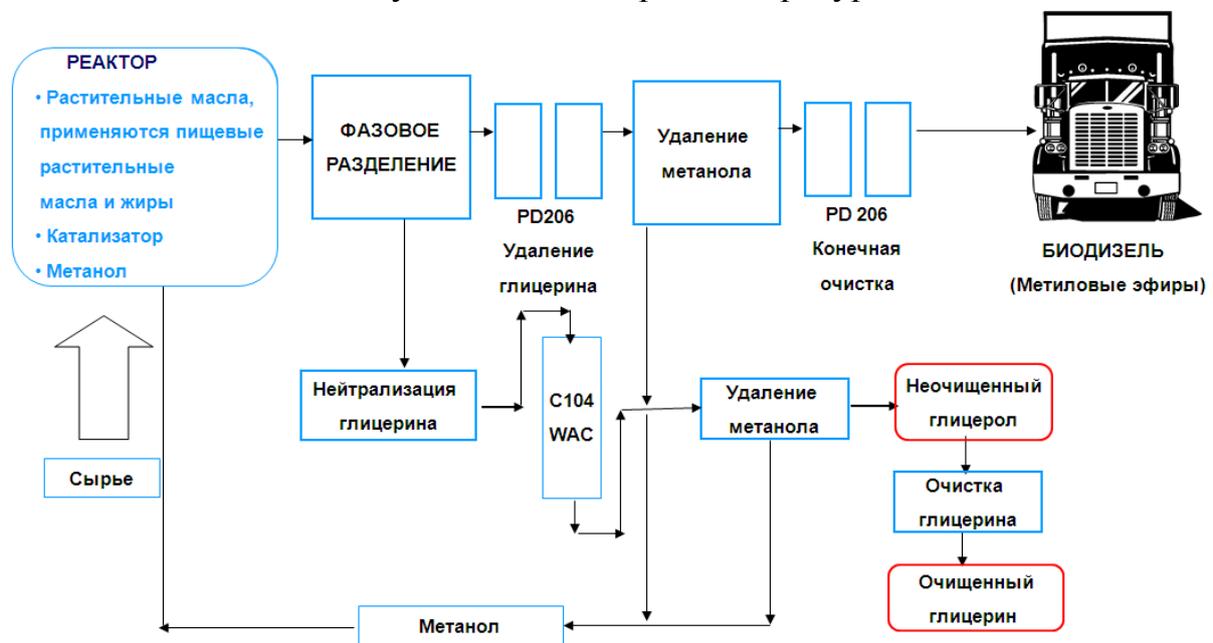


Рис. 2. Схема технологии очистки биодизельного топлива с использованием ионообменной смолы Purolite PD-206.

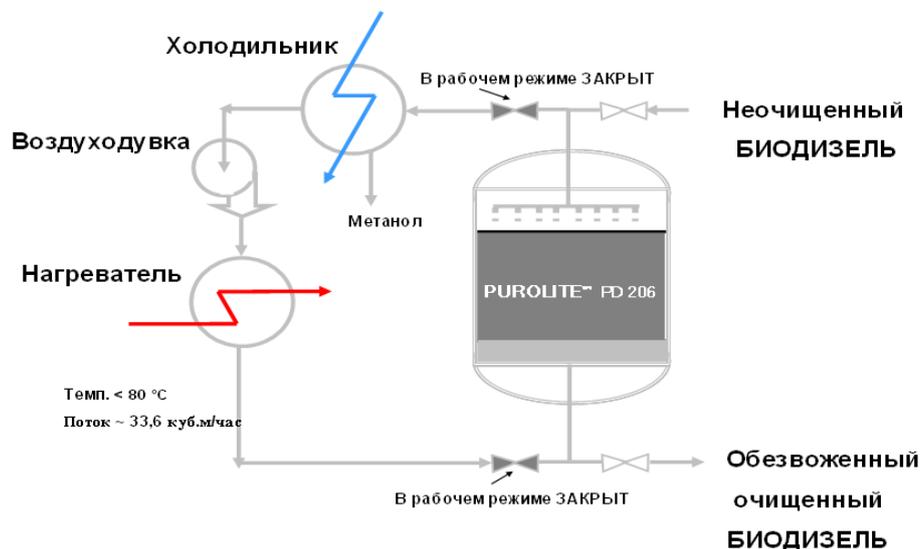
При обработке магниевым сорбентом биодизель фильтруется через магнасол (силикат магния –  $Mg_2SiO_4$ ), который адсорбирует все загрязнения, находящиеся в биодизеле. Используя данную технологию необходимо применять толстый слой сорбента. Недостатком этого является то, что он создает высокий перепад давления на фильтре. Существуют также проблемы с промывкой данного материала в резервуаре. Удаление сорбента из резервуара связано с некоторыми сложностями, так как этот процесс сложно механизировать.

В случае использования ионообменной смолы биодизель фильтруется через слой сухой смолы, на поверхности которой происходит удаление примесей из биодизеля. В зависимости от уровня загрязненности на очистку  $16 \text{ м}^3$  биодизеля может быть использовано 1 кг Purolite PD-206. В зависимости от количества используемой смолы и количества выработанного Биодизеля, срок службы смолы составляет 30-45 дней.

Во время работы смола будет разбухать и может увеличиваться в объеме на 200% от количества при засыпке. Для нормальной работы системы очистки необходимо обеспечить поток со скоростью течения жидкости 5-7 м/час.

Технико-экономические расчеты показывают, что для очистки биодизеля наиболее предпочтительно применение ионитного сорбента.

Стандартные схемы очистки биодизеля с использованием ионообменной смолы Purolite PD-206 приведены на рис. 3.



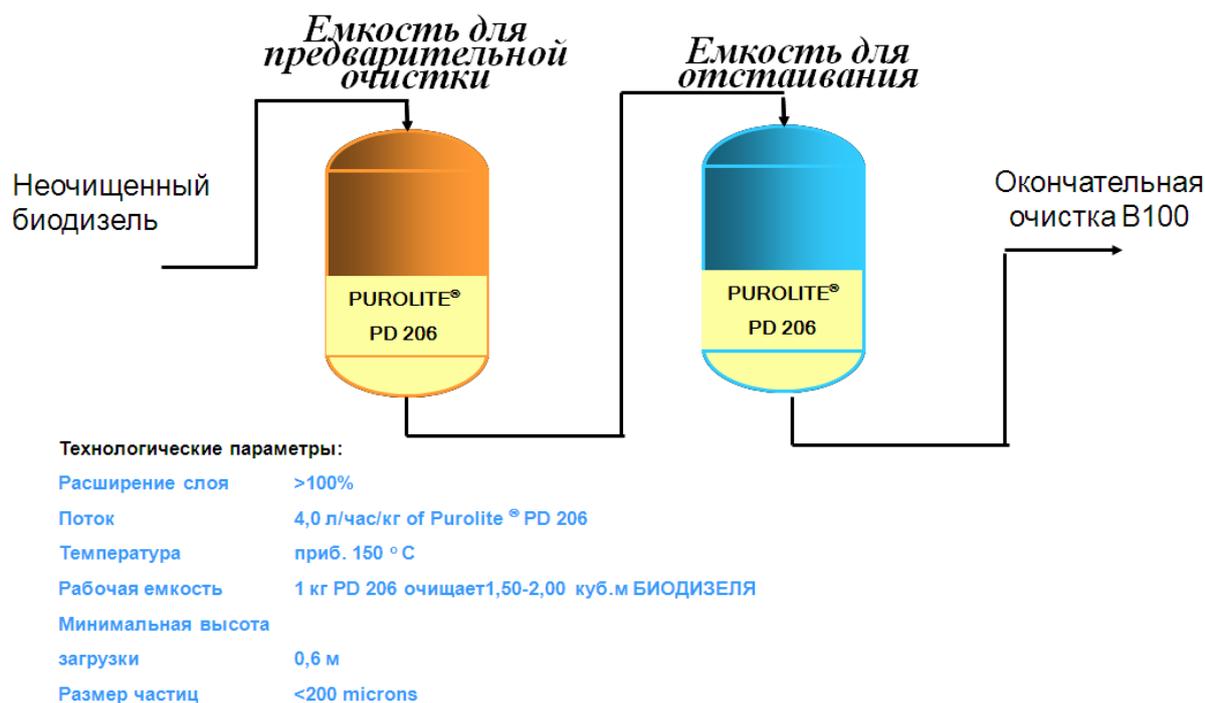


Рис. 3. Стандартные схемы очистки биодизеля с использованием ионообменной смолы Purolite PD-206.

Так, при использовании сорбента Purolite PD-206 он работает как адсорбент для удаления метанол, воды и глицерина, а также как ионообменная смола для удаления остатков катализатора и солей минеральных кислот.

Преимуществами использования Purolite PD-206 являются

- высокая емкость – 1 кг PD-206 очищает до 2500 л биодизеля;
- возможность увеличения производительности;
- низкое количество сточных вод;
- низкие энергетические затраты;
- не воздействует на окружающую среду;
- после Purolite PD-206 биодизель не требует дополнительной фильтрации.

#### Выводы.

Рассмотрены преимущества использования биодизельного топлива. В мировой практике применяются три технологии очистки биодизельного топлива: промывка водой, очистка с использованием магниевого сорбента и очистка на ионообменных смолах.

Наиболее перспективной технологией производства указанного топлива являются технологии с использованием ионообменных смол. Емкость поглощения загрязнителей составляет 16 м<sup>3</sup> на 1 кг смолы Purolite PD-206.