

ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ПЛАЗМЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ ЛУЗГИ ПШЕНИЦЫ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ

EFFECT OF THE PARAMETERS OF PLASMA TREATMENT ON
THE PROPERTIES OF PLANT WASTE SORPTION

УДК 628.543.5.665

С.М. ТРУШКОВ
С.В. СТЕПАНОВА

И.Г. ШАЙХИЕВ

И.Ш. АБДУЛЛИН

S.M. TRUSHKOV

S.V. STEPANOVA

I.G. SHAIKHIEV

I. S. ABDULLIN

аспирант кафедры инженерной экологии ФБГОУ ВПО «КНИТУ»;
к.т.н., доцент кафедры инженерной экологии ФБГОУ ВПО «Казанского
национального исследовательского технологического университета»
д.т.н., доцент, зав. кафедрой инженерной экологии
ФБГОУ ВПО «КНИТУ»

д.т.н., профессор, проректор ФБГОУ ВПО «КНИТУ»
по научной работе.

the post-graduate student of chair of engineering ecology
of Kazan National Research Technological University

Ph.D., lecturer of chair of engineering ecology
of Kazan National Research Technological University

Doctor of Technical Sciences, lecturer, the manager chair of engineering
ecology of Kazan National Research Technological University

Doctor of Technical Sciences, the professor, the pro-rector of Kazan
National Research Technological University on scientific work

Казань
ildars@inbox.ru

Kazan

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
KEYWORDS:

карбоновая нефть, сорбция, лузга пшеницы, плазма
carbon oil, sorption, husks of wheat, the plasma

Исследовано удаление нефти карбонового отложения с водной поверхности с использованием лузги пшеницы, обработанной высокочастотной плазмой пониженного давления. Найдены оптимальные параметры плазмообработки, приводящие к увеличению гидрофобности и олеофильности сорбционного материала.

Investigated the removal of carbon deposits of oil from the water surface with husk of wheat treated with high-frequency plasma of reduced pressure. Founding the optimal parameters of plasma processing, leading to an increase in hydrophobicity and oil receptivity of the sorption material.

В продолжение работ по исследованию отходов переработки сельскохозяйственных производств в качестве сорбционных материалов (СМ) для удаления нефти и продуктов ее переработки с водной поверхности [1-4] изучено влияние параметров высокочастотной (ВЧ) плазмы пониженного давления на сорбционные характеристики лузги пшеницы (ЛП).

Из литературных источников известен химический состав последней. Плодовые оболочки зерна имеют нескольких рядов клеток, масса их составляет 4-6% от массы зерна. Семенные оболочки тонки, хрупки, состоят из пигментного и гиалинового слоев,

их масса составляет 2-2,5% от массы плодового зерна. В состав оболочек входят пентозаны и гемицеллюлозы (43-45%), клетчатка (18-22%), азотистые вещества (4-5%), в небольшом количестве сахара, липиды [5].

Исходная ЛП имеет следующие физико-механические показатели: насыпная плотность – 0,097 г/см³; влажность – 4,73%; зольность – 0,48%; плавучесть – 59, 17%.

Для определения нефтеемкости исследуемых сорбционных материалов (СМ) при температуре 20°C использовалась карбоновая нефть (КН), добытая НГДУ «Елховнефть» ОАО «Татнефть» с показателями, приведенными в работе [1].

Для обработки исходного материала применялась ВЧ плазма пониженного давления. Режимы, при которых проводилась обработка ЛП плазмой, а так же природа плазмо-образующего газа-носителя приведены в работе [6, 7] и соответствуют таковым при обработке ЛП.

Полученные после плазменной обработки образцы ЛП использовались для определения нефтеемкости в статических и динамических условиях, а также для исследования сорбции КН с водной поверхности и водопоглощения.

У исходной и полученных после плазменной обработки образцов ЛП определялись значения нефтеемкости в статических и динамических условиях, приведенных в таблице 1.

Отмечено, что наибольшая нефтеемкость достигается при использовании образцов ЛП, обработанных ВЧ плазмой пониженного давления в режимах № 4 и № 10, т.е. в атмосфере плазмообразующих газов, состоящих из смеси аргона с пропаном и пропана с бутаном в соотношениях 70 : 30.

Следующий этап работы заключался в изучении эффективности удаления нефтяных пленок с водной поверхности. Для этого к 50 мл дистиллированной воды приливалось 3 мл КН и присыпался 1 г исследуемых СМ. Ход проведения эксперимента соответствовал описанному в работе [1]. Полученные при t = 15°C значения суммарного поглощения нефти и воды, нефте- и водопоглощения приведены в таблице 2.

По данным таблицы можно сделать вывод, что наибольшей степенью удаления КН и наименьшим водопоглощением

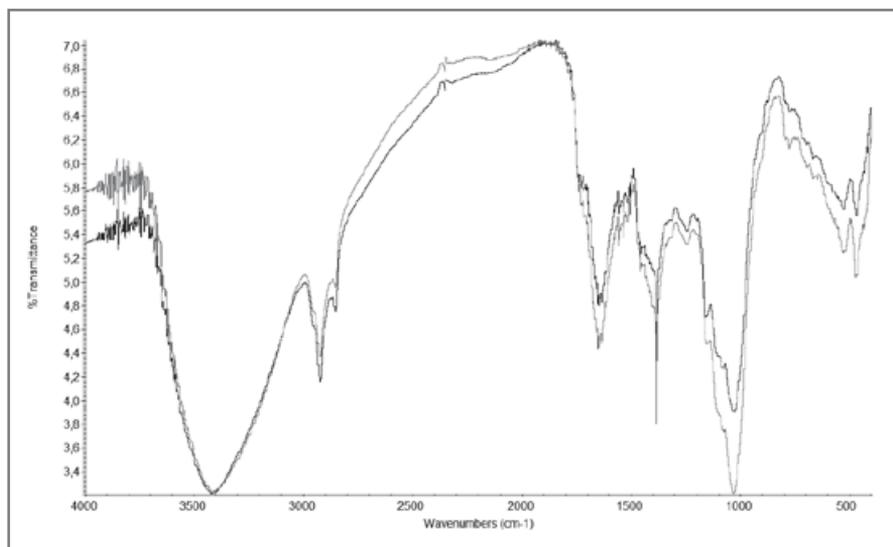


Рис. 1. ИК-спектры исходной ЛП и образца № 116

обладают образцы ЛП, обработанные ВЧ плазмой пониженного давления в атмосфере аргона с пропаном и пропана с бутаном (режимы 4, 5 и 10). Вышеназванные плазмообработанные образцы ЛП имеют также меньшие значения максимального водопоглощения (табл. 2).

Учитывая тот факт, что удалось добиться снижения водопоглощения, но названный параметр, тем не менее, имеет высокие показатели, в последующем, проводилась обработка плазмой еще 30 образцов ЛП в атмосфере, как пропана с бутаном, так и в смеси аргона с пропаном. Режимы проведения обработки идентичны приведенным в работе [3, 4]. Образцам ЛП, обработанным плазмой в атмосфере смеси аргона с пропаном, присвоены обозначение 11а-25а, в атмосфере смеси пропана с бутаном – 11б-25б соответственно.

У полученных образцов определялись сорбция КН с поверхности воды и водопоглощение. Методика проведения эксперимента соответствовала описанному ранее [3].

Полученные результаты приведены в таблице 3.

Исходя из данных, приведенных в таблице 3, очевидно, что наибольшей гидрофобностью обладают образцы № 11б, № 22б и № 23б. Данный факт подтверждается значениями максимального водопоглощения, полученными в экспериментах с дистиллированной водой и приведенными в таблице 5.

Ввиду того, что степень удаления КН исследуемыми реагентами, превышает 99%, объем нефти увеличили до 5 и 7 мл на 50 мл воды и исследовалось действие образцов ЛП, обработанных ВЧ плазмой пониженного давления в режимах, способствующих повышению олеофильности и снижению водопоглощения. Методика проведения эксперимента соответствовала описанному ранее [1]. Продолжительность проведения эксперимента составило 15 минут, так как по истечении данного промежутка времени изменений значений поглощенного сорбата не происходило. Полученные результаты представлены в таблице 6.

Данные, приведенные в таблице 6, показывают, что степень удаления КН при использовании обработанных ВЧ плазмой пониженного давления образцов ЛП составила более 99% с уменьшением значений водопоглощения по сравнению с исходной лузгой.

Как видно из приведенных таблиц, наибольшая степень очистки от КН и наименьшее водопоглощение наблюдается при использовании образца ЛП, обработанной плазмой в атмосфере пропана с бутаном, режим обработки аналогичный таковому при плазмообработке лузги овса (образец № 11б) [3].

Проведены ИК – спектрометрические исследования исходной ЛП (верхний спектр) и обработанного плазмой в режиме 11б (нижний спектр) в атмосфере пропана с бутаном (рис. 1).

Проанализировав спектральные картины, очевидно, что плазменная обработка в

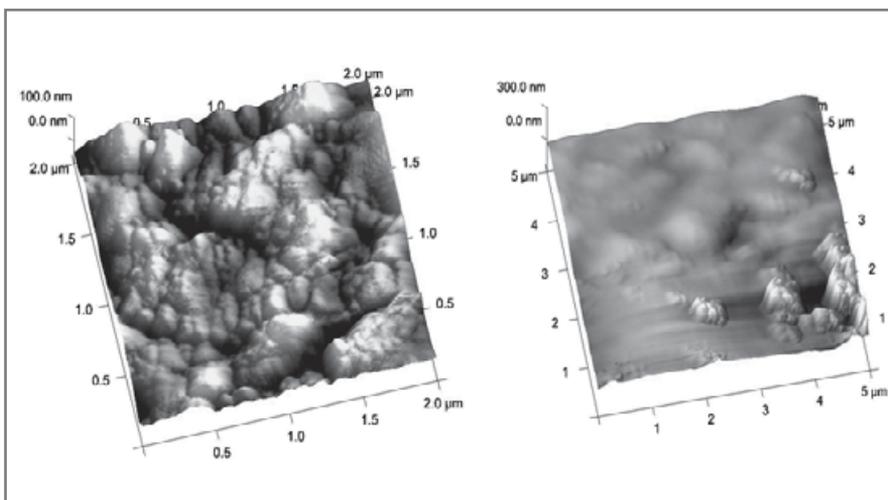


Рис. 2. Микрофотографии поверхности: а) исходная ЛП; б) образец 11б

| № образца | Значение нефтеемкости, г/г | | Максимальное водопоглощение, г/г |
|-------------|----------------------------|----------------------|----------------------------------|
| | статические условия | динамические условия | |
| Исходная ЛП | 5,33 | 3,12 | 2,89 |
| 1 | 5,53 | 3,39 | 1,74 |
| 2 | 4,94 | 3,40 | 2,62 |
| 3 | 5,45 | 3,69 | 2,18 |
| 4 | 6,15 | 3,92 | 2,68 |
| 5 | 5,80 | 3,11 | 1,98 |
| 6 | 4,60 | 3,06 | 3,02 |
| 7 | 4,83 | 3,35 | 2,41 |
| 8 | 5,73 | 3,76 | 2,79 |
| 9 | 5,11 | 3,45 | 2,98 |
| 10 | 5,96 | 3,86 | 1,78 |

Таб. 1. Значения максимальных нефтеемкости и водопоглощения плазмообработанных образцов лузги пшеницы в статических условиях

| № образца | Суммарное значение поглощенной воды и нефти, г | Масса нефти, г | Масса воды, г | Степень очистки, % | Изменение водопоглощения, % |
|-------------|--|----------------|---------------|--------------------|-----------------------------|
| Исходная ЛП | 3,507 | 2,66 | 0,847 | 99,62 | |
| 1 | 4,078 | 2,694 | 1,384 | 99,67 | -6,4 |
| 2 | 3,800 | 2,695 | 1,105 | 99,7 | -3,46 |
| 3 | 3,527 | 2,696 | 0,831 | 99,74 | -1,89 |
| 4 | 3,363 | 2,698 | 0,665 | 99,82 | -21,48 |
| 5 | 3,420 | 2,698 | 0,722 | 99,82 | -14,75 |
| 6 | 3,720 | 2,694 | 1,026 | 99,67 | 2,13 |
| 7 | 3,990 | 2,693 | 1,297 | 99,63 | 3,12 |
| 8 | 3,480 | 2,697 | 0,783 | 99,78 | -17,56 |
| 9 | 3,947 | 2,695 | 1,525 | 99,7 | -8,01 |
| 10 | 3,280 | 2,698 | 0,582 | 99,82 | -31,29 |

Таб. 2. Значения нефте- и водопоглощения для плазмообработанных образцов лузги пшеницы в эксперименте с карбоновой нефтью

| № образца | Суммарная значение поглощенной воды и нефти, г | Нефтепоглощение, г/г | Водопоглощение, г/г | Степень удаления нефти, % | Изменение водопоглощения, % |
|----------------|--|----------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Исходная ЛП | 3,54 | 2,693 | 0,847 | 99,63 | |
| 11а/11б | 3,200/2,833 | 2,699/2,665 | 0,501/0,168 | 99,78/99,88 | -40,85/-80,17 |
| 12а/12б | 3,184/2,913 | 2,697/2,663 | 0,487/0,255 | 99,78/99,78 | -42,50/-69,89 |
| 13а/13б | 3,207/2,935 | 2,694/2,662 | 0,513/0,273 | 99,67/99,74 | -39,43/-67,86 |
| 14а/14б | 3,295/3,005 | 2,695/2,664 | 0,601/0,341 | 99,70/99,67 | -29,04/-59,74 |
| 15а/15б | 3,190/2,962 | 2,693/2,664 | 0,497/0,298 | 99,63/99,70 | -41,32/-64,81 |
| 16а/16б | 3,169/2,926 | 2,696/2,663 | 0,473/0,263 | 99,74/99,78 | -44,16/-68,95 |
| 17а/17б | 3,103/2,978 | 2,694/2,661 | 0,409/0,317 | 99,67/99,67 | -51,71/-62,57 |
| 18а/18б | 3,194/3,021 | 2,693/2,663 | 0,501/0,358 | 99,63/99,63 | -40,85/-57,73 |
| 19а/19б | 3,094/2,869 | 2,695/2,662 | 0,399/0,207 | 99,70/99,74 | -52,89/-75,56 |
| 20а/20б | 3,182/2,969 | 2,694/2,661 | 0,488/0,308 | 99,67/99,67 | -42,38/-63,63 |
| 21а/21б | 3,195/2,973 | 2,693/2,661 | 0,502/0,312 | 99,63/99,67 | -40,73/-63,16 |
| 22а/22б | 3,069/2,839 | 2,696/2,667 | 0,373/0,172 | 99,74/99,82 | -55,60/-79,69 |
| 23а/23б | 3,184/2,826 | 2,695/2,662 | 0,489/0,164 | 99,70/99,82 | -42,27/-80,64 |
| 24а/24б | 3,193/2,935 | 2,697/2,663 | 0,496/0,272 | 99,78/99,63 | -41,44/-67,89 |
| 25а/25б | 3,180/2,949 | 2,693/2,662 | 0,487/0,287 | 99,63/99,70 | -42,50/-66,12 |

Таб. 3. Значения нефте- и водопоглощения для плазмообработанных образцов лузги пшеницы в эксперименте с карбоновой нефтью (а – плазмообразующий газ-аргон с пропаном, б – плазмообразующий газ-пропан с бутаном)

| № образца | Входные параметры модификации | | | | | | |
|-----------|-------------------------------|-------------|-------|-------|--------|--------|----------|
| | Газ-носитель | Соотношение | P, Па | Ia, А | Ua, кВ | t, мин | Q, г/сек |
| 11б | Пропан-бутан | 70:30 | 26,6 | 0,6 | 1,5 | 1 | 0,06 |
| 22б | Пропан-бутан | 70:30 | | 0,6 | 2,5 | 5 | |
| 23б | Пропан-бутан | 70:30 | | 0,6 | 2,5 | 10 | |

Таб. 4. Режимы проведения обработки для нефти карбонового отложения

| № образца | Водопоглощение, г/г | Изменение водопоглощения, % |
|-------------|---------------------|-----------------------------|
| 11а/11б | 2,22/1,91 | -19,57/-30,79 |
| 12а/12б | 2,15/2,05 | -22,10/-26,45 |
| 13а/13б | 2,25/2,52 | -18,48/-8,69 |
| 14а/14б | 2,14/2,11 | -22,46/-23,55 |
| 15а/15б | 2,62/1,96 | -5,07/-28,98 |
| 16а/16б | 2,15/2,15 | -22,10/-22,10 |
| 17а/17б | 2,34/2,01 | -15,22/-27,17 |
| 18а/18б | 1,99/2,15 | -27,89/-22,10 |
| 19а/19б | 2,17/2,37 | -21,38/-14,13 |
| 20а/20б | 2,26/2,31 | -18,12/-16,30 |
| 21а/21б | 2,18/2,64 | -21,01/-4,35 |
| 22а/22б | 2,29/1,98 | -17,03/-28,26 |
| 23а/23б | 2,52/1,95 | -8,69/-29,35 |
| 24а/24б | 2,37/2,24 | -14,13/-18,84 |
| 25а/25б | 2,33/2,08 | -15,58/-24,64 |
| Исходная ЛП | 2,76 | |

Таб. 5. Значения максимального водопоглощения для плазмообработанных образцов лузги пшеницы в эксперименте с дистиллированной водой (а – плазмообразующий газ – аргон с пропаном, б – плазмообразующий газ – пропан с бутаном)

гидрофобном режиме не отражается на химическом составе ЛП, что подтверждается идентичностью спектров исходного и модифицированного образцов лузги.

Обработка ЛП плазмой приводит к изменению структуры поверхности СМ. Как видно из рисунка 2, при воздействии на поверхность ЛП потока плазмы в гидрофобном режиме происходит сглаживание выступающих фрагментов поверхности за счет выжигания углеводородами, входящими в состав плазмообразующего газа.

Очевидно, что проведенная обработка шелухи ВЧ плазмой пониженного давления приводит к улучшению гидрофобных свойств СМ, объясняющееся образованием на поверхности СМ нанослоя углерода, в результате процесса карбонизации пропана и бутана, входящих в состав плазмообразующего газа.

Таким образом, по проделанной работе можно сделать следующие выводы:

- Исследована возможность использования ЛП в качестве СМ по отношению к нефтям карбонового происхождения. Определены значения по нефтеемкости в статических и динамических условиях.
- Проведена обработка ЛП ВЧ плазмой пониженного давления. Найдены оптимальные параметры обработки, приводящие к увеличению значения нефтепоглощения в экспериментах с нефтями карбонового отложения: плазмообразующий газ – пропан-бутан, давление в рабочей камере $P = 26,6$ Па, расход плазмообразующего газа $Q = 0,06$ г/с, напряжение на аноде $Ua = 1,5$ кВ, сила тока на аноде $Ia = 0,6$ А, время обработки $t = 1$ минута.
- Показано, что обработка образцов ЛП в атмосфере газа пропана с бутаном

| № образца | Суммарное значение поглощенной воды и нефти, г | Нефтепоглощение, г/г | Водопоглощение, г/г | Степень удаления нефти, % | Изменение водопоглощения, % |
|--|--|----------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Объем нефти – 5 мл на водной поверхности | | | | | |
| Исходная ЛП | 5,191 | 4,495 | 0,696 | 99,78 | |
| 116 | 4,755 | 4,498 | 0,257 | 99,84 | -63,07 |
| 226 | 4,76 | 4,497 | 0,263 | 99,82 | -62,21 |
| 236 | 4,796 | 4,495 | 0,301 | 99,78 | -56,75 |
| Объем нефти – 7 мл на водной поверхности | | | | | |
| Исходная ЛП | 7,693 | 6,298 | 1,395 | 99,86 | |
| 116 | 6,907 | 6,302 | 0,605 | 99,92 | -56,63 |
| 226 | 7,11 | 6,297 | 0,813 | 99,84 | -41,72 |
| 236 | 7,207 | 6,301 | 0,906 | 99,90 | -35,05 |

Табл. 6. Значения нефте- и водопоглощения для образцов лузги пшеницы

приводит к увеличению гидрофобных свойств сорбента на 44 %.

- Выявлено, что наибольшая степень очистки от нефти карбонового отложения наблюдается при использовании образца №116, ЛП обработанная смесью газа пропана с бутаном – 99,92 %.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ

ЛИТЕРАТУРА:

1. Собгайда Н.А. Использование отходов производства в качестве сорбентов нефтепродуктов / Н.А. Собгайда, Л.Н. Ольшанская, К.Н. Кутукова, Ю.А. Макарова // Экология и промышленность России .-2009 . – № январь. – С. 36-38.
2. Собгайда Н.А. Ресурсосберегающие технологии применения сорбентов для

очистки сточных вод от нефтепродуктов: монография / Н.А. Собгайда, Л.Н. Ольшанская – Саратов: Изд. центр «Наука», 2010 . – 148 с.

3. Шайхиев И.Г. Исследование удаления нефтяных пленок с водной поверхности плазмообработанными отходами злаковых культур. 1. Лузгой овса / И.Г. Шайхиев [и др.]. // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 12. – С. 110-117.
4. Шайхиев И. Г. Исследование удаления нефтяных пленок с водной поверхности плазмообработанными отходами злаковых культур. 2. Лузгой пшеницы / И. Г. Шайхиев [и др.]. // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 13. – С. 129 – 136.

5. Особенности химического состава зерна [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.comodity.ru/agricul-tural/59.shtml> свободный.

6. Абдуллин И. Ш. Получение сорбентов из отходов сельскохозяйственного производства с помощью плазмы ВЧ разрядов пониженного давления / И. Ш. Абдуллин [и др.] // Известия Академии промышленной экологии. – 2002. – № 2 . – С. 78-83.
7. Шайхиев И.Г. Влияние плазменной обработки льняной костры на удаление разливов девонской нефти с водной поверхности / И.Г. Шайхиев [и др.]. // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 8 . – С. 165-171.

22-25 МАЯ 2012
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

**IX МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ЭНЕРГЕТИКА И
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
ЛЕНЭКСПО ПАВИЛЬОНЫ 7, 8А**

организатор

генеральные
информационные
спонсорыинформационные
спонсорыгенеральные спонсоры
в сети ИнтернетИнтернет-
партнеры

+7 812 321 2630, 240 4040, доб. 154, S.Polyakova@expoforum.ru, www.energetika.lenexpo.ru