

Исследование процессов переработки плотного битумизированного нефтешлама с использованием СВЧ-энергии

Д.А. Веденькин, И.И. Фаизов

*Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева – КАИ*

Аннотация: В статье рассматривается актуальность переработки плотных битумизированных нефтешламов с использованием СВЧ - энергии, в том числе с применением растворителей. В начале статьи показан обзор традиционных методов переработки нефтешламов и преимущество переработки с использованием СВЧ-энергии. Далее обобщены принципы переработки плотного битумизированного нефтешлама с применением микроволновых технологий. Там же говорится о конструкции лабораторного комплекса для переработки плотного битумизированного нефтешлама, в которой проводились эксперименты по переработке. Раскрыты особенности применения растворителей при переработке плотных битумизированных нефтешламов с применением СВЧ энергии. В конце статьи приведен анализ полученных результатов переработки плотного битумизированного нефтешлама, сравнение с ранее полученными результатами.

Ключевые слова: СВЧ, плотные битумизированные нефтешламы, особенности переработки, конструкция лабораторного комплекса, растворители, методы переработки, анализ, сравнение результатов, экспериментальное исследование.

Для обработки различных отходов нефтяной промышленности значительный потенциал заложен в использовании электромагнитного излучения СВЧ-диапазона, которое позволяет применить технологические среды достаточной диэлектрической проницаемостью, как накопителя энергии СВЧ-поля для их саморазложения, катализа или передачи тепла [1 – 3].

Целью работы является: исследование процессов переработки плотного битумизированного нефтешлама с использованием СВЧ энергии.

Основная задача работы: экспериментальным путем получить метод с наилучшей переработкой плотных битумизированных нефтешламов с использованием СВЧ энергии, в том числе с применением растворителей.

В целом все методы переработки нефтешламов можно классифицировать по принципу, на котором основано разделение нефтешламов на составляющие компоненты:

- механические;
- физико-химические;

– термические;
– биохимические;
– комбинированные методы, основанные на сочетании вышеперечисленных методов [4, 5].

Метод *отстаивания* основан на разделении компонентов нефтешлама, происходящем из-за их различной плотности.

Для решения такой задачи перспективными являются комплексные методы переработки, т.к. ни один индивидуальный метод не позволяет решить такую задачу во всём объёме [1, 6 – 8].

Исследование сосредоточено на единственно приемлемом способе воздействия на столь сложную органико-неорганическую смесь – тепловом воздействии, поскольку извлечь органическую составляющую другими способами (экстракция, отстой и т.д.) очевидно невозможно [3, 9, 10].

На рис. 1 представлена схема лабораторной установки по переработке углеводородсодержащих отходов.

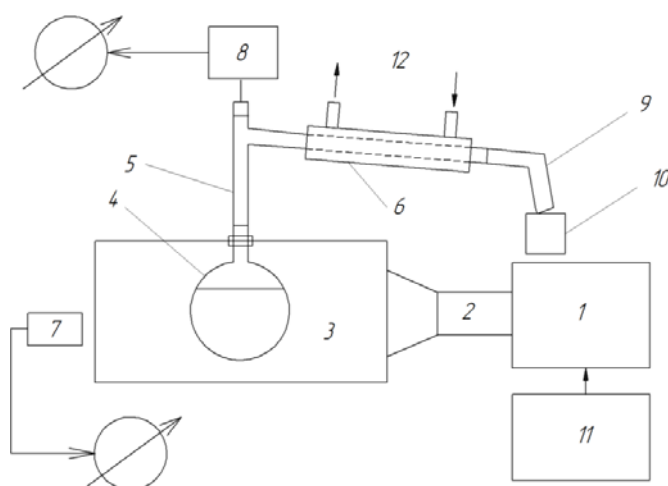


Рис.1. Принципиальная схема лабораторной установки: 1 – СВЧ генератор; 2 – соединительный волновод; 3 – СВЧ резонаторная камера; 4 – круглодонная колба; 5 – насадка Вюрца; 6 – обратный холодильник; 7 – датчик температуры на решетки Брэгга; 8 – контактный датчик температуры на решетке Брэгга; 9 – алонж; 10 – приемник; 11 – компьютер; 12 – охлаждающий поток воды

Одним из наиболее распространенных методов разделения однородных смесей, состоящих из двух или большего числа компонентов, является перегонка [4, 11 – 13].

Для проведения экспериментов был использован СВЧ-генератор, с рабочей частотой 2450 МГц и максимальной выходной мощностью 700Вт. Размеры рабочей камеры генератора: 220x250x400мм [2, 4, 13 – 15].

В силу токсичности летучих фракций эксперименты проводились в вытяжном шкафу [2, 4, 16, 17].

Использование СВЧ энергии для переработки нефтешламов показало слабый результат, так как в нашем исследовании, мы применяли плотные битумизированные нефтешламы рис.2. Для повышения эффективности переработки, было решено применить такие растворители как: *вода, керосин, дизельное топливо, бензин*.



Рис.2. Исходный нефтешлам использованный в экспериментах.

В ходе проведения экспериментов были выделены два метода с наилучшими показателями, это с добавлением *керосина* и *дизельного топлива*.

В первом методе, керосин перемешивали с нефтешламом до эксперимента, до получения однородной массы.

После проведения ряда опытов, было установлено, что для полного испарения керосина необходимо держать температуру в реакторе от 75-200°C.

Результаты 1-го метода представлены в таблице 1.

Таблица 1 Результаты экспериментов

№ эксперимента	Объем керосина, гр.	Масса отхода, гр.	Мах. Мощность, %	Время нагрева, мин	Масса конденсата, гр.	Масса остатка, гр.
1	28	200	80	165	102,4	73,7
2	28	200	70	165	110,3	65,4
3	28	200	75	165	106,4	69,5
4	28	200	60	165	96,2	88,7
5	28	200	90	165	107,8	75,2
6	28	200	45	165	87,2	90,3



Рис. 3. Конденсат, полученный после переработки

Из таблицы 1 видно, что при эксперименте № 2 было получено максимальное количество конденсата (рис.3).

Во втором методе в качестве растворителя было использовано дизельное топливо. Так же, как и в предыдущем эксперименте, дизельное топливо добавляли перед началом эксперимента, и перемешивали до получения однородной массы.



Рис.4. Процесс переработки нефтешлама с использованием дизельного топлива

Проведя опыты, было установлено, что для полного выпаривания дизельного топлива необходимо держать температуру в реакторе от 180-250°C. Для первого эксперимента было выбрано 170 г нефтешлама и 36 г дизельное топливо. Соотношение полученного и добавленного в итоге стало равным 1,6 раза ~ 2 раза, т.е. добавили 36 г дизельного топлива, получили на выходе 58,5 г конденсата. В ходе экспериментов было выявлено, что с добавлением в качестве растворителя дизельного топлива реакция проходит на много быстрее, при соотношении нефтешлама к растворителю в 4,7 раза.

В третьей части каждого эксперимента, нефтешлам быстро нагревался, и образовывалось большое количество испарившихся паров, которые в ходе эксперимента собирались на выходе (в приемнике). Таким образом, для переработки нефтешлама не приходилось долго нагревать и повторять процесс обработки СВЧ-излучением.

При добавлении керосина получили наилучшие результаты переработки, максимальное количество конденсата 110,3 г. Так же при добавлении дизельного топлива, реакция переработки проходит быстро, это связываем с быстрым испарением дизельного топлива.

Результаты 2-го метода представлены в таблице 2.

Таблица 2 Результаты экспериментов

№ Эксперимента	Объем дизельного топлива, гр.	Масса отхода, гр.	Мах. Мощность, %	Время нагрева, мин	Масса конденсата, гр.	Масса остатка, гр.
1	36	170	90	165	56,8	113,2
2	36	170	70	165	51,4	118,6
3	36	170	75	165	50,9	119,1
4	36	170	60	165	52,2	117,8
5	36	170	80	165	58,5	111,5
6	36	170	45	165	57,9	112,1

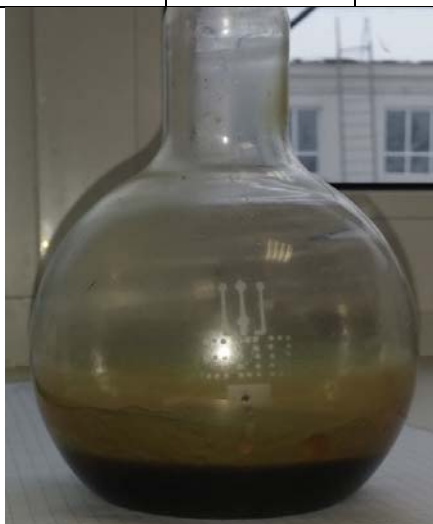


Рис. 5. Конденсат, полученный после переработки

Из таблицы 2 видно, что при эксперименте № 5 было получено максимальное количество конденсата (рис.5).

Обзор существующих методов обработки нефтешлам содержащих отходов показал, что СВЧ метод более адаптирован к любой структуре

отхода, ввиду простоты управления тепловым воздействием и отсутствием целого ряда ограничений, присущим другим методам.

Достоинства применения микроволновой установки, нагрева нефтешлама СВЧ энергией перед другими установками, способами, являются: бесконтактный подвод тепла, быстрый нагрев по всему объему, полная автоматизация процесса, отсутствие вторичных отходов, простота и надежность эксплуатации.

В ходе экспериментов были найдены оптимальные параметры для получения максимального количества продуктов переработки битумизированных нефтешламов. Следует отметить, что повысить эффективность переработки возможно с применением технологических комплексов нового типа, использующих принцип сфокусированной апертуры. Свойства, принципы организации сфокусированного электромагнитного излучения и достижимые характеристики рассмотрены в работах [18 – 23].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (Грант №15-19-10053).

Литература

1. Бахонина Е.И. Разработка адаптивной технологии переработки углеводородсодержащих отходов нефтехимии с использованием электромагнитного излучения СВЧ-диапазона. Диссертация на соиск. уч. степ канд. техн. наук – Уфа. 2008. - 115 с.

2. Веденькин Д.А., Морозов Г.А., Морозов О.Г. и др. Лабораторный комплекс по переработке нефтесодержащих отходов с применением СВЧ технологий. // Вопросы электротехнологий, 2014. -№ 3(4) -С. 5-13.

3. Самошин Р.Э., Туганов П.Ю. Исследование процесса разложения нефтешлама с использованием СВЧ энергии // В сборнике: Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТиТТ-2014; Оптические технологии в телекоммуникациях ОТТ-2014. Материалы Международных научно-технических конференций. -2014. -С. 29-31.

4. Самошин Р.Э., Веденькин Д.А. Лабораторный комплекс по переработке нефтешламов // В сборнике: Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности. Международная научно-практическая конференция. -2014. -С. 316-319.

5. Веденькин Д.А., Самошин Р.Э., Дорогов Д.Н. Особенности применения волоконно-оптических датчиков измерения температуры в процессе переработки нефтешламов // В сборнике: Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТиТТ-2014; Оптические технологии в телекоммуникациях ОТТ-2014. Материалы Международных научно-технических конференций. -2014. -С. 141-142.

6. Веденькин Д.А., Самошин Р.Э., Фаизов И.И. Исследование процессов переработки плотного битумизированного нефтешлама с использованием СВЧ энергии // В сборнике: Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы. Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. -2015. -С. 63-65.

7. Vedenkin D.A. Laboratory complex for processing of oily waste using microwave technology / D.A. Vedenkin, R.E. Samoshin, O.Y. Zuev // В сборнике: 2015 International Conference on Antenna Theory and Techniques: Dedicated to 95 Year Jubilee of Prof. Yakov S. Shifrin, ICATT 2015 – Proceedings. 10. -2015. -pp. 396-398.

8. Vedenkin D.A. Processing of oil sludge using microwave energy / D.A. Vedenkin, R.E. Samoshin, O.Y. Zuev // В сборнике: 2015 International

Conference on Antenna Theory and Techniques: Dedicated to 95 Year Jubilee of Prof. Yakov S. Shifrin, ICATT 2015 – Proceedings. 10. -2015. -pp. 399-401.

9. Веденькин Д.А., Самошин Р.Э., Фаизов И.И. Методы обработки нефтесодержащих отходов с применением микроволновых технологий // В сборнике: Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы. Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. -2015. -С. 74-75.

10. Веденькин Д.А., Зуев О.Ю., Фаизов И.И. Волоконно-оптический датчик температуры, как элемент адаптивного управления процессом переработки нефтешламов // В сборнике XIII Международной научно-технической конференции «Физика и технические приложения волновых процессов» Казань, 21-25 сентября 2015 г., - С.329-331.

11. Веденькин Д.А., Зуев О.Ю., Фаизов И.И. Некоторые результаты переработки нефтешламов с применением СВЧ энергии // В сборнике XIII Международной научно-технической конференции «Физика и технические приложения волновых процессов» Казань, 21-25 сентября 2015 г., - С.332-334.

12. Веденькин Д.А., Фаизов И.И., Зайнутдинов Н.М. Переработка плотного битумизированного нефтешлама с использованием СВЧ энергии // Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы. Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов (г. Казань, 7-8 апреля 2016 г.). – Казань: ООО «16ПРИНТ», -2016. – 384 с.

13. Dreyfuss M. S., Chipley J. R. 1980. Comparison of effects of sublethal microwave radiation and conventional heating on the metabolic activity of *Staphylococcus aureus*. Appl. Environ. Biol. - pp. 13-16.,

14. Weaver J. C. 2003. Electroporation of biological membranes from multicellular to nano scales. IEEE Trans. Dielectrics Electrical Insulation -pp. 754-768.

15. Kim S. Y., Jo E. K., Kim H. J., Bai K., Park J. K. 2008. The effects of high-power microwaves on the ultrastructure of *Bacillus subtilis*. Lett. Appl. Microbiol. -pp. 35-40.

16. Дубинецкий В.В. Буровой шлам как источник сырья для производства строительной керамики пластического формования // Инженерный вестник Дона, 2015, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3457.

17. Маколова Л.В. Проблема снижения негативного воздействия транспортной сферы на окружающую среду на основе функционирования механизма избавления от отработанных масел // Инженерный вестник Дона, 2015, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1763.

18. Веденькин Д.А., Седельников Ю.Е. Активные сфокусированные антенные решетки для радиотехнических средств малоразмерных летательных аппаратов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. -2008. -Т.11. -№4. -С.40-46.

19. Веденькин Д.А., Седельников Ю.Е. Параметры разреженных сфокусированных антенных решеток // Наука и бизнес: пути развития. -2013. -№ 10 (28). -С. 56-59.

20. Веденькин Д.А., Седельников Ю.Е. Сфокусированные антенные решетки на базе беспилотных летательных аппаратов // Глобальный научный потенциал. -2013. -№10 (31). -С.86-88.

21. Веденькин Д.А. Сфокусированные антенны для систем радиосвязи с группой малоразмерных летательных аппаратов. Физика волновых процессов и радиотехнические системы. -2007. -Т.10. -№5. -С.36-38.

22. Vedenkin D.A. Antennas, focused in the near radiated field zone. Features and technical application /D.A. Vedenkin, O.V. Potapova, Y.E. Sedelnikov // В

сборнике 2013 9th International Conference on Antenna Theory and Techniques, ICATT 2013. -2013. -pp. 560-565.

23. Веденькин Д.А., Седельников Ю.Е. Свойства сфокусированных волновых полей в промежуточной зоне излучения. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. -2016. -№1(29). -С.18-31.

References

1. Bahonina E.I. Razrabotka adaptivnoj tehnologii pererabotki uglevodorodsoderzhashhih othodov neftehimii s ispol'zovaniem jelektromagnitnogo izlucheniya SVCh-diapazona. [Development of adaptive technology of processing the hydrocarbon of waste of petrochemistry with use of electromagnetic radiation of microwave range.]. Dissertacija na soisk. uch. step kand. tehn. nauk. Ufa. 2008. 115 p.
2. Veden'kin D.A., Morozov G.A., Morozov O.G. Voprosy jelektrotehnologij. 2014. № 3(4). pp. 5-13.
3. Veden'kin D.A., Samoshin R.Je., Tuganov P.Ju. V sbornike: Problemy tehniki i tehnologij telekommunikacij PTiTT. 2014; Opticheskie tehnologii v telekommunikacijah OTT. 2014. Materialy Mezhdunarodnyh nauchno-tehnicheskikh konferencij. 2014, pp. 29-31.
4. Samoshin R.Je., Veden'kin D.A. V sbornike: Poisk jeffektivnyh reshenij v processe sozdaniya i realizacii nauchnyh razrabotok v rossijskoj aviacionnoj i raketno-kosmicheskoy promyshlennosti. Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija, 2014, pp. 316-319.
5. Veden'kin D.A., Samoshin R.Je., Dorogov D.N. V sbornike: Problemy tehniki i tehnologij telekommunikacij PTiTT. 2014; Opticheskie tehnologii v telekommunikacijah OTT. 2014. Materialy Mezhdunarodnyh nauchno-tehnicheskikh konferencij, 2014, pp. 141-142.

6. Veden'kin D.A., Faizov I.I., Samoshin R.Je. V sbornike: Prikladnaja jelektrodinamika, fotonika i zhivye sistemy. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov. 2015, pp. 63-65.
 7. Vedenkin D.A., Samoshin R.E., Zuev O.Y. V sbornike: 2015 International Conference on Antenna Theory and Techniques: Dedicated to 95 Year Jubilee of Prof. Yakov S. Shifrin, ICATT 2015. Proceedings. 2015, pp. 396-398.
 8. Vedenkin D.A., Samoshin R.E., Zuev O.Y. V sbornike: 2015 International Conference on Antenna Theory and Techniques: Dedicated to 95 Year Jubilee of Prof. Yakov S. Shifrin, ICATT 2015. Proceedings. 2015, pp. 399-401.
 9. Veden'kin D.A., Samoshin R.Je., Faizov I.I. V sbornike: Prikladnaja jelektrodinamika, fotonika i zhivye sistemy. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov. 2015, pp. 74-75.
 10. Veden'kin D.A., Zuev O.Ju., Faizov I.I. V sbornike XIII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Fizika i tehicheskie prilozhenija volnovyh processov» Kazan', 21-25 sentjabrja, 2015, pp. 329-331.
 11. Veden'kin D.A., Zuev O.Ju., Faizov I.I. V sbornike XIII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Fizika i tehicheskie prilozhenija volnovyh processov» Kazan', 21-25 sentjabrja 2015, p.332-334.
 12. Veden'kin D.A., Faizov I.I., Zajnutdinov N.M. Prikladnaja jelektrodinamika, fotonika i zhivye sistemy. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov, Kazan', 7-8 aprelja 2016. Kazan': OOO «16PRINT», 2016. 384 p.
 13. Dreyfuss M. S., Chipley J. R. 1980. Comparison of effects of sublethal microwave radiation and conventional heating on the metabolic activity of *Staphylococcus aureus*. Appl. Environ. Biol. pp. 13-16.
-

14. Weaver J. C. 2003. Electroporation of biological membranes from multicellular to nano scales. IEEE Trans. Dielectrics Electrical Insulation. pp. 754-768.
15. Kim S. Y., Jo E. K., Kim H. J., Bai K., Park J. K. 2008. The effects of high-power microwaves on the ultrastructure of *Bacillus subtilis*. Lett. Appl. Microbiol. pp. 35-40.
16. Dubineckij V.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3457.
17. Makolova L.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1763.
18. Veden'kin D.A., Sedel'nikov Ju.E. Fizika volnovyh processov i radiotekhnicheskie sistemy. 2008. T.11. №4. pp. 40-46.
19. Veden'kin D.A., Sedel'nikov Ju.E. Nauka i biznes: puti razvitija. 2013. № 10 (28). pp. 56-59.
20. Veden'kin D.A., Sedel'nikov Ju.E. Global'nyj nauchnyj potencial. 2013. №10 (31). pp. 86-88.
21. Veden'kin D.A. Fizika volnovyh processov i radiotekhnicheskie sistemy. 2007. T.10. №5. pp. 36-38.
22. Vedenkin D.A., Potapova O.V., Sedelnikov Y.E. V sbornike 2013 9th International Conference on Antenna Theory and Techniques, ICATT 2013., pp. 560-565.
23. Veden'kin D.A., Sedel'nikov Ju.E. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Serija: Radiotekhnicheskie i infokommunikacionnye sistemy. 2016. №1 (29). pp. 18-31.