

## Перспективы извлечения битумов из отходов гидроизоляционных материалов

*Н.В. Хохлова<sup>1</sup>, Н.И. Шестаков<sup>1</sup>*

*В.Е. Розина<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

<sup>2</sup> *Иркутский национальный исследовательский технический университет*

**Аннотация:** В статье рассматриваются возможности извлечения битума из отходов кровельных и гидроизоляционных материалов. В качестве основных растворителей выступают керосин, тетрахлорметан и хлороформ. После растворения материалов в органических средах установлены линейные зависимости количества извлеченного битума от повышения температуры. Полученные результаты отражают эффективность применения всех рассматриваемых органических растворителей, наиболее активным среди которых является тетрахлорметан.

**Ключевые слова:** битум, извлечение, кровельные и гидроизоляционные материалы, растворители, рекуперация, экстракция, керосин, тетрахлорметан, хлороформ.

При следовании концепции устойчивого развития современная строительная отрасль постепенно расширяет возможности и способы вторичной переработки отходов строительных материалов, утративших свои эксплуатационные свойства. Строительные конструкции и здания после демонтажа образуют целый ряд отходов, различных по своему химическому составу, агрегатному состоянию, форме и размеру [1-3]. Следовательно, способы переработки таких отходов будут значительно отличаться. К группе наиболее распространенных, к вторичному использованию относятся минеральные материалы, полученные в результате измельчения, дробления и сепарации бетонных конструкций и керамической кладки. Такие материалы находят свое применение в качестве вторичного щебня низкого класса качества. По - иному обстоят дела с органическими материалами на основе битумов и полимеров. К группе таких материалов относятся кровельные и гидроизоляционные. Срок эксплуатации таких материалов во многом зависит от материала основы и ограничивается возрастом не более 20 лет [4,5].

Активные процессы реновации на территории города Москвы делают вопросы по разработке способов утилизации или переработки кровельных и гидроизоляционных материалов особенно актуальными. По известным данным, только в Москве за 2019-2020 гг. принято к утилизации свыше 240 тыс. тонн. [6]. Особенности составов этих материалов формируют определенные сложности в процессе их утилизации, что связано с их длительным разложением в природной среде. В свою очередь, такие материалы формируют обширную сырьевую базу для дальнейшего их использования в строительстве. На рисунке 1 представлены фотографии образцов кровельных материалов, которые эксплуатировались в течении 15 лет в условиях Московского климата.



Рис. 1 – Исследуемый кровельный материал после 15 лет эксплуатации

Рекуперация (извлечение) — возвращение части материалов для повторного использования в том же или подобном технологическом процессе. Битумные вяжущие вещества, находящиеся в кровельных материалах, постоянно подвержены воздействию УФ-излучения и многократным температурным перепадам, что, в свою очередь, активно стимулирует процессы старения [7]. В результате этого, происходит перераспределение групповых структур битума, сопровождающееся потерей низкомолекулярной фракции, поэтому битумные вяжущие теряют свою

---

эластичность и приобретают хрупкость. Тем не менее, их остаточные свойства, такие, как гидрофобность и адгезия, позволяют рассматривать их как вяжущее для получения композитов.

Известны способы извлечения битумов из кровельных и гидроизоляционных материалов с различными параметрами температурного воздействия и среды растворителя. Основная проблема в извлечении битумов заключается в высокой степени адгезии битумов к материалам основы.

Количество и состав битумов зависят от способа проведения экстракции, а также от химической природы используемых растворителей. Экстракция - способ извлечения вещества из раствора или сухой смеси с помощью подходящего растворителя (экстрагента). В качестве растворителя различными исследователями предложен целый ряд вариантов: вода, бензол, гексан, этилацетат, этоксиэтан и др.

Известны способы [8] извлечения битума из видов верхового торфа в условиях не выше температуры термического разложения органического вещества без изменения их состава и твердых остатков с помощью гексан-хлороформа, гексана, этилацетана, этоксиэтана, этанола или трихлорметана методом настаивания и дефлегмации в аппарате Сокслета. Содержание битумов после экстракции составляет от 5-28%.

Авторы [9] предлагают способ извлечения битума из битуминозных песков при температуре 35-75°C. Такой способ включает стадию обработки битуминозных песков с помощью простого эфирамина гликоля, где обработка предназначена для битуминозных песков, извлеченных с помощью добычи на поверхности или добычи, включающую стадии:

1) обработки подземного резервуара битуминозных песков посредством нагнетания водяного пара, содержащего простой эфирамин гликоля, в скважину;

2) извлечения битума из скважины.

---

Типичное извлечение доступной нефти составляет 40-60%.

В изобретении [10] предложен способ извлечения углеводородов и углеродсодержащего сырья диоксидом углерода. Для этого используют хлороформ или спирто-бензольные смеси, которые приводят к достаточно полному извлечению углеводородов. Процесс экстракции ведут, периодически меняя режимы сверхкритического и предкритического состояний  $\text{CO}_2$ , периодически увеличивая и уменьшая температуру термостата. В результате процесс экстракции осуществляется в диапазоне температур от 20 до 40°C и давлений от 55 до 90 атм. Извлечение битума составляет до 40%.

Согласно анализу литературных данных по способам извлечения битума из битумосодержащих материалов, в данной работе рассматриваются наиболее распространенные растворители в диапазоне температур от 20-50°C. Термостатирование проводили в течении 60 мин без механического воздействия на растворяемые образцы. После термостатирования раствор распределяли тонким слоем на стеклянную подложку и фиксировали массу образца. Итоговое взвешивание проводилось при приобретении образцом постоянной массы, после потери растворителя. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика технологии извлечения битума

| № образца | Применяемый растворитель          | Температура, °С | Количество битума из раствора, % |
|-----------|-----------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| 1         | Керосин                           | 20              | 6,44                             |
| 2         |                                   | 35              | 7,34                             |
| 3         |                                   | 50              | 8,46                             |
| 4         | Тетрахлорметан ( $\text{CCl}_4$ ) | 20              | 4,39                             |
| 5         |                                   | 35              | 5,00                             |
| 6         |                                   | 50              | 5,09                             |
| 7         | Хлороформ ( $\text{CHCl}_3$ )     | 20              | 6,26                             |
| 8         |                                   | 35              | 6,86                             |
| 9         |                                   | 50              | 5,48                             |

По результатам проведенных экспериментов установлено, что наибольшей степенью растворения для битумосодержащих материалов обладает керосин. Линейное повышение процента растворения при увеличении температуры объясняется активацией процесса окисления за счет увеличения интенсивности диффузионного движения в битуме.

В данном случае, растворенный битум является остатком, который образуется на подложках после испарения растворителя. После проведения перерасчета общего количества растворенного битума, от массы исходного материала получены графические зависимости, представленные на рисунке 2.

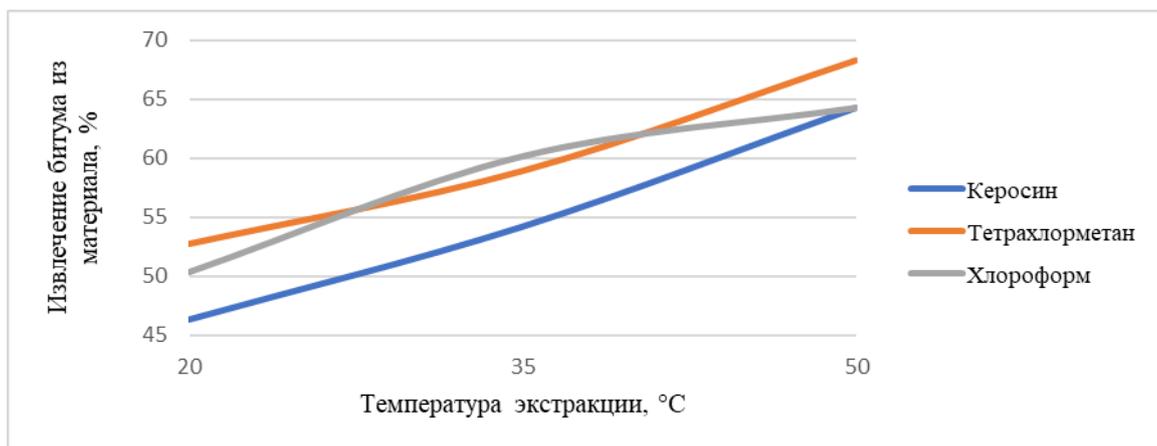


Рис. 2. – График зависимости количество извлечения битума от температуры

Битум кровельных материалов, под воздействием различных факторов эксплуатации значительно изменяет свою структуру, из-за чего дальнейшее его использование без специальной обработки практически невозможно. Обработка подразумевает введение пластифицирующих и регенерирующих добавок органической структуры, которые восстанавливают эксплуатационные свойства битумов.

В конечном итоге, предложенная технология позволяет извлекать из отходов строительных кровельных материалов до 70% вторичного битума.

Полученный битум можно рекомендовать для использования при строительстве и ремонте дорожных покрытий.

### Литература

1. Fisher J.A., Scarlett M.J., Stott A.D. Accelerated solvent extraction: an evaluation for screening of soils for selected U.S. EPA semivolatile organic priority pollutants // *Environmental Science and Technology*. – 1997. – Vol. 31. – pp. 1120–1127.

2. Воробьева С.Ю., Шпинькова М.С., Мерициди И.А. Переработка нефтешламов, буровых шламов, нефтезагрязненных грунтов методом реагентного капсулирования // *Копейск. Территория Нефтегаз*. – 2011. – № 2. – С. 68–71.

3. Бахонина Е.И. Современные технологии переработки и утилизации углеводородсодержащих отходов. Сообщение 1. Термические методы утилизации и обезвреживания углеводородсодержащих отходов // *Башкирский химический журнал*. – 2015. – Т. 22, № 1. – С. 20–29.

4. Cui B., Cui F., Jing G., Xu S., Huo W., Liu S. Oxidation of oily sludge in supercritical water // *Journal of Hazardous Materials*. – 2009. – Vol. 165. – pp. 511–517.

5. Кузьмина Р.И., Широков И.П. Влияние нефтешламового наполнителя на физикохимические свойства битумных композиционных материалов // *Саратов. Известия Саратовского университета. Сер. Химия. Биология. Экология*. – 2013. – Т. 13, № 1. – С. 32–36.

6. Чертес К. Л., Шестаков Н.И. Современные биопозитивные технологии переработки отходов коммунально-строительного сектора // *Москва. Вестник МГСУ*. 2020. №8. - С. 1135-1146.

7. Гатауллин Р.Н. Особенности применения тепловых методов при разработке месторождений высоковязких нефтей и природных битумов // Казань. МНИЖ. 2018. №10-1 (76). С. 26-29.

8. Шпакодраев К.М., Жеребцов С.И., Исмагилов З.Р. Экстракция и компонентный состав битумоидов твердых горючих ископаемых// Кузбас. Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. №1, с.169-179. DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-169-179

9. Акия Н., Донат Ф.А. Улучшенный способ извлечения битума из битуминозных песков: пат. 2015 129 036 А Рос. Федерация: МПК C10G 1/04

10. Лифшиц С.Х., Чалая О.Н. Способ извлечения углеводородов и углеродсодержащего сырья диоксидом углерода: пат. 2 495 080 С1 Рос. Федерация: МПК C01B 13/02

### References

1. Fisher J.A., Scarlett M.J., Stott A.D. Environmental Science and Technology. 1997. Vol. 31. pp. 1120–1127.

2. Vorobeva S.Yu., Shpinkova M.S., Mericidi I.A. Kopeisk. Territoriya Neftegaz. 2011. № 2. pp. 68–71.

3. Bahonina E.I. Bashkirskii himicheskii jurnal. 2015. T. 22, № 1. pp. 20–29.

4. Cui B., Cui F., Jing G., Xu S., Huo W., Liu S. Journal of Hazardous Materials. 2009. Vol. 165. pp. 511–517.

5. Kuzmina R.I. Shirokov I.P. Saratov. Izvestiya Saratovskogo universiteta. Ser. Himiya. Biologiya. Ekologiya. 2013. T. 13, № 1. pp. 32–36.

6. Chertes K.L. Shestakov N.I. Moskva. Vestnik MGSU. 2020. №8. Pp. 1135-1146.

7. Gataullin R.N. Kazan. MNIJ. 2018. №10-1 (76). pp. 26-29.

---



8. Shpakodraev K.M., Jerebcov S.I., Ismagilov Z.R. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2018. №1, pp.169-179. DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-169-179

9. Akiya N., Donat F.A. Uluchshennyj sposob izvlecheniya bituma iz bituminoznyh peskov [An improved method for extracting bitumen from bituminous sands]: pat. 2015 129 036 A Ros. Federaciya MPK C10G 1/04

10. Lifshic S.H., Chalaya O.N. Sposob izvlecheniya uglevodorodov i uglerodsoderzhashchego syr'ya dioksidom ugleroda [Method of extraction of hydrocarbons and carbon-containing raw materials with carbon dioxide]: pat. 2 495 080 S1 Ros. Federaciya MPK C01B 13/02