

## РАЗДЕЛ 2. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Научная статья  
05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)  
УДК 661.741.141  
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.016

### ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАСТВОРИТЕЛЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АСБЕСТОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА

Ольга Михайловна Горелова<sup>1</sup>, Владимир Александрович Сомин<sup>2</sup>,  
Лариса Федоровна Комарова<sup>3</sup>, Михаил Сергеевич Некрасов<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

<sup>1</sup> osgor777@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7397-7803>

<sup>2</sup> vladimir\_somin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3276-5174>

<sup>3</sup> htie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9321-5729>

<sup>4</sup> Барнаулский завод автоформованных термостойких изделий, Барнаул, Россия,  
ati.nekrasov@gmail.com

**Аннотация.** В работе рассмотрены технические и технологические аспекты выбора растворителя, используемого для производства асбестотехнических изделий. Среди факторов, ограничивающих выбор растворителей, необходимо отметить растворяющую способность, температуру кипения, растворимость в воде, химическую стойкость, а также стоимость. Изучены свойства органических растворителей и веществ, входящих в их состав. Для изучения возможности использования растворителя в производстве изделий на основе бутадиен-нитрильного каучука были проведены натурные испытания по его растворению в различных растворителях. Результаты экспериментальных исследований показали, что лучшими растворителями представленного образца каучука являются ароматические углеводороды: бензол, толуол, этилбензол, п-ксилол, изопропилбензол. При этом всем предъявляемым к растворителям требованиям в полной мере соответствует только бензол, в котором растворение происходит быстрее, чем в эталонном растворителе, в качестве которого был принят этилацетат.

**Ключевые слова:** растворитель, асбестотехнические изделия, этилацетат, бензол, толуол, бутадиен-нитрильный каучук.

---

**Для цитирования:** Обоснование выбора растворителя для производства асбестотехнических изделий на основе бутадиен-нитрильного каучука / О.М. Горелова, В.А. Сомин, Л.Ф. Комарова и др. // Ползуновский вестник. 2021. № 1. С. 121–124. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.016.

---

Original article

## RATIONALE FOR CHOOSING A SOLVENT FOR THE PRODUCTION OF ASBESTOS-CONTAINING PRODUCTS BASED ON BUTADIENE-NITRILE RUBBER

Olga M. Gorelova<sup>1</sup>, Vladimir A. Somin<sup>2</sup>, Larisa F. Komarova<sup>3</sup>, Mikhail S. Nekrasov<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

<sup>1</sup> osgor777@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7397-7803>

<sup>2</sup> vladimir\_somin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3276-5174>

<sup>3</sup> htie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9321-5729>

<sup>4</sup> Barnaul plant of auto-molded heat-resistant products, Barnaul, Russia, [ati.nekrasov@gmail.com](mailto:ati.nekrasov@gmail.com)

**Abstract.** *The paper considers the technical and technological aspects of the choice of the solvent used for the production of asbestos-containing products. Among the factors, limiting the choice of solvents, it is necessary to note the dissolving capacity, boiling point, solubility in water, chemical resistance, as well as cost. The properties of organic solvents and substances included in their composition have been studied. To study the possibility of using a solvent in the manufacture of products based on nitrile butadiene rubber, full-scale tests were carried out on its dissolution in various solvents. The results of experimental studies showed that the best solvents of the presented rubber sample are aromatic hydrocarbons – benzene, toluene, ethylbenzene, p-xylene, isopropyl benzene. At the same time, only benzene fully meets all the requirements for solvents, in which dissolution occurs faster than in the reference solvent, which was taken as ethyl acetate.*

**Keywords:** *solvent, asbestos products, ethyl acetate, benzene, toluene, nitrile butadiene rubber.*

**For citation:** Gorelova, O.M., Somin, V.A., Komarova, L.F. & Nekrasov, M.S. (2021). Justification of solvent choice for the production of asbestos products based on butadiene-nitrile rubber. *Polzunovskiy vestnik*, 1, 121-124. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.016.

### Введение

К растворителям, применяемым в производстве асбестотехнических изделий (АТИ), предъявляется ряд технологических и организационных требований. При выборе растворителя учитывается его стоимость, ограничение оборота в РФ (отнесение к прекурсорам, в отношении которых устанавливаются определенные ограничения), токсичность. Технологическими требованиями являются хорошие растворяющие способности по отношению к каучукам, температура кипения, растворимость в воде, химическая стойкость как в условиях основного технологического процесса, так и на стадии рекуперации и др.

Рекуперация растворителей из паровоздушных смесей (ПВС) способствует ресурсосбережению на производстве и снижению воздействия на окружающую среду, но при этом она может быть очень затратным процессом как энергетически, так и по ресурсам. На стадии улавливания растворителей из ПВС в производстве АТИ чаще всего используется процесс адсорбции на активированных

углях. Десорбция традиционно осуществляется с помощью острого водяного пара. В дальнейшем для отделения углеводородов от воды применяются расслаивание, ректификация, экстракция и др. Менее затратно по вышеуказанной схеме выделять растворители, практически нерастворимые в воде путем расслаивания водно-органических смесей.

Целью работы являлся подбор растворителя для образца бутадиен-нитрильного каучука (БНК), который обладает необходимыми технологическими свойствами, не требует дополнительных мер безопасности и контроля при его транспортировке, хранении и использовании.

### Экспериментальная часть

Согласно технологическим требованиям, при производстве резинотехнических изделий, температура кипения растворителя должна находиться в диапазоне от 70 до 120 °С. При меньшей температуре растворитель обладает хорошей летучестью и интенсивно испаряется при смешении с каучуком и

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАСТВОРИТЕЛЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АСБЕСТОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА

формировании изделий. Верхний температурный диапазон продиктован параметрами греющего пара, который используется для удаления остатков растворителя и регенерации активированного угля на стадии улавливания из ПВС. По этому критерию подходят растворители: бензол, толуол, этилацетат, метилэтилкетон, диэтилкетон, метилпропилкетон, изооктан, тетрахлорметан и н-бутанол.

Хорошая растворимость углеводорода в воде осложняет процесс его регенерации. Поскольку десорбция проводится острым паром, возникает необходимость разделения водно-органической смеси. При малой растворимости углеводорода в воде процесс упрощается – достаточно провести расслаивание, для высоко растворимых веществ потребуется комплекс аппаратов, в которых реализуются и (или) сочетаются процессы ректификации и расслаивания.

Для разработки процесса рекуперации растворителя из ПВС и его регенерации были найдены данные по растворимости некоторых популярных углеводородов в воде.

Для этого из списка растворителей, подходящих по температуре кипения, следует исключить этилацетат, метилэтилкетон и н-бутанол в связи с их высокой растворимостью в воде даже при 20 °С [1]. Диэтилкетон, метилпропилкетон, тетрахлорметан в меньшей степени растворяются и могут рассматриваться как реагенты для растворения бутадиен-нитрильного каучука. В данном случае преимущество перед остальными имеют бензол и толуол.

Использование веществ, включенных в перечень прекурсоров, сопряжено с повышением требований к обеспечению безопасности на предприятии, требует контроля за их хранением, использованием, транспортировкой и т. д.

Наличие в перечне прекурсорвацетона, толуола, метилэтилкетона также делает нежелательным использование их с высокой концентрацией основного вещества при производстве изделий на основе бутадиен-нитрильного каучука [2].

Исходя из рекомендованных для каучуков групп растворителей [3], изучались свойства и растворяющая способность по отношению к предоставленному каучуку для следующих веществ и их композиций:

- насыщенные углеводороды: изооктан (гексан не рассматривался в связи с высокой летучестью, керосин – из-за наличия в своем составе углеводородов, кипящих при температурах свыше 180 °С);

- ароматические углеводороды: бензол, толуол, этилбензол, изопропилбензол, п-ксилол;

- бутиловый спирт;
- кетоны: ацетон, метилэтилкетон, диэтилкетон, метилпропилкетон, метилбутилкетон;
- галогеносодержащие углеводороды: тетрахлорметан (четырёххлористый углерод);
- простые и сложные эфиры: этилцеллозольв, этилацетат, бутилацетат.

Для подтверждения возможности использования того или иного растворителя в производстве изделий на основе БНК были проведены натурные испытания.

С этой целью брались образцы неизмельченного каучука массой от 1 до 2 г, помещались в бюксы с притертой крышкой и заливались растворителем. Бюксы с образцами плотно закрывались крышками и размещались в вытяжном шкафу. Таким образом, происходил контакт БНК и растворителя при комнатной температуре в течение нескольких суток. Растворение каучука определялось визуально.

Эталонным растворителем был принят этилацетат, с которым сравнивалось действие остальных растворителей. Результаты испытаний показали следующее:

- этилацетат растворяет образец за 3–4 дня, при этом он сильно набухает, полученный раствор вязкий;

- в бензоле растворение БНК происходит быстрее (за 1 день) раствор маловязкий, длительное время прозрачный, далее пожелтел;

- этилбензол: растворение образца происходит быстрее, чем этилацетатом (за 2 дня), раствор маловязкий, светло-желтый;

- изопропилбензол и толуол показали одинаковые результаты: растворение происходит за 2 дня, раствор маловязкий, желтого цвета;

- в изооктане образец не растворился и не набух;

- в бутаноле образец после длительного контакта с растворителем практически не изменился, незначительно набух;

- в тетрахлорметане образец каучука плавал на поверхности растворителя, при этом набухал, после чего растворился с образованием двухфазной системой с растворителем, цвет обоих слоев желто-коричневый;

- растворитель РЭС-5107 (состав: бутилацетат 17 % масс., толуол 66 % масс., п-ксилол 17 % масс.): растворение происходит в среднем за 2 дня, образовавшийся раствор маловязкий, белый, непрозрачный;

- в бутилацетате образец растворяется аналогично, как и в этилацетате, но раствор менее вязкий, что можно объяснить меньшей летучестью бутилацетата;

- в этилцеллозольве образец не набух и не растворился.

### Заключение

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы.

Лучшими растворителями БНК являются ароматические углеводороды – бензол, толуол, этилбензол, п-ксилол, изопропилбензол. При этом всем предъявляемым к растворителям требованиям в полной мере соответствует только бензол.

Хорошими растворяющими способностями обладает бутилацетат, но у него температура кипения на 6 °С выше максимально допустимой по технологическим параметрам.

Растворяющая композиция РЭС-5107 эффективно растворяет образец БНК, но его компоненты – бутилацетат и п-ксилол – имеют температуры кипения за пределами допустимой.

Этилцеллозольв, бутанол и углеводороды парафинового ряда (изооктан) не растворяют БНК.

Окончательный выбор растворителя проводится на основании технико-экономического обоснования с учетом стоимости компонентов, их потерь в основном производственном процессе и при рекуперации, а также доли возвратного растворителя.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайсбергер А., Проскауэр Э., Рид-дик Дж. Органические растворители. Физические свойства и методы очистки. – М.: Изд-во иностр. лит., 1958. – 520 с.

2. Постановление Правительства РФ от 30 июня 1998 г. № 681 «Об утверждении перечня наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю в Российской Федерации».

3. Аверко-Антонович Л.А. Химия и технология синтетического каучука: учебник для вузов по специальности "Хим. технология синтез. каучука" / Л.А. Аверко-Антонович, Ю.О. Аверко-Антонович, И.М. Давлетбаева, П.А. Кирпичников. – М.: Химия, КолосС, 2008. – 357 с.

### Информация об авторах

О. М. Горелова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая техника и инженерная экология» Института биотехнологий, пищевой и химической инженерии Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 29.01.2021; одобрена после рецензирования 22.02.2021; принята к публикации 01.03.2021.

The article was received by the editorial board on 29 Jan 21; approved after reviewing on 22 Feb 21; accepted for publication on 01 Mar 21.

В. А. Сомин – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Химическая техника и инженерная экология» Института биотехнологий, пищевой и химической инженерии Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Л. Ф. Комарова – доктор технических наук, профессор кафедры «Химическая техника и инженерная экология» Института биотехнологий, пищевой и химической инженерии Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

М. С. Некрасов – директор по перспективному развитию Барнаульского завода автоформованных термостойких изделий.

### REFERENCES

1. Weisberger, A., Proskauer, E. & Reeddick J. (1958). *Organic solvents. Physical properties and cleaning methods*. Moscow.: Publishing house of foreign lit.

2. On approval of the list of narcotic drugs, psychotropic substances and their precursors subject to control in the Russian Federation. (1998). *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 30 iyunya 1998 g. № 681*. Retrieved from <https://base.garant.ru/12112176>. (In Russ.).

3. Averk-Antonovich, L.A. Averk-Antonovich, Yu.O., Davletbaeva, I.M. & Kirpichnikov, P.A. (2008). *Chemistry and technology of synthetic rubber. Textbook for universities in the specialty "Chemical technology of synthetic rubber"*. Moscow.: Khimiya, KolosS. (In Russ.).

### Information about the authors

O. M. Gorelova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Engineering and Engineering Ecology, Institute of Biotechnology, Food and Chemical Engineering, Polzunov Altai State Technical University.

V. A. Somin – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Chemical Engineering and Engineering Ecology, Institute of Biotechnology, Food and Chemical Engineering, Polzunov Altai State Technical University.

L. F. Komarova – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Chemical Technology and Engineering Ecology, Institute of Biotechnology, Food and Chemical Engineering, Polzunov Altai State Technical University.

M. S. Nekrasov – Director for Perspective Development of the Barnaul Plant of Auto-molded Heat-Resistant Products.