

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
ОТДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ, МАШИНОСТРОЕНИЯ, МЕХАНИКИ  
И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ РАИ  
ЮЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАИ  
РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ ПО ТРИБОЛОГИИ  
ФГБОУ ВО «РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА  
ООО «РГУПС-ЭКСПО»**

---

*Посвящается 75-летию  
Энергетического факультета РГУПС*

## **СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

**IV Международной научно-практической конференции  
*«Энергетика транспорта.  
Актуальные проблемы и задачи»***

Ростов-на-Дону  
2020

УДК 656.2.07

Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Энергетика транспорта. Актуальные проблемы и задачи», Рост. гос. ун-т. путей сообщения. Ростов н/Д, 2020. – 159 с.

ISBN 978-5-907295-24-7

В сборнике представлены труды Международной научно-практической конференции «Энергетика транспорта. Актуальные проблемы и задачи», отражающие современное состояние, проблемы и перспективы развития и внедрения инновационных технологий и результатов фундаментальных и прикладных исследований в различных областях науки в области транспорта.

Сборник трудов адресован преподавателям, аспирантам, студентам и широкому кругу читателей.

Тексты приводятся в авторской редакции.

Организационный комитет конференции:

Гуда А.Н. – председатель, проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО РГУПС  
Финоченко В.А. – заместитель председателя,  
декан энергетического факультета ФГБОУ ВО РГУПС

Члены оргкомитета:

Попова Н.А. – заведующий кафедрой  
«Автоматизированные системы электроснабжения»  
Риполь-Сарагоси Т.Л. – заведующий кафедрой  
«Теплоэнергетика на железнодорожном транспорте»  
Осипов В.А. – заведующий кафедрой  
«Теоретические основы электротехники»  
Колпахчян П.Г. – заведующий кафедрой  
«Электрические машины и аппараты»  
Назаретов А.А. – заместитель директора по научно-исследовательской  
части.

Ученый секретарь:

Долгова А.Н. – к.т.н., доцент кафедры «Теплоэнергетика  
на железнодорожном транспорте».

ISBN 978-5-907295-24-7

© Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020.

*Черных В.Н., Безуглый А.В.* «Методы оценки параметров гололёдообразования на контактной сети переменного тока с применением климатической камеры» 54

**Секция 2. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ,  
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ..... 57**

*Долгова А.Н., Стамбульян К.А., Выстороп А.Д.* «Исследование распределения жидкой фазы в противоточном теплообменном аппарате» ..... 57

*Елисеев В.Н.* «Влияние энергосбережения на железнодорожном транспорте на экологию и экономику» ..... 61

*Зверев Л.О., Злобин В.Г.* «Восстановление ресурса дизель-генераторной установки» ..... 64

*Зуев А.С.* «Новый путь повышения энергоэффективности тяговых электродвигателей» ..... 69

*Микаэльян Е.Ю., Трубицин М.А.* «Оптимизация расчетов при проектировании компенсирующих устройств» ..... 73

*Назаров О.Г., Андреев А.Г.* «Методы виброакустической диагностики узлов и агрегатов локомотивов» ..... 76

*Риполь-Сарагоси Т.Л., Гладких М.А.* «Анализ энергоэффективности различных схем адсорбционной осушки сжатого воздуха на подвижном составе» ..... 81

*Риполь-Сарагоси Т.Л., Трезубов А.В.* «Анализ энергетической эффективности различных способов переработки твердых бытовых отходов» ..... 84

*Савельев О.В., Долгополов А.С.* «Анализ энергосбережения при использовании диоксида углерода в холодильной технике» ..... 89

*Сафиуллин Б.И., Тухбатуллина Д.И., Рашитова Р.А.* «Вторичное использование тяговых аккумуляторов в системе автономной зарядной станции для индивидуального электрического транспорта» ..... 92

*Снигирева Ю.В., Дмитриева А.В., Хизбуллин Р.Н., Новиков В.Ф., Танеева А.В.* «Сравнительная характеристика адсорбентов для жидкостной колоночной хроматографии» ..... 95

*Соломин В.А., Замшина Л.Л., Трубицина Н.А., Метелкина М.С.* «Линейные асинхронные двигатели для тяговых устройств магнитолевитационного транспорта» ..... 99

*Старовойтов С.В., Союстов Д.В., Босько Д.И.* «Теплоаккумуляторы» ..... 104

*Танеева А.В., Ильин В.К.* «Определение фенолов в поверхностных водах методом газовой хроматографии» ..... 108

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АДСОРБЕНТОВ ДЛЯ ЖИДКОСТНОЙ КОЛОНОЧНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ**

Ю.В. Снигирева, А.В. Дмитриева, Р.Н. Хизбуллин, В.Ф. Новиков, А.В. Танеева  
*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
г. Казань, Россия*

Для контроля загрязнения окружающей природной среды широко используются хроматографические методы анализа, которые характеризуются достаточно высокой точностью и воспроизводимостью получаемых результатов. Кроме того хроматографические методы анализа применяются также для очистки различных органических и неорганических смесей от сопутствующих примесей. Это так называемые варианты препаративной жидкостной колоночной хроматографии, которые реализуются с использованием различных по физико-химической природе сорбционных материалов, от физико-химической природы которых зависит последовательность элюирования компонентов из хроматографической колонки, то есть селективность разделения [1-2].

Для жидкостной колоночной хроматографии сорбционные материалы обычно разделяются на три группы. Это неорганические сорбенты, к которым относятся различные силикагели, оксид алюминия, активированный уголь, цеолиты и др. Ко второй группе относятся органические сорбенты, получаемые в основном на полимерной основе. К третьей группе относятся селективные сорбенты на основе неорганических материалов, модифицированных полимерными композициями, а также неорганические сорбенты с привитыми органическими и функциональными группами [3]. В этом случае возможно большое число различных комбинаций при модифицировании поверхности неорганической матрицы сорбционного материала, что позволяет существенно улучшать селективные и эксплуатационные характеристики разрабатываемого сорбента.

Для жидкостной колоночной хроматографии достаточно широко применяются минералы из группы водных алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных составляющих, к которым относятся цеолиты с тетраэдрическим структурным каркасом, который включает полости, занятые молекулами воды и катионами. Каркас катионов и молекулы воды слабо связаны друг с другом, поэтому цеолиты могут вступать в реакцию ионного обмена без разрушения его структуры. Поэтому обезвоженный цеолит представляет собой микроскопическую кристаллическую «губку», в которой внутренний объем пор может достигнуть половины от объема жесткого каркаса цеолитной матрицы [4-5].

В жидкостной адсорбционной хроматографии также достаточно широко используется оксид алюминия, который является аморфным. На его поверхности концентрируются несколько видов активных адсорбционных

центров, одни из которых, селективно сорбируют кислоты, а другие основания. Кроме того на поверхности оксида алюминия имеются также нейтральные адсорбционные центры, что позволяет его использовать для разделения органических и неорганических смесей веществ как в неполярных, так и в полярных растворителях [6].

К одним из наиболее распространенных адсорбентов относятся различные силикагели, которые являются полярными, сильно гидрофильными пористыми материалами с высокоразвитой структурой геля. Силикагели характеризуются высокой адсорбционной способностью, хорошей механической и термической стойкостью, большим суммарным объемом пор, а также возможностью его получения в порошкообразном или гранулированном состоянии. Кроме того преимущество силикагеля перед другими пористыми материалами заключается в возможности изменения размера пор и их объема. Это позволяет регулировать величину удельной поверхности адсорбента. Как правило, поверхность крупных и мелких пор силикагеля подвергается процессу модификации различными способами, что позволяет реализовать разнообразные механизмы межмолекулярного взаимодействия в системе сорбат-сорбент [7].

Большой интерес представляет также использование в качестве адсорбционных материалов полимерных композиций, которые практически не сорбируют воду, и в то же время селективно задерживают в своей структуре органические примеси. Пористые полимеры достаточно часто применяют в качестве селективных сорбентов. Их синтезируют с использованием мономерных композиций, которым относятся стирол, этилстирол, дивинилбензол. Эти молекулы полимеризуют в органическом растворителе, который в процессе полимеризации удаляют, что приводит к образованию пористой каркасной структуры. Механизм разделения на пористых полимерных сорбентах заключается в адсорбции анализируемых веществ пористой каркасной структурой с последующей их десорбцией. Преимущество пористых сорбентов перед неорганическими материалами заключается в малом времени анализе воды с получением симметричного пика, пригодного для количественной интерпретации. В отличие от воды, органические растворители удерживаются на пористых сорбентах более продолжительное время. Наиболее широко из полимерных сорбентов применяется Полисорб-1, который получают полимеризацией стирола и дивинилбензола. Для улучшения селективных свойств пористых полимерных сорбентов их обычно модифицируют различными органическими и неорганическими материалами. Модификация пористых полимеров позволяет регулировать селективность разделения за счёт изменения характера межмолекулярного взаимодействия в системе сорбат-сорбент. Гидроксильные группы пористого полимера достаточно легко заменяются другими функциональными группами, что позволяет получать пористые полимерные сорбенты с регулируемой селективностью [8-9].

Экспериментальная часть работы была проведена с применением различных неорганических и органических сорбционных материалов. Предварительно готовили стеклянные хроматографические колонки длиной

120мм, внутренним диаметром 4мм, которые заполняли исследуемым сорбционным материалом. Хроматографические колонки взвешивали на аналитических весах до и после заполнения, для определения сорбционной емкости, и подсоединяли к виае, заполненной органическим элюэнтотом. Этот элюэнт мигрировал по слою исследуемого сорбента. При этом определяли время сорбции элюэнта и фиксировали каждые 10 мм. Предварительно используемые для проведения экспериментов сорбционные материалы нагревали для их очистки от сопутствующих примесей и паров влаги.

В таблице 1 приведён элюотропный ряд растворителей, из которого выбран н-Гексан, который относится к неполярным органическим растворителям и его межмолекулярное взаимодействие с поверхностью адсорбента определяется в основном дисперсными силами [10-11].

В качестве адсорбентов использовали различные пористые материалы, широко используемые в промышленности в технологических и аналитических целях. В таблице 2 приведены абсолютные времена удерживания н-Гексана на исследованных адсорбентах по длине сорбционного слоя 100 мм. Как видно из таблицы сорбция гексана исследуемыми пористыми материалами зависит от их природы. Наиболее сильно процесс адсорбции протекает с использованием в качестве сорбционного материала синтетических и природных цеолитов, что связывается с их ситовым эффектом. Такие адсорбенты как Динохром, Инертон и Хикс практически не сортируют гексан и являются относительно инертными сорбционными материалами.

Таблица 1. - Элюотропный ряд органических растворителей

№ п/п	Растворители	T <sub>кип</sub> , °C	ε°	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	cП <sup>20</sup>
1	Ацетон	56	0,56	0,791	1,359	0,32
2	Диэтиламин	56	0,63	0,707	1,387	0,38
3	Хлороформ	62	0,40	1,480	1,446	0,57
4	Метанол	65	0,95	0,792	1,329	0,60
5	н-Гексан	69	0,00	0,660	1,416	0,32
6	Этилацетат	77	0,58	0,900	1,373	0,45
7	Этанол	78	0,88	0,789	1,361	1,20
8	Бензол	80	0,32	0,879	1,501	0,65
9	Ацетонитрил	82	0,65	0,783	1,344	0,37
10	Пропанол-1	82	0,82	0,840	1,385	2,20
11	1,2-Дихлорэтан	83	0,44	1,253	1,445	0,79
12	Нитрометан	101	0,64	1,139	1,382	0,66
13	Толуол	111	0,29	0,866	1,497	0,58
14	Хлорбензол	132	0,30	1,106	1,525	0,80
15	Ксилол	138-144	0,26	0,860-0,880	1,500	0,60-0,80
16	Диметилсульфоксид	189	0,75	1,479	1,479	2,24
17	Этиленгликоль	198	1,11	1,113	1,432	20,00

Таблица 2. - Абсолютные времена удерживания н. Гексана на различных растворителях

№ п/п	Адсорбент	Время удерживания н.Гексана на расстоянии 100 мм/мин
1	Природный цеолит	23,60
2	Синтетический цеолит NaX	48,83
3	Синтетический цеолит CaX	101,86
4	Силохром	79,20
5	Динохром	5,24
6	Полисорб-1	164,16
7	Инертон	18,20
8	Силикагель	28,18
9	Бентонит	47,02
10	Полихром	76,48
11	Хикс	8,05

#### Библиографический список

1. **Новиков В.Ф.**, Карташова А.А., Танеева А.В. Инструментальные методы анализа. В трех частях. Часть III. Хроматографический контроль производственных процессов в энергетике. Под ред. проф. В.Ф. Новикова-Казань. Казан. гос. энерг. ун-т. 2018. 328 С.
2. **Новиков В.Ф.**, Осипов А.Л., Танеева А.В., Снигирева Ю.В. Оценка сорбционных свойств пористых материалов. Уч. пособие. Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2017. – 78с.
3. **Киселев А.В.**, Пошкус Д.П., Яшин Я.И. Молекулярные основы адсорбционной хроматографии. - М.: Химия, 1986. 272 С.
4. **Жданов С.П.**, Хвощев С.С, Самулевич Н.М. Синтетические цеолиты, их кристаллизация, структурно-химическое модифицирование и адсорбционные свойства. - М.: Химия, 1981. 261 С.
5. **Брек Д.** Цеолитовые молекулярные сита. М.: Мир, 1976 782 С.
6. **Грег С.**, Синг К. Адсорбция, удельная поверхность и пористость. - М.: Мир. 1984. 306 С.
7. **Неймарк И.Е.**, Шейнфайн Р.Ю. Силикагель, его получение, свойства и применение. - Киев: Наукова думка. 1973. 202 С.
8. **Сакодынский К.И.**, Панина Л.И. Полимерные сорбенты для молекулярной хроматографии М.: Наука, 1977. 166 С.
9. **Яшин Я.И.**, Яшин Е.Я., Яшин А.Я. Газовая хроматография. М.: Издательство «Транс-Лит». 2009. - 528 С.
10. **Лурье А.А.** Хроматографические материалы. Справочник. М.: Химия 1978. - 440С.
11. **Rohrscneider L.** Zur polartat von stationaren phases in der Gaschromatographie. Z. Analyt. Chem. – 1959.Vol 170. – p. 57-58.