

ИЗОМЕРИЗАЦИЯ ОЛЕФИНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ХРОМАТОГРАФИРОВАНИИ НА СИЛИКАГЕЛЕ

О. ЭЙЗЕН,

кандидат технических наук

Л. КУДРЯВЦЕВА, С. РАНГ,

кандидаты химических наук

Исследование химического состава продуктов термического крекинга парафинов Фишера-Тропша, нефти и бурого угля показало, что присутствующие в них олефины представлены преимущественно 1-олефинами [1, 2]. Перемещение двойной связи олефинов вдоль всей углеродной цепи приводит к равновесию между всеми теоретически возможными изомерами двойной связи данного олефина [3]. Присутствие в продуктах крекинга преимущественно 1-олефинов объясняется ложным (заторможенным) равновесием. Действие факторов (изменение температуры, катализаторы), выводящих из состояния ложного равновесия, приводит к образованию других возможных изомеров двойной связи.

Анализ олефиновых углеводородов сланцевой смолы устанавливает наличие 1-, 2- и 3-изомеров [4, 5]. При количественном определении состава олефинов следует учитывать возможность протекания процессов, направленных на достижение состояния истинного равновесия, а также на его смещение под влиянием различных факторов.

Выделение олефиновых углеводородов из сложных органических смесей осуществляется обычно хроматографированием на силикагеле. Изучение состава олефинов при этом усложняется полимеризацией и значительными потерями. Как показали исследования А. В. Топчиева и сотрудников [6], указанных трудностей можно избежать путем соответствующей предварительной обработки силикагеля и проведения хроматографирования при низкой температуре (близкой к 0°С). При обработке силикагеля особое внимание уделяется очистке его от примесей железа и органических соединений, а также промыванию до нейтральной реакции.

Подробные количественные данные об изомеризации двойной связи, а также о поведении олефинов с различной структурой при хроматографическом анализе в литературе отсутствуют [9, 10].

Цель настоящей работы заключалась в том, чтобы восполнить в известной мере этот пробел. В ней приводятся некоторые данные об изомеризации олефиновых углеводородов при хроматографировании на силикагеле.

Экспериментальная часть

Реактивы. Характеристика степени чистоты исследованных олефиновых углеводородов приведена в табл. 1.

Адсорбенты. В качестве адсорбентов применялись силикагели марок АСМ, КСМ и КСК с величиной зерен 150—200 меш в необрабо-

Таблица 1

Характеристика олефинов, использованных в работе*

№ пп.	Название углеводорода	Чистота (в %), определенная методом газо-жидкостной хроматографии и инфракрасной спектроскопии
1.	Гексен-1	Более 99% 1-изомера
2.	Гептен-1	Более 99% <i>цис</i> -изомера
3.	Гептен-2	45,1% <i>транс</i> -изомера; 54,9% <i>цис</i> -изомера
4.	Октен-1	Степень чистоты более 99%
5.	Октен-2	47,4% <i>транс</i> -изомера; 52,6% <i>цис</i> -изомера
6.	Нонен-1	Степень чистоты более 99%
7.	Додецен-1	Более 99% 1-изомера
8.	Гексадецен-1	Степень чистоты более 99%
9.	2-Этилгексен-1	Более 99% 1-изомера
10.	2,5-Диметил-2,4-гексадиен	—
11.	2,6-Диметилгептен-1	7,0% 2,6-диметилгептена-2
12.	1-Пропилциклогексен-1	Степень чистоты более 99,5%

* Все использованные олефины являются импортными, за исключением пропилициклогексена, синтезированного в нашей лаборатории.

танном и обработанном виде [6]. Активность силикагелей, определенная по бензолу [7], равнялась для АСМ — 12, для КСМ — 10 и для КСК — 7. Силикагели сушили 6 ч при температуре 60° и 24 ч при температуре 150°.

Методика исследования

а) При хроматографировании методом вытеснения применялись трехсекционные колонки с охлаждающей муфтой [6]. Температура воды в муфте была 6°. Продолжительность пребывания смеси в колонке составляла 6—8 ч. В каждом опыте отбирались в калиброванные приемники 12—20 фракций. Пробы взвешивались и анализировались газохроматографическим методом.

б) При хроматографировании элюентным методом применялись колонки длиной 2,4 м, с поперечным сечением 22 мм. Вымывание парафинов осуществлялось петролейным эфиром (пределы кипения 40 ÷ 60°), ароматических углеводородов — бензолом, кислородных соединений — ацетоном или этанолом.

Из полученных растворов перегонкой и пробулькиванием осветительного газа удаляли растворитель (элюент), остаток взвешивали и анализировали газохроматографически.

в) Для проведения опытов по изучению изомеризации олефинов применялись стеклянные колонки длиной 280 мм, диаметром 10 мм и вместимостью 12—17 г силикагеля. Колонки были снабжены охлаждаемыми муфтами.

В наполненную силикагелем колонку наливали исследуемый олефин в количестве, пропорциональном активности силикагеля. По истечению определенного времени олефин вытесняли из колонки этанолом и отбираемые фракции анализировали газохроматографическим методом.

Во всех исследованиях (а, б и в) фракции, содержавшие олефины, дополнительно анализировались методом инфракрасной спектроскопии на приборе ИКС-14 (по характерным для олефинов максимумам 910, 970 и 990 см^{-1}).

Газохроматографический анализ. Для анализа применялся газохроматограф УХ-1 с катарометром. Характеристика наполнителей колонок приведена в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика колонок, использованных в газохроматографическом анализе

	№ колонки						
	1	2	3	4	5	6	7
Жидкая фаза	Дифенил-формамид	β , β' -Тиоди-пропио-нитрил	Сквалян	Твин 80	Полигли-коль 4000	Твин 60	Твин 80
Твердый носитель	Диато-митовый кирпич, хромо-сорб W	Диато-митовый кирпич	Силоцелл	Хромо-сорб W	Диато-митовый кирпич	Диато-митовый кирпич	Силоцелл
Длина колонки, м	6	6	2	3	6	3	6
Внутренний диа-метр, мм	4	4	4	4	4	4	4
Газ-носитель (скорость, мл/мин)	$\text{H}_2(70)$	H_2	$\text{He}(60)$	$\text{He}, \text{H}_2(70)$	$\text{H}_2(90)$	$\text{H}_2(60)$	$\text{He}(60)$
Величина пробы, мкл	—	—	—	2—8	2—8	—	2
Температура, °C	50, 100	50	150	150, 180	150	180	75

Во всех опытах потери определялись при хроматографировании на силикагеле по данным газохроматографического анализа. Количества отдельных компонентов в отобранных фракциях суммировались и сравнивались с их исходными количествами.

Результаты эксперимента

Первая серия опытов по определению изомеризующей и полимеризирующей способности силикагелей была поставлена в условиях, по возможности более близких к условиям анализа фракций сланцевой смолы. В связи с этим составлялись искусственные смеси, содержавшие помимо олефиновых углеводородов также парафиновые и ароматические углеводороды и кислородные соединения.

В табл. 3 приведены результаты хроматографирования методом вытеснения трех смесей на обработанном и необработанном силикагелях КСМ.

Результаты хроматографирования элюентным методом искусственных смесей № 4 и 5, исследованных соответственно на обработанном и необработанном силикагелях КСМ и АСМ, приведены в табл. 4.

Последние графы в табл. 3 и 4 содержат данные об изомеризации олефиновых углеводородов при хроматографировании.

На примере двух нормальных олефинов гексена-1 и додецена-1 изучалось перемещение двойной связи при хроматографировании на силикагелях трех марок АСМ, КСМ и КСК в течение 4 и 48 ч. Результаты этих опытов приведены в табл. 5.

Таблица 3

Изомеризация олефиновых углеводородов при хроматографировании на силикагеле методом вытеснения *

№ смеси	Компоненты смеси	Состав исходной смеси определен газохроматографически, %	Состав смеси после хроматографирования, %		Потери олефинов, %		Примечания
			обработанный силикагель	необработанный силикагель	обработанный силикагель	необработанный силикагель	
1	<i>n</i> -Октан	36,1	35,4	35,0	—	—	На обработанном силикагеле изомеризовалось 3% 1-олефина, на необработанном силикагеле — 30%
	<i>n</i> -Нонен-1	46,5	45,0	43,0	3	8	
	<i>m</i> -Ксилол	17,4	19,8	20,0	—	—	
	Потери + полимеры	—	—	2,0	—	—	
2	<i>n</i> -Октан	35,1	31,3	29,2	—	—	На обработанном силикагеле изомеризовалось 10% 1-изомера, на необработанном силикагеле — 43%
	2,6-Диметилгептен-1	44,1	44,1	15,9	0	64	
	<i>m</i> -Ксилол	20,8	21,3	10,8	—	—	
	Потери + полимеры	—	1,3	44,1	—	—	
3	<i>n</i> -Октан	34,6	31,8	33,2	—	—	—
	2,6-Диметил-2,4-гексадиен	45,9	46,2	28,1	0	39	
	Потери + полимеры	—	2,6	21,9	—	—	

* Силикагель марки КСМ, весовое соотношение смеси и силикагеля — 1:13, температура 6°, вытеснитель — этанол.

Данные табл. 6 иллюстрируют зависимость степени изомеризации от структуры олефинов при хроматографировании на обработанном и необработанном силикагелях АСМ.

Помимо этого изучалась зависимость изомеризации гексена-1 от продолжительности опыта при хроматографировании на обработанном и необработанном силикагелях АСМ (табл. 7) и от температуры опыта при хроматографировании (табл. 8) на необработанном силикагеле АСМ. Результаты этих исследований изображены на рис. 1 и 2.

Обсуждение результатов

Хроматографирование вытеснительным и элюентным методами, проводимое в условиях, близких к хроматографированию крекингбензинов, было осуществлено с целью проверки надежности данных о групповом составе олефинов, а также данных о содержании в бензинах 1-олефинов с учетом возможности их превращения в 2- и 3-олефины.

Помимо указанной цели была поставлена задача более полно вскрыть и уточнить действие выявленных в вышеуказанных исследованиях факторов, влияющих на процесс изомеризации олефинов при хроматографировании их на силикагеле.

Многочисленные факторы, влияющие на результат хроматографирования олефинов, в том числе и на процесс изомеризации при хромато-

Таблица 4

Результаты хроматографирования элюентным методом

№ смеси	Компоненты смеси	Состав смеси, определен газохроматографически, %	Состав смеси после хроматографирования, %		Потери олефинов, %		Примечания
			обработанный силикагель	необработанный силикагель	обработанный силикагель	необработанный силикагель	
4 *	<i>n</i> -Додекан	21,7	21,0	20,7	—	—	На обработанном силикагеле изомеризовалось 1% олефина-1, на необработанном силикагеле — 99%
	Изоамилбензол	25,7	24,1	18,8	—	—	
	<i>n</i> -Гексадецен-1	38,9	38,0	32,7	2,3	16	
	Ди- <i>n</i> -пропилкетон	10,5	10,5	10,0	—	—	
	Примеси, потери, полимеры	3,2	5,5	17,8	—	—	
5 **	<i>n</i> -Ундекан	13,7	13,4	13,4	—	—	На обработанном силикагеле 1-олефины не изомеризовались, потери составляли 12,5%.
	<i>n</i> -Додекан	13,7	13,7	13,4	—	—	
	Декалин	11,9	11,5	11,9	—	—	
	<i>n</i> -Додецен-1	4,0	3,9	3,5	2,5	12,5	На необработанном силикагеле 1-олефины изомеризовались 100%
	<i>n</i> -Гексадецен-1	4,1	4,1	4,1	—	—	
	1,2,3-Триметилбензол	12,2	11,2	10,9	—	—	
	Индан	9,0	8,0	7,8	—	—	
	Тетралин	10,9	10,5	9,6	—	—	
	Метилгептилкетон	3,2	3,1	3,0	—	—	
Ацетофенон	12,9	12,7	3,0	—	—		

* Силикагель КСМ, весовое соотношение смеси и силикагеля — 1 : 10, температура 18°.

** Силикагель АСМ, весовое соотношение смеси и силикагеля — 1 : 11,6, температура 18°.

графировании на силикагеле, мы разбили на три группы, которые были определены соответственно: 1) методикой и условиями проведения хроматографирования, 2) свойствами адсорбента, 3) структурой хроматографируемых олефинов.

Из данных опытов (см. табл. 3 и 4) следует, что при применении обработанного силикагеля потери олефинов невелики, достигая для додецена-1 лишь 2,5%. Хроматографирование 2,6-диметилгептена-1, 2,5-диметил-2,4-гексадиена проведено без потерь. При применении необработанного силикагеля потери были особенно велики в случае названных выше соединений. Олефины образуют со спиртом неотделимый от силикагеля слой полимера. Из данных табл. 3 видно, что олефины нормальной структуры изомеризуются заметно меньше, чем изоолефины. Данные табл. 6 подтверждают этот вывод. Особенно активно изомеризуется на силикагеле АСМ 2-этилгексен-1, причем степень изомеризации не зависит практически от обработки силикагеля. В течение 24 ч 50% исходного изоолефина-1 превращается в изоолефин-2. В то же время степень изомеризации 2,6-диметилгептена-1 сильно зависит от обработки силикагеля. При хроматографировании на обработанном силикагеле изомеризации не наблюдается, тогда как при применении необработанного силикагеля 2,6-диметилгептен-1 изомеризуется практи-

Таблица 5

Изомеризация гексена-1 и додецена-1 на необработанных силикагелях марок АСМ, КСМ и КСК

Олефин	Силикагель		Соотношение количества силикагеля и олефина	Продолжительность опыта	Результат исследования
	Марка	Активность			
Гексен-1	АСМ	12	3,5 : 1	4	Гексена-1 — 87,5%, гексена-2 — 12,5% Изомеризации не наблюдалось Изомеризации не наблюдалось Гексена-1 — 58%, гексена-2 — 42% Гексена-1 — 87,1%, гексена-2 — 12,9% Следы гексена-2
	КСМ	10	4,3 : 1	4	
	КСК	7	6 : 1	4	
	АСМ	12	3,5 : 1	48	
	КСМ	10	4,3 : 1	48	
	КСК	7	6 : 1	48	
Додецен-1	АСМ	12	4,7 : 1	4	Изомеризации не наблюдалось Изомеризации не наблюдалось Изомеризации не наблюдалось Додецена-1 — 85,7%, додецена-2 — 14,3% Додецена-1 — 85,7%, додецена-2 — 14,3% Изомеризации не наблюдалось
	КСМ	10	3,7 : 1	4	
	КСК	7	8,5 : 1	4	
	АСМ	12	4,8 : 1	48	
	КСМ	10	5,4 : 1	48	
	КСК	7	8 : 1	48	

чески полностью. Не меняется расположение двойной связи на необработанном силикагеле и в молекуле пропилциклогексена-1. Однако указанный циклоолефин сильно полимеризуется на необработанном силикагеле.

Для 2-олефинов характерно изменение соотношения *транс*- и *цис*-изомеров, особенно сильно оно проявляется при хроматографировании на необработанном силикагеле. Это соотношение изменяется в сторону увеличения содержания *цис*-изомера. Исследование хроматографирования 2-гептена (*цис*-изомера 54,9% и *транс*-изомера 45,1%) на обработанном силикагеле показало, что соотношение изомеров на нем изменилось до 36,5% *транс*-изомера.

При хроматографировании на необработанном силикагеле при температуре 6° изомеризация 1-олефинов составляет 30—43%. Изомеризация на обработанном силикагеле примерно в 3—4 раза меньше.

Хроматографирование элюентным методом осуществлялось на силикагелях марки КСМ и АСМ (см. табл. 4). Из данных табл. 4 следует, что большие потери олефинов наблюдаются в случае применения необработанных силикагелей. На указанных силикагелях степень изомеризации 1-олефинов достигает практически 100% (гексадецен-1 и додецен-1), в то время как на необработанных силикагелях изомеризация незначительна.

Результаты этих исследований согласуются с данными табл. 6. При хроматографировании олефинов различной структуры большая степень изомеризации наблюдается при применении необработанных

Таблица 6

Изомеризация олефинов различной структуры на обработанном и необработанном силикагелях АСМ (активность 12), при продолжительности опыта 24 ч

Олефин	Весовое соотношение силикагеля и олефина	Силикагель АСМ	Результаты
Гексен-1		Обработанный	96,7% гексена-1, 3,3% гексена-2
Гексен-1		Необработанный	80% гексена-1, 20% гексена-2
2-Этилгексен-1	6,3 : 1	Обработанный	50% 2-этилгексена-2
2-Этилгексен-1	5,6 : 1	Необработанный	50% 2-этилгексена-2
2,6-Диметилгептен-1		Обработанный	Изомеризации не наблюдалось
2,6-Диметилгептен-1		Необработанный	Полимеризация
Октен-2		Обработанный	Транс-изомера 52,1%, цис-изомера 47,9%
Октен-2		Необработанный	Транс-изомера 35,0%, цис-изомера 65,0%
2-Гептен		Обработанный	Изомеризации не наблюдалось
2-Гептен		Необработанный	Транс-изомера 36,5%, цис-изомера 63,5%
1-Пропилциклогексен-1		Обработанный	Изомеризации не наблюдалось
1-Пропилциклогексен-1		Необработанный	Полимеризация

ного силикагеля. Указанная на рис. 2 зависимость изомеризации гексена-1 от продолжительности опыта также подтверждает вышесказанное.

Приведенные в табл. 5 данные характеризуют зависимость степени изомеризации гексена-1 и додецена-1 от марки необработанного силикагеля (активности), количества адсорбента и продолжительности опыта (времени контактирования). Из приведенных данных следует, что наиболее сильным изомеризирующим действием обладает силикагель марки АСМ, имеющий наибольшую активность. Опыт проводился при условии постоянства произведения количества определенной марки силикагеля на его активность. Данные, приведенные в табл. 5, указывают на большую инертность молекулы додецена-1 к процессу изомеризации по сравнению с молекулой гексена-1. Одновременно с этим данные табл. 5 позволяют сделать вывод о сильном влиянии продолжительности опыта (времени контактирования) на процесс изомеризации. Так, для гексена-1 увеличение времени контактирования на силикагеле АСМ с 4 до 48 ч увеличивает степень изомеризации до 29,5%, для додецена до 14,3%. Этот вывод подтверждается также данными рис. 2.

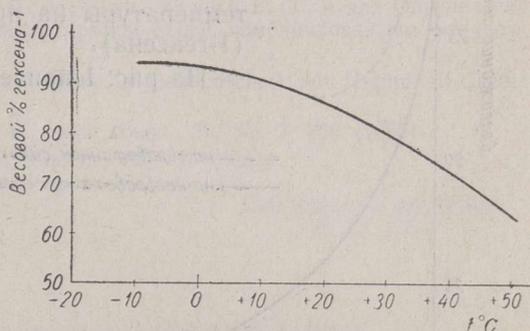


Рис. 1. Изомеризация гексена-1 на необработанном силикагеле в зависимости от температуры (продолжительность опыта 4 ч).

Таблица 7

Данные по изомеризации гексена-1 на силикагеле АСМ при различной продолжительности хроматографирования

№ опыта	Обработанный силикагель		Необработанный силикагель	
	Продолжительность опыта, ч	Содержание гексена-1 после хроматографирования, %	Продолжительность опыта, ч	Содержание гексена-1 после хроматографирования, %
1	4	100	4	87,5
2	48	84,3	49	57,2
3	100,3	69,1	99	42,2
4	214,5	62,3	213	25,3
5	—	—	692	5,6

нашего опыта 692 ч составляло: гексена-1 — 5,6%, гексена-2 — 62,9%, гексена-3 — 31,5%.

Эти данные хорошо согласуются с равновесными данными [8], полученными на активированном угле при 190°: гексена-1 — 4%, гексена-2 — 64%, гексена-3 — 32%. При меньшей продолжительности опыта состояния истинного равновесия достигнуто не было.

Подавляющая часть наших исследований проводилась при комнатной температуре (~18°). Исключение составляет хроматографирование методом вытеснения (6°), а также специальные опыты, поставленные с целью выяснения влияния изменения температуры на процесс изомеризации 1-олефинов (1-гексена).

На рис. 1 приведены данные о зависимости изомеризации гексена-1 от температуры. Плавный ход кривой этой зависимости указывает на закономерный рост изомеризации с повышением температуры. Более высокая степень изомеризации при элюировании по сравнению с данными хроматографирования вытеснительным методом (6°) отчасти объясняется хроматографированием элюентным методом при более высокой температуре (~18°).

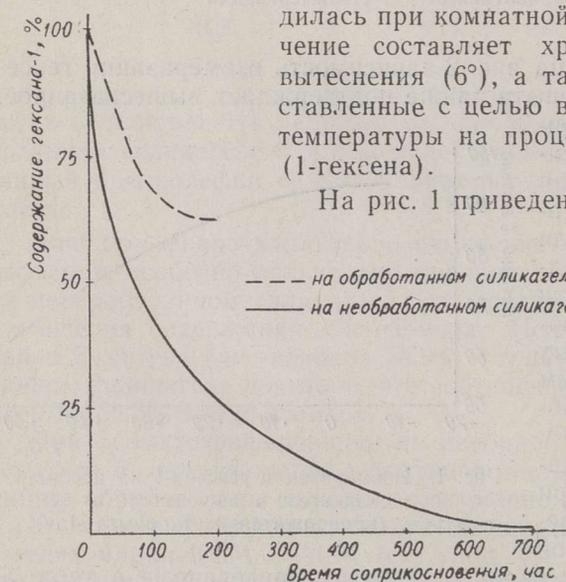


Рис. 2. Зависимость изомеризации гексена-1 от продолжительности соприкосновения с силикагелем.

Приведенные в настоящей работе данные, полученные методом газовой хроматографии, дают возможность количественно оценить реакции изомеризации олефинов в зависимости от свойств силикагеля, структуры хроматографируемых

В опытах с необработанным силикагелем (продолжительность опытов 200 ч) был получен помимо гексена-2 также и гексен-3, т. е. все три теоретически возможные изомера гексена. Согласно данным литературы [3] равновесная смесь изомеров олефинов, молекулы которых содержат четное число углеродных атомов, состоит из эквимолекулярных количеств изомеров с внутренним расположением двойной связи; изомер с двойной связью в конце молекулы образуется в меньшем количестве. Содержание изомеров гексена при продолжительности на-

соединений и условий хроматографирования.

Применение газохроматографии при исследовании изомеризации олефинов позволило аналитически решить эту проблему более точно (определить количества 1-, 2-, 3-олефинов и их *цис*- и *транс*-изомеров).

Приведенные в настоящей работе данные могут служить основой для оценки точности группового анализа крекингбензинов нефти и сланцевой смолы.

Таблица 8

Данные об изомеризации гексена-1 на силикагеле АСМ при различных температурах (время 4 ч)

№ опыта	Температура, °С	Весовое соотношение силикагеля и вещества	Содержание изомеров после хроматографирования, %	
			Гексен-1	Гексен-2
1	-9	5,5 : 1	94,0	6,0
2	10	5 : 1	90,3	9,7
3	18	5 : 1	87,5	12,5
4	30	4 : 1	80,1	19,9
5	50	5,4 : 1	63,2	36,8

ЛИТЕРАТУРА

1. Asinger F., Ber. Dtsch. chem. Ges., 75, 656 (1942).
2. Тиличев Д. М., Миловидова Н. В., ЖПХ, 22, 611 (1949).
3. Asinger F., Chemie und Technologie der Monoolefine, Akad. Verlag, Berlin, 1957.
4. Эйзен О. Г., Ранг С. А., О химическом составе олефиновых углеводородов сланцевой смолы. Горючие сланцы. Химия и технология, вып. 4, АН Эст. ССР, Таллин, 1961, стр. 200.
5. Эйзен О. Г., Ранг С. А., Эйзен Ю. И., О химическом составе и методике анализа непредельных углеводородов лигроиновых фракций сланцевой смолы, Изв. АН ЭССР. Сер. физ.-матем. и техн. наук, № 1, 27 (1964).
6. Топчиев А. В., Исхакова Э. Х., Мусаев И. А., Гальперн Г. Д., Химия и технология топлива, № 11, 26 (1957).
7. Ландсберг Г. С., Бажулин П. А., Казанский Б. А. и др., Определение индивидуального состава бензинов прямой гонки комбинированным методом, Изд. АН СССР, М., 1959.
8. Koch H. und Richter H., Öl und Kohle in Gemeinschaft mit Brennstoff-Chem., 40, 231 (1944).
9. Fink D., Lewis R. W., Weiss F., Anal. Chem., 22, No. 7, 850 (1950).
10. Koch H., Rag H. von, Brennstoff-Chemie, 32, 161 (1951).

Институт химии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
30 IV 1964

OLEFIINSETE SÜSIVESINIKE ISOMERISATSIOONIST
SILIKAGEELIL KROMATOGRAFEERIMISE PUHUL

O. Eisen,

tehnikateaduste kandidaat

L. Kudrjajtseva, S. Rang,

keemiateaduste kandidaadid

Resümee

Väljatõrjumis- ja elueerimismeetodil uuriti mitmesuguste faktorite (adsorbendi omadused, lähteolefiinide struktuur, katsetingimused) mõju C₆—C₁₆ olefiinide isomerisatsioonile nende kromatografeerimise puhul silikageelil. Gaasikromatograafilise ja infrapunase spektraalanalüüsiga määrati kunstlikult valmistatud lähtesegude ja kromatografeerimi-

sel kogutud fraktsioonide koostised. Nende andmete alusel leiti 1-olefiinide isomerisatsiooni aste ja 2-olefiinide cis- ja trans-isomeeride suhte muutumine kromatografeerimisel soolhappe ja vesinikülhapendiga töödeldud ja töötlemata silikageelidel.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Keemia Instituut

Saabus toimetusse
30. IV 1964

ISOMERIZATION OF OLEFINS BY LIQUID ADSORPTION CHROMATOGRAPHY ON SILICAGEL

O. Eisen, L. Kudryavtseva, S. Rang

Summary

The influence of various factors (properties of the adsorbent, structure of olefins, experimenting conditions) on the isomerization of $n\text{-C}_6\text{--C}_{16}$ mono-olefins during their adsorption chromatography on silicagel by effluent and development methods has been studied. The composition of chromatographic fractions was determined by gas-liquid chromatography and infrared spectroscopy. The quantitative side of isomerization of $n\text{-1}$ -mono-olefins and the change in relationship of cis-trans olefins during chromatographic adsorption analysis were estimated.

Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,
Institute of Chemistry

Received
April 30th, 1964