

А. А. Лурье

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ  
МАТЕРИАЛЫ

(СПРАВОЧНИК)



МОСКВА ИЗДАТЕЛЬСТВО «ХИМИЯ» 1978

**Лурье А. А.**

Л86 Хроматографические материалы (справочник). М., «Химия», 1978.

440 с., 151 табл.

В справочнике с наибольшей полнотой приведены вырабатываемые промышленностью многих стран мира неорганические и органические сорбенты, носители, жидкие фазы и другие материалы для всех видов хроматографии — всего приблизительно 6000 марок и сортов. Даются состав, химические и физические свойства, основные количественные характеристики материалов, а также рекомендации по применению (с ссылками на специальную литературу). Описаны новые классы материалов для хроматографии: поверхностно-пористые сорбенты и носители, сорбенты с привитыми фазами (типа «щеток»), биоспецифические сорбенты для аффинной хроматографии.

Справочник предназначен для научных и инженерно-технических работников, использующих в своей работе хроматографические методы.

Л  $\frac{20503-209}{050(01)-78}12-77$

540

---

## СОДЕРЖАНИЕ

---

Предисловие . . . . .	4
Условные обозначения и общие замечания	5
I. Неорганические сорбенты	6
II. Органические сорбенты	39
III. Молекулярные сита . . . . .	55
IV. Ионообменные смолы	81
V. Другие ионообменники . . . . .	159
VI. Носители для газовой и жидкостной хроматографии	178
VII. Поверхностно-пористые сорбенты . . . . .	202
VIII. Сорбенты с привитыми фазами . . . . .	208
IX. Биоспецифические сорбенты и носители для них	219
X. Хроматографические бумаги	239
XI. Пластины для ТСХ	248
XII. Неподвижные фазы для ГЖХ	276
XIII. Реагенты для получения производных для газовой хроматографии	350
XIV. Проявители для жидкостной хроматографии	367
XV. Хроматографические растворители . . . . .	381
XVI. Вспомогательные материалы для хроматографии	394
Приложения . . . . .	396
Основная литература по хроматографии	396
Таблица стандартов сит . . . . .	402
Фирмы, выпускающие хроматографические материалы	403
Указатель марок материалов . . . . .	413
Указатель сокращений химических названий веществ и радикалов	431
Предметный указатель . . . . .	434

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В развитии хроматографии вслед за периодом, когда основные ее достижения были связаны в первую очередь с созданием и совершенствованием аппаратуры, наступило время, когда столь же серьезные усилия стали направлять и на создание высокоэффективных материалов — сорбентов, носителей, неподвижных жидких фаз и т. д. — которые, собственно, и определяют качество хроматографического разделения веществ. Совершенствуются, порой весьма значительно, традиционные хроматографические материалы: повышается их химическая однородность, чистота, улучшаются механические свойства. Выдающиеся результаты достигаются при использовании в колоночной жидкостной хроматографии микрозернистых сорбентов. Наряду с этим появляются и классы совершенно новых хроматографических материалов с особыми свойствами, идеально соответствующими их назначению. Примерами таких материалов являются биоспецифические и поверхностно-пористые сорбенты для жидкостной хроматографии. Промышленность выпускает все больше материалов в максимально удобной для непосредственного применения форме, например готовые к применению пластины со слоем сорбента для тонкослойной хроматографии, растворы и смеси реактивов для предварительной обработки проб перед анализом или для проявления хроматограмм и т. д.

Справочник охватывает действующий ассортимент хроматографических материалов на 1975—1976 гг. — приблизительно 6000 марок и сортов (продукция свыше 200 фирм различных стран мира). Рядом с названием (маркой) продукта указывается фирма, его производящая. Во многих случаях те же продукты можно получить и через некоторые другие фирмы, выполняющие роль посредников по продаже.

Свойства и показатели промышленных марок хроматографических материалов приведены в основном по сведениям фирм-производителей. Данные испытаний, почерпнутые из научной литературы, снабжены ссылками.

В справочник помимо сорбентов и носителей включены также жидкие фазы, растворители, реагенты и некоторые другие продукты. Все материалы представлены в 172 разделах, которые по характеру хроматографического действия и по назначению сгруппированы в 16 главах (I—XVI). В начале каждого раздела дано краткое описание общих свойств и методов использования материалов. Дальнейшую информацию можно найти в примечаниях (после таблиц), в специальной литературе, указанной в разделе, или в общих книгах по хроматографии, список которых имеется в Приложениях. Там же (в Приложениях) имеются указатели: предметный, марок материалов и аббревиатур химических названий реактивов, а также перечень фирм, производящих или распространяющих хроматографические материалы.



## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

- АС — аналитический сорт  
БСС — биоспецифические сорбенты  
БЭТ — метод определения удельной поверхности пористых материалов по Брунауэру, Эммету и Теллеру  
ВСЖХ — высокоскоростная (высокопроизводительная) колоночная жидкостная хроматография  
ВЭТТ — высота, эквивалентная теоретической тарелке  
ГАХ — газо-адсорбционная хроматография  
ГЖХ — газо-жидкостная хроматография  
ГПХ — гель-проникающая хроматография  
гр — гранулы (зерна неправильной формы)  
Инд — сорт смолы с индикатором на истощение  
ИП — изопористые смолы  
КЖХ — колоночная жидкостная хроматография  
М — относительная молекулярная масса  
МП — макропористые сорбенты  
мс — микросферические зерна  
ПАВ — поверхностно-активные вещества  
ППС — поверхностно-пористые сорбенты  
ПСХ — препаративно-слойная хроматография  
ТСХ — тонкослойная хроматография  
ФИ (254) — флуоресцентный индикатор; в скобках указывается длина волны (в нм) ультрафиолетового излучения, вызывающего флуоресценцию индикатора  
ФС — фармацевтический сорт (или сорт для использования в пищевой промышленности)  
ХС — хроматографический сорт  
ЯМ — ядерная марка (сорт для использования в ядерных реакторах)  
(. . .)\* — старое, ныне измененное название продукта

**Полная обменная емкость** ионообменников дана в мг-экв/г сухого ионита или в мг-экв/см<sup>3</sup> набухшего (влажного) ионита, обычно в Na<sup>+</sup>- или H<sup>+</sup>- форме для катионитов и в Cl<sup>-</sup>- или OH<sup>-</sup>- форме для анионитов. В квадратных скобках указана емкость только по сильнокислотным или сильноосновным активным группам ионита, т. е. при поглощении из нейтральных растворов.

**Сорбционные и элюотронные ряды** составлены в порядке уменьшения сорбируемости веществ или увеличения элюирующей силы растворителей.

**Удельный объем в колонке** (см<sup>3</sup>/г) — объем набивки колонки в расчете на единицу массы сорбента или носителя (величина, обратная насыгнутой плотности в колонке).

**ΔV** — изменение объема ионита при переводе его из одной ионной формы в другую (в % от исходного состояния).

**Насынная плотность** (г/см<sup>3</sup>) дана для товарного продукта, но не для набивок в колонках.

**Зернение в меш** означает номер сита по числу отверстий на 1 линейный дюйм (2,54 см); действительный размер отверстий зависит от толщины проволоки, из которой изготавливают сита. Стандарты сит различных стран приведены в Приложении.

# I. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ СОРБЕНТЫ

1. Силикагели для КЖХ . . . . .	6
2. Микрозернистый силикагель для ВСЖХ . . . . .	7
3. Силикагели для ТСХ . . . . .	14
4. Силикагели для газовой хроматографии . . . . .	19
5. Окись алюминия для КЖХ . . . . .	20
6. Микрозернистая окись алюминия для ВСЖХ . . . . .	24
7. Окись алюминия для ТСХ . . . . .	25
8. Окись алюминия для газовой хроматографии . . . . .	27
9. Силикаты магния . . . . .	29
10. Порошки пористого стекла . . . . .	30
11. Кальцит (карбонат кальция) . . . . .	31
12. Гидроксилапатит . . . . .	31
13. Прочие неорганические сорбенты для хроматографии . . . . .	32
14. Энергия адсорбции веществ (по функциональным группам) на окиси алюминия, силикагеле и флорисиле . . . . .	34
15. Примеры разделения веществ методом ВСЖХ на силикатных сорбентах . . . . .	34
16. Деактивация неорганических сорбентов водой . . . . .	36
17. Максимальное содержание примесей в силикагелях . . . . .	36
18. Максимальное содержание примесей в окиси алюминия . . . . .	37

## 1. Силикагели для КЖХ (табл. на стр. 8)

Силикагель (синонимы: кремневая кислота, двуокись кремния) является полярным, сильно гидрофильным сорбентом с высокоразвитой структурой геля. Влажность его достигает 40%.

Адсорбционная способность силикагеля обусловлена наличием на поверхности силанольных групп  $\text{>Si—OH}$ , способных к образованию водородных связей с протоноакцепторными веществами. Селективно адсорбируются различные полярные кислородсодержащие и непредельные соединения. Активированием называют обезвоживание силикагеля, которое происходит при нагревании до 150—200 °С; при этом образуются силоксановые группы  $\text{>Si—O—Si<}$ , обладающие неспецифической адсорбционной способностью. Электронный ряд растворителей для хроматографии на силикагеле имеет приблизительно тот же порядок, что и на окиси алюминия (см. разд. 166).

Для адсорбционной хроматографии в органических растворителях применяют высушенный гель  $\text{SiO}_2$  (ксерогель), для распределительной хроматографии — гидратированный, деактивированный силикагель ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). В качестве носителей для распределительной хроматографии предпочтительны крупнопористые силикагели с большим удельным объемом пор. При хроматографии в водных средах разделение нейтральных или основных веществ проводят на нейтральном силикагеле ( $\text{pH} \approx 7$ ), а кислых веществ — на кислом силикагеле ( $\text{pH} = 3-5$ ), часто называемом кремневой кислотой.

Специальной обработкой поверхности силикагелю могут быть приданы гидрофобные свойства. Гидрофобизированные силикагели (см. № 9, 64—67) применяют для распределительной хроматографии с обращенными фазами.

Силикагели — наиболее широко используемые сорбенты. Их применяют для разделения веществ самых различных классов, включая углеводороды, терпены, стероиды, спирты, фенолы, альдегиды, кетоны, перекиси, органические кислоты, амины, амиды, аминокислоты, пептиды, алкалоиды, сахара, нуклеиновые кислоты, неорганические ионы. Особенно часто силикагель используют в хроматографии липидов (см. специальные марки сорбентов № 36, 52, 57—59, 60—63, 83). Последовательность элюирования липидов следующая: углеводороды (парафины — циклопарафины — нормальные моноолефины — моноолефины циклические и разветвленные — диолефины — ароматические углеводороды — полиолефины, каротины, скваланы) — сложные эфиры — холестериновые эфиры — алифатические альдегиды — триглицериды — высшие спирты — свободные жирные кислоты — хиноны — свободные стеринны — диглицериды — моноглицериды — гликолипиды — липоаминокислоты — желчные кислоты — глицерофосфатидные кислоты — производные инозита — фосфатидилэтаноламины — лизофосфатидилэтаноламины — лецитины — сфингомиелины — лизолецитины (Hirsch J., Ahrens E. H., J. Biol. Chem., 1958, v. 233, No. 2, p. 311—320; Wren J. J., Chromatog. Revs., 1961, v. 3, p. 111—133).

## 2. Микрозернистый силикагель для ВСЖХ (табл. на стр. 13)

В современной высокопроизводительной КЖХ широко используют микрозернистые (мельче 40—50 мкм), однородные по размеру частиц сорбенты, в первую очередь — микрозернистый силикагель. Такие насадки оказывают очень большое сопротивление потоку и поэтому требуют применения весьма высоких давлений. Так, на колонке с силикагелем Partisil-5 (номинальное зернение 5 мкм) при высоте колонки всего 15—20 см перепад давления достигает 40—80 кгс/см<sup>2</sup>. Современные жидкостные хроматографы позволяют работать под давлением 100—200 (иногда до 500) кгс/см<sup>2</sup>. На колонках типичных размеров (внутренний диаметр 1—2 мм, высота 10—50 см) такие давления обеспечивают скорости порядка 0,5—5 мл/мин, благодаря чему на получение хроматограммы затрачивается всего несколько минут (т. е. соизмеримо с газовой хроматографией).

Вследствие высокой скорости массопередачи разделение на колонках микрозернистых сорбентов отличается очень высокой эффективностью: на силикагеле с зернением 5 мкм возможно разделение с ВЭТТ до 0,01—0,02 мм. Из сорбентов одинакового зернения объемно-пористые сорбенты несколько уступают по эффективности поверхностно-пористым (см. разд. 108—113). Однако фактическая эффективность лучших микрозернистых сорбентов, благодаря малому размеру частиц (5—10 мкм), выше эффективности поверхностно-пористых сорбентов с типичным зернением 30—50 мкм.

По емкости микрозернистые сорбенты значительно превосходят поверхностно-пористые сорбенты. Микрозернистые сорбенты все чаще применяют для наполнения высокоэффективных препаративных колонок (типичная загрузка: 1 мг пробы на 1 г сорбента).

Микрозернистые силикагели используют в ВСЖХ как сорбенты (области применения — см. разд. 1) и как носители неподвижных жидких фаз, таких, как оксидипропионитрил, сквалан, полиэтиленгликоли (разд. 143). Минимальная степень пропитки жидкой фазой, обеспечивающая деактивацию сорбента, составляет 5—10% (для силикагелей с поверхностью 100—200 м<sup>2</sup>/г); максимальная степень пропитки 15—30%.

Наполнение колонок сухим способом, как это принято в газовой хроматографии, малозффективно из-за склонности к слипанию мелких зерен (мельче 20 мкм для сферических зерен и мельче 50—60 мкм для частиц неправильной формы). Лучшие результаты дает суспензионный метод с применением специально подобранных растворителей со сбалансированной плотностью (Majors R. E., J. Chromatog. Sci., 1973, v. 11, No. 2, p. 88—95; Idem, Anal. Chem., 1973, v. 45, No. 4, p. 755—762).

О других микрозернистых сорбентах для ВСЖХ см. в разд. 6 (окись алюминия), 10, 35 (пористые стекла), 21, 31, 33, 34 (полимерные сорбенты), 36 (аэросилогели), 44, 50, 51, 53, 54 (ионообменные смолы), 103 (диатомит), 108—117 (поверхностно-пористые и привитые сорбенты).

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	рН	Актив- ность по Брок- ману	Удель- ная по- верхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Средний диаметр пор, нм	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Зернище	
							меш	мкм
	Merck Kieselgel [Merck, ФРГ]							
1	40	5,5		650	4	0,65	35—70	200—500
2		5,5		650	4	0,65	70—230	63—200
3	60 (Merckogel Typ SI 50)*	7,0	II—III	500	6	0,75	35—70	200—500
4		7,0	II—III	500	6	0,75	70—230	63—200
5		7,0	II—III	500	6	0,75	230—400	40—63
6		7,0	II—III	500	6	0,75	—230	<63
7	60 reinst	7,0	II—III	500	6	0,75	70—230	63—200
8	60 F <sub>254</sub>	7,0	≈ III	500	6	0,75	70—230	63—200
9	60 silanisiert	7,0		500	6	0,75	70—230	63—200
10	100	7—7,5		400	10	1,0	35—70	200—500
11		7—7,5		400	10	1,0	70—230	63—200
	Geduran [Merck, ФРГ]							
12, 13	SI 40	5,5		650	4	0,65	} 35—70	} 200—500
14, 15	SI 60	7		500	6	0,75		
16, 17	SI 100	7—7,5		400	10	1,0		
	Kieselgel Woelm [Woelm, ФРГ]							
18	für die Adsorption	7	I				70—150	100—200
19	für die Trockensäulenchroma- tographie	7	III				70—230	63—200
20	für die Verteilung	7	V					32—100
21	Type 205	7					30—70	200—500
22	Type 204	7					70—230	63—200
23	Type 207	7					150—230	63—100
24	Type 206	7					230—400	32—63
25	Type 203	7					—230	<63
	MN-Kieselgel [MN, ФРГ]							
26	Standard	6,5—7,0	III		9	0,85	7—18	1000—3000
27		6,5—7,0	III		9	0,85	18—35	500—1000

28		6,5—7,0	III	9	0,85	35—70	200—500
29		6,5—7,0	III	9	0,85	70—130	100—200
30		6,5—7,0	III	9	0,85	70—270	50—200
31		6,5—7,0	III	9	0,85	+190	>80
32	HR	6,8—7,0		9	0,85	70—270	50—200
33	Kieselgel S [RDH, ФРГ] Kieselgel [Serva, ФРГ] SC rein						50—100
34							100—200
35							<40
36	nach Hirsch u. Ahrens reinst					—325	<40
37	Fluka Kieselsäure [Fluka, Швейцария]  Silica Gel Davison (Grace), Chromatographic Grade [Grace, США]					—100	<150
38	12			720—760	2,2	0,43	28—200
39	62			340	14	1,15	70—600
40	113					0,75	70—250
41	922					0,45	<63
42	923			700	2,2	0,40	200—325
43	950			700	2,5—2,7	0,40	100—200
44	800			700	2,5—2,7	0,40	70—150
45				500	5	0,43	60—200
46				500	5	0,43	70—250
47				500	5	0,43	35—70
48				500	5	0,43	200—500
49				500	5	0,43	70—120
50				500	5	0,43	125—200
				500	5	0,43	70—230
				500	5	0,43	60—200
				500	5	0,43	120—230
				500	5	0,43	60—125
				500	5	0,43	230—400
				500	5	0,43	40—60
				500	5	0,43	<60
				500	5	0,43	400—500
							27—37
51	Silicic Acid AR [MCW, США] Code 2844						
52	Code 2847 (100 mesh) SilicAR [MCW, США]						—100
53, 54	CC-4	4,0—5,5					<150 (90%)
55, 56	CC-7	6,5—7,2					100—200
							75—150 (80%)
							200—325
							45—75 (80%)

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	рН	Актив- ность по Брок- ману	Удель- ная по- верхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Средний диаметр пор, нм	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Зернение	
							меш	мкм
57	Bio-Sil [BRL, США]							
58	A						100—200	75—150
59	HA						200—325 —325	45—75 <44
60	Supelcosil [Sup, США]							
61	ATF 061			179			60—100	150—250
62	ATF 120			171			100—200	75—150
63	ATF 230			163			200—300	50—75
64	ATF 442						—400	<40
65	ATFS 061						60—100	150—250
66	ATFS 120						100—200	75—150
67	ATFS 230						200—300	50—75
68	ATFS 442						—400	<40
69	Fisher Silicic Acid A-945 [F, США]						—325	<44
70	Silica Gel [NBCo, США]						60—200 100—200	75—250 75—150
71	«Baker Analyzed» Silica Gel [Ba- ker, США]							
72	(No. 3404)						40—140	100—400
73	(No. 3405)						60—200	75—250
74	Whatman Silica Gel [W, Англия]							
73	SG 31	5,5—6,5			3,3	0,4—0,5	100—200	75—150
74	SG 33	5,5—6,5			3,3	0,4—0,5	28—200	75—550

75	SG 32	4,5—5,5		3,3	0,4—0,5	100—200	75—150 (90%)
76	SG 34	6,5—7,5		7,5		100—200	75—150
77	Silica Gel CT SO. col [RA, Англия]					80—200	75—200
78	Silica Gel [KLL, Англия]					50—100	150—300
79						100—200	75—150
80						200—300	50—75
81	Silicic Acid [KLL, Англия]	Кисл.				—325	<40
82	Silica Gel [BDH, Англия]					60—120	125—250
83	Silicic Acid [BDH, Англия]	Кисл.					
84	Silica Gel M. F. C. [H & W, Англия]	6,5—7,5		5	0,6	100—200	75—150
85	Actigel [R-Pr, Франция]						
86	Gel de silice RS [Erba, Италия]						50—200
	Silicagel L [LB, ЧССР]						
87	L 250/500	6—7	600—750	8	0,6—0,75		250—500
88	L 160/250	6—7	600—750	8	0,6—0,75		160—250
89	L 100/160	6—7	600—750	8	0,6—0,75		100—160
90	L 40/100	6—7	600—750	8	0,6—0,75		40—100
91	Silpearl [Kav, ЧССР]						
	Силикагели [СССР]						
92	КСМ № 5		715	3,2	0,58		
93	№ 6п		527	2,2	0,30		
94	№ 6с		624	2,3	0,36		
95	КСК № 2		338	14	1,19		
96	№ 2,5		376	10	0,97		

№ п/л	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	рН	Актив-ность по Брокману	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Средний диаметр пор, нм	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Зернение	
							меш	мкм
97	№ 3			522	7	0,93		
98	№ 4			650	5	0,76		
99, 100	Биохром 1, 2							

Примечания. 7. Очищенный сорт (см. разд. 17). 8. Силикагель с добавкой ФИ (254), относительная влажность 40%; предназначен для хроматографии методом «сухих колонок» (Loev B., Snader K. M., Chem. Ind. (London), 1965, No. 1, p. 15—16; Loev B., Goodman M. M., Ibid., 1967, No. 48, p. 2026—2032). См. также № 19 и 72. 9. Гидрофобный (силиконизированный) силикагель для хроматографии с обращенными фазами. 12—17. Для препаративных работ. 18—25. Насыпная плотность 0,4—0,5 г/см<sup>3</sup>. 18. Для адсорбционной хроматографии. 19. Для препаративной хроматографии методом «сухих колонок» (см. прим. к № 8). К сорбенту добавлено 0,5% неорганического ФИ (254). 20. Для распределительной хроматографии. Влажность сорбента 18—20%. 32. Высокоочищенный сорт (см. разд. 17). 36. Стандартизированный силикагель для хроматографии липидов по методу Хирша и Аренса (Hirsch J., Ahrens E. H., J. Biol. Chem., 1958, v. 233, No. 2, p. 311—320; Greip J. J., Chromatog. Revs., 1961, v. 3, p. 111—133). 38—50. Содержание примесей — см. разд. 17. 39. Рекомендуется для распределительной хроматографии. 40. Силикагель с добавкой 12% окиси алюминия. Рекомендуется для разделения стероидов, терпенов, алкалоидов, гликозидов и гетероциклических соединений. 42. Высокоочищенный сорт, для анализа углеводородов (сорбент отличается низким содержанием окислов металлов, которые вызывают полимеризацию олефинов). 51—56. Скорость фильтрации на нейтральных сорбентах № 55, 56 в 1,5—2 раза выше, чем на кислых сорбентах № 53, 54. Содержание примесей — см. разд. 17. 52. Стандартизированная кремневая кислота для хроматографии липидов по методу Рамсея и Паттерсона (Ramsey L. L., Patterson W. I., J. Ass. Off. Anal. Chem., 1948, v. 31, No. 1, p. 139—150). 57, 58. Высокоочищенная кремневая кислота (промыта метанолом и высушена под вакуумом). Пригодна для хроматографии по Рамсею и Паттерсону (см. прим. к № 52). 59. Стандартизированная кремневая кислота для хроматографии липидов по Хиршу и Аренсу (см. прим. к № 36). Сорбент приготовлен из материала марки № 57, 58, промывает метанолом и диэтиловым эфиром и высушен под вакуумом. 60—63. Кремневая кислота, приготовлена посредством интенсивного промывания флорисила кислотой; влажность 2—5%. Предназначена для хроматографии липидов (Cargill K. K., J. Lipid Res., 1961, v. 2, No. 2, p. 135—141). 64—67. Силиконизированные сорта сорбента № 60—63, предназначены для хроматографии с обращенными фазами. 69—70. Высокоочищенные сорта. 72. Для хроматографии методом «сухих колонок» (см. прим. к № 8). 73—75. Для адсорбционной хроматографии (№ 75 — высокоочищенный сорт, см. разд. 17). 76. Для распределительной хроматографии. 83. Рекомендуется для хроматографии липидов. 87—90. Влажность до 10%. 91. Широкопористый силикагель по Pitra. 92—94. Мелкопористые силикагели; влажность до 10%. 95—98. Крупнопористые силикагели; влажность до 5%. 99, 100. Силикагели, деактивированные щелочной обработкой. Предназначены для разделения лабильных биогенных веществ.



№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	pH	Средний диаметр пор, нм	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Форма зерен	Зернение, мкм
	<b>Silica Woelm [Woelm, ФРГ]</b>					
1	3	7	6	500—600	гр?	3—6
2	7	7	6	500—600	гр?	7—12
3	10	7	6	500—600	гр?	10—18
4	18	7	6	500—600	гр?	18—32
5	32	7	6	500—600	гр?	32—63
	<b>Merckosorb [Merck, ФРГ], LiChrosorb [EML, США]</b>					
6	SI 60 (Nr. 9388)	7	6	400—500	гр	5
7	(Nr. 9387)	7	6	400—500	гр	10
8	(Nr. 9389)	7	6	400—500	гр	20
9	(Nr. 10227)	7	6	400—500	гр	30
10	(Nr. 10228)	7	6	400—500	гр	40
	<b>RP-2 (SI 60 silanised)+</b>					
11	(Nr. 9306)				гр	5
12	(Nr. 9307)				гр	10
13	(Nr. 9310)				гр	30
14	SI 100 (Nr. 9308)	7—7,5	10	300—400	гр	5
15	(Nr. 9309)	7—7,5	10	300—400	гр	10
16	(Nr. 9397)	7—7,5	10	300—400	гр	30
	<b>LiChrospher [Merck, ФРГ; EML, США]</b>					
17	SI 100 (Nr. 9312)	7—7,5	10	250 (370)	мс	5, 10, 20
18	SI 500 (Nr. 9311)	7—7,5	50	50	мс	10
19	SI 1000 (Nr. 9313)	7—7,5	100	20	мс	10
20	SI 4000 (Nr. 9317)	7—7,5	400	6	мс	10
	<b>Nucleosil [MN, ФРГ]</b>					
21	50		5	500	мс	5, 10
22	100		10	300	мс	5, 10
	<b>Chromasep SL [Chr, США]</b>					
23		7	6	400	гр	5
24		7	6	400	гр	10
25		7	6	400	гр	20
	<b>MicroPak Si [VA, США]</b>					
26			6	400	гр	5
27			6	400	гр	10
	<b>Bio-Sil A [BRL, США]</b>					
28				>200 (400)	гр	2—10
29				>200 (400)	гр	20—44
30				>200 (400)	гр	37—44
	<b>[ASL, США]</b>					
31	HI-EFF Micropart			250	гр	5
32	Silica Gel			250	гр	10
33	HI-FLOSIL					75—250
34	HI-FLOSIL-Ag					75—250

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	pH	Средний диаметр пор, нм	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Форма зерен	Зернение, мкм
35	Sil-X-I (Sil-X) <sup>+</sup> [N/F, США]			300—400	гр	37—52
36	MWE-1 [N/F, США]		15			36—44
37	Silica A [P-E, США]			300—400	гр	8—18
38	Zorbax-SIL [duP, США]		4	250—350	мс	5—8
39	Vydac 101 TP Adsorbent [SG, США]		33	100	мс	10
40	μ Porasil [WA, США]			350—400	гр	8—12
	Spherosil [R-Pr, Франция]					
41	XOA-1000		3,5	850	мс	7
42	XOA-600		9	600	мс	7
43	XOA-400		8	400	мс	7
44	XOA-200		14	185	мс	7
45	XOB-030		36	100	мс	7
46	XOB-015		110	25	мс	7
47	XOA-600		9	600	мс	5
48			9	600	мс	10
49			9	600	мс	20
	Partisil [RA, Англия]					
50	5 (SLC-1) <sup>+</sup>		4—6	≥400	гр	5—9
51	10 (SLC-2) <sup>+</sup>		4—6	≥400	гр	9—15
52	20 (SLC-3) <sup>+</sup>		4—6	≥400	гр	13—22
	Spherisorb-S [Phase, Англия]					
53				200	мс	5
54				200	мс	10
55				200	мс	20

Примечания. 4, 5. Насыпная плотность 0,4 г/см<sup>3</sup>. 6—10. Удельный объем пор 0,75 см<sup>3</sup>/г. 11—13. Гидрофобные (силиконизированные) силикагели для распределительной хроматографии методом обращенных фаз. 14—16. Удельный объем пор 1,0 см<sup>3</sup>/г. 17—20. Удельный объем пор (в см<sup>3</sup>/г): 1,2 (№ 17), 0,8 (№ 18—20). 23—27. Идентичны сорбентам № 6—8. 34. Для разделения ненасыщенных соединений (сорбент импрегнирован 20% AgNO<sub>3</sub>). 35. Сорбент частично деактивирован. Растворители более полярные, чем метанол, не рекомендуются применять. 36. Сорбент с модифицированной поверхностью. 37. Сорбент промыт кислотой. 38. Удельный объем пор 0,8 см<sup>3</sup>/г. 50—52. Интервал зернения указан для 80% материала.

### 3. Силикагели для ТСХ

Среди применяемых в ТСХ сорбентов силикагель используют наиболее часто. Для приготовления пластин силикагель суспендируют в воде или в разбавленном спирте в соотношении 1 : 2 (масса/объем). На приготовление (накатку) 5 пластин формата 20×20 см с толщиной слоя 250 мкм расходуется 25—30 г сорбента. Слой толщиной 250 мкм в сухом состоянии образуется в том случае, если при накатке размер калиброванной щели аппликатора устанавливается 0,3 мм. Накатанные пластины высушивают на воздухе 0,5—2 ч, затем активируют 30—60 мин при 105—130 °С. На высушивание препаративных пластин со слоем 2 мм затрачивают 6—12 ч и столько же — на их активирование.

Некоторые из приведенных в данном разделе сорбентов предназначены для препаративно-слойной хроматографии (ПСХ) в слоях толщиной до 2 мм и больше (см. № 9—12, 17, 25, 54—57).

Гидрофобизированные силикагели, полученные обработкой силиконом (№ 5, 11, 80), предназначены для распределительной хроматографии с обращенными фазами (Pelick N. et al., J. Am. Oil Chem. Soc., 1965, v. 42, No. 5, p. 393—399).

Силикагели, импрегнированные нитратом серебра (№ 38, 73, 74, 78, 79), с успехом применяют для разделения липидов, эфиров жирных кислот, *цис*, *транс*-изомеров, веществ с различной степенью ненасыщенности (de Vries B., Chem. Ind. (London), 1962, No. 24, p. 1049—1050; Barrett C. B. et al., Ibid., p. 1050—1051; Morris L. J., Ibid., No. 27, p. 1238—1240; Idem, J. Lipid Res., 1966, v. 7, No. 6, p. 717—732).

Готовые пластины с силикагелем для ТСХ — см. разд. 133.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	pH	Связующее	Другие добавки	Зернение, мкм
	<b>Merck Kieselgel nach Stahl [Merck, ФРГ]</b>				
1	60 G	6,8—7,0	Гипс (13%)	Нет	10—40
2	60 GF <sub>254</sub>	6,8—7,0	Гипс (13%)	ФИ (254)	10—40
3	60 H	6,8—7,0	SiO <sub>2</sub>	Нет	10—40
4	60 HR reinst	6,8—7,0	SiO <sub>2</sub>	»	10—40
5	60 H silanisiert	6,8—7,0	SiO <sub>2</sub>	Силикон	10—40
6	60 HF <sub>254</sub>	6,8—7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	10—40
7	60 HF <sub>254+366</sub>	6,8—7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254 + 366)	10—40
8	60 HF <sub>254</sub> silanisiert	6,8—7,0	SiO <sub>2</sub>	Силикон, ФИ (254)	10—40
9	60 PF <sub>254</sub>	6,8—7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	10—40
10	60 PF <sub>254+366</sub>	6,8—7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254 + 366)	10—40
11	60 PF <sub>254</sub> silanisiert	6,8—7,0	SiO <sub>2</sub>	Силикон, ФИ (254)	10—40
12	60 PF <sub>254</sub> gipshaltig	6,8—7,0	Гипс (30%)	ФИ (254)	10—40
	<b>Kieselgel Woelm DC [Woelm, ФРГ]</b>				
13	DC	7	Нет	Нет	<30
14	F DC	7	»	ФИ (254)	<30
15	G DC	7	Гипс (13%)	Нет	<30
16	GF DC	7	Гипс (13%)	ФИ (254)	<30
17	GPF 254	7	Гипс	ФИ (254)	8—63
	<b>MN-Kieselgel [MN, ФРГ]</b>				
18	N	6,8	Нет	Нет	2—25
19	N/UV <sub>254</sub>	6,8	»	ФИ (254)	2—25
20	N/UV <sub>254+366</sub>	6,8	»	ФИ (254 + 366)	2—25
21	G	6,8	Гипс	Нет	2—25
22	G/UV <sub>254</sub>	6,8	»	ФИ (254)	2—25
23	S	6,8	Крахмал	Нет	2—25
24	S/UV <sub>254</sub>	6,8	»	ФИ (254)	2—25

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	pH	Связующее	Другие добавки	Зернист., мкм
25	P/UV <sub>254</sub> gipshal-tig	6,8	Гипс	ФИ (254)	2—25
26	N-HR	6,8	Нет	Нет	5—25
27	N-HR/UV <sub>254</sub>	6,8	»	ФИ (254)	5—25
28	G-HR	6,8	Гипс	Нет	5—25
29	G-HR/UV <sub>254</sub>	6,8	»	ФИ (254)	5—25
30	S-HR	6,8	Крахмал	Нет	5—25
31	S-HR/UV <sub>254</sub>	6,8	»	ФИ (254)	5—25
	<b>Kieselgel [RDH, ФРГ]</b>				
32	D		Нет	Нет	
33	DF		»	ФИ (254)	
34	DG		Гипс (13%)	Нет	
35	DGF		Гипс (13%)	ФИ (254)	
	<b>Kieselgel [Serva, ФРГ]</b>				
36	A-2 TLC p. A.		Нет	Нет	
37	G reinst		Гипс (10%)	»	<30
38	AgNO <sub>3</sub> -TLC p. A. (Silberkiesel-gel-TLC)		Нет	25% AgNO <sub>3</sub>	
	<b>Selecta Kieselgel [S &amp; S, ФРГ]</b>				
39	150		Нет	Нет	<40
40	150/LS 254		»	ФИ (254)	<40
41	150 G		Гипс (12%)	Нет	<40
42	150 G/LS 254		Гипс (12%)	ФИ (254)	<40
43	150 S		Крахмал (3%)	Нет	<40
44	150 S/LS 254		То же	ФИ (254)	<40
45	Supergel [Agfa, ФРГ]		~		<70
	<b>Fluka Kieselgel [Fluka, Швейцария]</b>				
46	H		Нет	Нет	
47	HF <sub>254</sub>		»	ФИ (254)	
48	G		Гипс (13%)	Нет	
49	GF <sub>254</sub>		Гипс (13%)	ФИ (254)	
	<b>Camag Kieselgel [CAMAG, Швейцария]</b>				
50	D-0		Нет	Нет	
51	DF-0 <sub>1</sub>		»	ФИ (254)	
52	D-5		Гипс (5%)	Нет	
53	DF-5		Гипс (5%)	ФИ (254)	
54	DS-0		Нет	Нет	
55	DSF-0		»	ФИ (254)	
56	DS-5		Гипс (5%)	Нет	
57	DSF-5		Гипс (5%)	ФИ (254)	
	<b>SilicAR [MCW, США]</b>				
58	TLC-4	4,0—5,5	Нет	Нет	
59	TLC-4 F	4,0—5,5	»	6% ФИ (254)	

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	рН	Связующее	Другие добавки	Зернение, мкм
60	TLC-4 G	4,0—5,5	Гипс (15%)	Нет	
61	TLC-4 GF	4,0—5,5	Гипс (14%)	6% ФИ (254)	
62	TLC-7	6,5—7,2	Нет	Нет	
63	TLC-7 F	6,5—7,2	»	6% ФИ (254)	
64	TLC-7 G	6,5—7,2	Гипс (15%)	Нет	
65	TLC-7 GF	6,5—7,2	Гипс (14%)	6% ФИ (254)	
66	TLC-7 GF-5	6,5—7,2	Гипс	6% ФИ (254)	
	Adsorbosil [ASL, США]				
67	1		Гипс (10%)	Нет	10—20
68	1-P		Крахмал	ФИ (254)	10—20
69	2		Нет	Нет	10—20
70	2-P		»	ФИ (254)	10—20
71	5	6,8—7,0	»	Нет	
72	5-P	6,8—7,0	»	ФИ (254)	
73	5-ADN		»	20% AgNO <sub>3</sub>	
74	Silica Gel H-ADN [ASL, США]		»	20% AgNO <sub>3</sub>	10—40
	Supelcosil [Sup, США]				
75	12A	7,0	Нет	Нет	5—30
76	12B	7,0	Гипс	»	10—40
77	12C	7,0	»	ФИ	10—40
78	12D	7,0	SiO <sub>2</sub>	15% AgNO <sub>3</sub>	5—30
79	12E		Гипс (10%)	25% AgNO <sub>3</sub>	
80	13A			DMCS	
81	42A	7,2	Нет	Силикат магния (10%)	5—30
82	Aflasil	7,4—7,6	Гипс		10—40
83	Bio-Sil A [BRL, США]		Нет	Нет	2—10
	«Baker TLC» Silica Gel [Baker, США]				
84	7	7—8	Нет	Нет	<40 (95%)
85	7G	6—7	Гипс (13%)	»	<40 (85%)
86	7G/HR	6—7	Гипс (13%)	»	
87	7GF	6—7	Гипс (13%)	4% ФИ (254 + 366)	<40 (85%)
88	7GF/HR	6—7	Гипс (13%)	То же	
	Anasil [Ana, США]				
89	H		Нет	Нет	
90	HF		»	ФИ (254)	
91	G		Гипс (13%)	Нет	
92	GF		Гипс (13%)	ФИ (254)	
93	S		Нет	MgO	
94	B		Гипс (10%)	MgO	
95	Mannal-TLC-Silica Gel [S/M, США]		Нет		

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	pH	Связующее	Другие добавки	Зернение, мкм
96	Whatman Silica Gel [W, Англия]	6,5—7,5	Нет	Нет	5—20
97	SG 41		Гипс (10%)	»	5—20
	SG 42				
	Silica Gel CT [RA, Англия]				
98	SO. TLC		Нет	Нет	<50 (99,5%)
99	SOF. TLC		»	ФИ (254)	<50 (99,5%)
100	S13. TLC		Гипс (13%)	Нет	<50 (99,5%)
101	S13F. TLC		Гипс (13%)	ФИ (254)	<50 (99,5%)
102	Silica Gel [BDH, Англия]		Гипс (13%)	Нет	
103	Chromaluy Silica Gel [M & B, Англия]		Гипс (13%)	»	
104	Silica Gel M. F. C. [H & W, Англия]		6,5—7,5	Нет	»
105	Silica Gel S preparation M. F. C. [H & W, Англия]		Гипс	»	
106	Gel de silice composé RS [Erba, Италия]				
	Silicagel L [LB, ЧССР]				
107	L 5/40		Нет	Нет	5—40
108	LL <sub>254</sub> 5/40		»	ФИ (254)	5—40
109	LS 5/40		Гипс (13%)	Нет	5—40
110	LSL <sub>254</sub> 5/40		Гипс (13%)	ФИ (254)	5—40
111	Silpearl [Kav, ЧССР]				
112	Wakogel [Wako, Япония]				

Примечания. 3—11. Связующее, по-видимому, типа аэросила. 4. Высокоочищенный сорт (см. разд. 17). 9—11. Для ПСХ в слоях толщиной до 1,5—2 мм. 12. Для ПСХ в слоях толщиной до 5—10 мм. В присутствии 30% гипса емкость сорбента снижена приблизительно вдвое. 13—16. Удельная поверхность по БЭТ 545 м<sup>2</sup>/г. Время впитывания бензола на высоту 10 см — 15 мин. 17. Для ПСХ. Время капиллярного поднятия бензола на 10 см — 25 мин, воды — 35 мин. 25. Для ПСХ. 26—31. Высокоочищенные сорта (см. разд. 17). 40, 42, 44. ФИ — сульфид цинка. 54—57. Сорбент несколько более крупного зернения и с повышенной скоростью впитывания растворителя; рекомендуется для ПСХ в слоях толщиной 2 мм и выше. 58—66. Высокоочищенные силикагели (см. разд. 17). ФИ — галогенопатитовый, без примесей органических веществ. 67—74. Высокоочищенные силикагели (см. разд. 17). ФИ — силикат цинка. 69, 70. Удельная поверхность по БЭТ 340 м<sup>2</sup>/г. 71, 72. Сорбент с высокой адгезионной способностью. 81. Для хроматографии нейтральных и полярных липидов. 82. Стандартизован для анализа афлатоксинов. 84—88. Содержание примесей — см. разд. 17. ФИ — сульфид цинка и кадмия. 89—95. Высокоочищенные сорбенты. 96, 97. Средний диаметр пор 5 нм, удельный объем пор 0,6 см<sup>3</sup>/г. 98—101. Средний размер зерен 11—14 мкм. 104. Идентичен № 96. 107—110. Удельная поверхность по БЭТ 600—750 м<sup>2</sup>/г, средний диаметр пор 0,6—0,75 см<sup>3</sup>/г. 111. Широкопористый силикагель приготовлен по Pitra.

#### 4. Силикагели для газовой хроматографии

В газо-адсорбционной хроматографии (ГАХ) применяют главным образом узкопористые силикагели с высокоразвитой поверхностью. Активирование сорбента производят при 150—200 (до 300 °С) в течение нескольких часов.

Хорошие результаты получают при разделении на силикагелях легких газов. Последовательность выхода газов из колонки следующая:  $H_2$  — воздух —  $CO$  —  $CH_4$  —  $C_2H_6$  —  $CO_2$  —  $C_2H_4$  —  $C_3H_8$  —  $C_2H_2$  — циклопропан  $C_3H_6$  — пропилен  $C_3H_6$  — аллен  $C_3H_4$ , изобутан  $C_4H_{10}$  — *n*-бутан  $C_4H_{10}$  — метилциклопропан  $C_4H_8$  — 1-бутилен  $C_4H_8$  — *трет*-бутилен — *изо*-бутилен — бутадиен  $C_4H_6$ , *цис*-бутилен — метилацетилен  $C_3H_4$  — диацетилен  $C_4H_2$  — винилацетилен  $C_4H_4$  (Horn O. et al., Brennstoff-Chemie, 1957, Bd. 38, Nr. 7/8, S. 116—120; Greene S. A., Pust H., Anal. Chem., 1957, v. 29, No. 7, p. 1055—1056). Азотсодержащие газы выходят в порядке  $N_2$ — $NO$ — $NF_3$ — $N_2O$ . Для разделения S-содержащих газов предложено использовать частично деактивированный силикагель, который назван Deactigel (Thornsberry W. L., Anal. Chem., 1971, v. 43, No. 3, p. 452—453). Хроматограмма имеет вид: воздух —  $CO_2$ — $COS$ — $H_2S$ — $CS_2$ — $SO_2$ .

В отдельных случаях деактивированный силикагель (см. № 28, 44) предлагается использовать в качестве носителя неподвижных жидких фаз.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Средний диаметр пор, нм	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Зернение	
				меш	мкм
	G. C. Grade Silica Gel [CEL, США]				
1	Davison Grade 08		750	30—60	250—600
2			750	42—60	250—400
3			750	60—80	180—250
4			750	80—100	150—180
5			750	100—120	125—150
6	Davison Grade 12	2,2	720—760	42—60	250—400
7		2,2	720—760	60—80	180—250
8		2,2	720—760	80—100	150—180
9		2,2	720—760	100—120	125—150
10	Deactigel [ASL, США]			45—60	250—350
11				60—80	180—250
12				80—100	150—180
13				100—120	125—150
14	Chromosil 310 [Sup, США]				
15	Anasorb Silica Gel [Ana, США]			40—50	300—420
16				50—60	250—300
17				60—70	210—250
18				70—80	180—210
19				80—90	160—180
20				90—100	150—160
21				100—110	140—150
22				110—120	125—140
23				120—130	115—125
24				130—140	105—115

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Средний диаметр пор, нм	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Зернище			
				меш	мкм		
25	Silica Gel [P-E, США]			30—60	250—600		
26				60—80	180—250		
27				80—100	150—180		
28	Silica Gel to be coated [P-E, США]			60—80	180—250		
29	Silica Gel [H-P, США]			30—60	250—600		
30, 31				Silica Gel [Bur, США]			
32	Silica Gel Special [Phase, Англия]			30—60	250—500		
33				60—80	200—250		
34				80—100	150—200		
35				100—120	125—150		
36	Kieselgel GC reinst [Serva, ФРГ]			80—100	150—180		
37	Silikagel [BD, Нидерланды]	2,1	800	30—70	200—600		
38				engporiges weitporiges	11,5	350	30—50
39	Gel de silice [Erba, Италия]			60—80	180—250		
40	Silica Gel [Shi, Япония]			40—70	210—420		
41				S-1 S-2			60—80
42	Силикагели [СССР]	12	346		150—600		
43				C-3 C-4	3,5	540	150—600
44				MC-H			

Примечания. 1—5. Удельный объем пор 0,40 см<sup>3</sup>/г. 6—9. Удельный объем пор 0,43 см<sup>3</sup>/г. 10—13. Очищенный и частично деактивированный силикагель, приготовлен из материала № 6—9 обработкой хромовой кислотой. Рекомендован для анализа S-содержащих газов. 14. По-видимому, то же, что и № 10—13. 28. Носитель для ГЖХ. 30, 31. Два сорта, с высокой и средней активностью. 42, 43. Тонкопористый микросферический силикагель. Предельная температура использования 400—500 °С. 44. Микросферический носитель для ГЖХ.

## 5. Окись алюминия для КЖХ

Окись алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — полярный сорбент с удельной поверхностью 100—300 м<sup>2</sup>/г. Активированная, т. е. обезвоженная, окись алюминия является энергичным молекулярным сорбентом с электроноакцепторными сорбционными центрами. Элюотропный ряд растворителей для адсорбционной хроматографии на окиси алюминия приведен в разд. 162. В водных растворах окись алюминия проявляет свойства катионообменника (основная окись алюминия) или анионообменника (кислая окись алюминия). Последнюю получают обработкой основной окиси алюминия кислотой, например 1 н. HNO<sub>3</sub>, с последующим отмыванием избытка кислоты водой. В некоторых случаях окись алюминия использовали как носитель для распределительной хроматографии.



Предполагается, что потенциальные возможности окиси алюминия в значительной степени недооценены. Хотя этот сорбент используют гораздо реже, чем силикагель, многие вещества разделяются на нем намного лучше. Полнее, чем на силикагеле, разделяются вещества, которые различаются только по степени ненасыщенности, и ароматические углеводороды.

Недостатком окиси алюминия является сравнительно высокая (по сравнению с силикагелем) каталитическая активность и плохая (также по сравнению с силикагелем) фильтрационная способность.

Окись алюминия особенно эффективна при разделениях неполярных веществ в неводных средах: полициклических и других углеводородов, жирорастворимых витаминов, ароматических альдегидов и кетонов, фенолов, ненасыщенных соединений, стероидов, жиров, масел, растительных пигментов, красителей, пластификаторов, токсинов. Окись алюминия применяют также для разделения в водных средах аминов, амидов, основных аминокислот, алкалоидов, основных красителей, неорганических катионов (на основной окиси алюминия); кислых аминокислот, органических кислот, кислых красителей и неорганических анионов (на кислой окиси алюминия).

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	рН	Актив-ность по Брокману	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Зернение	
					меш	мкм
	<b>Merck Aluminiumoxid [Merck, ФРГ]</b>					
1	60 aktiv basisch (Typ E)	9—10	I	180—200	100—325	40—150
2	90 aktiv basisch	9—10	I	100—130	100—325	40—150
3	90 aktiv neutral	7—8	I	100—130	100—325	40—150
4	90 aktiv sauer	3,5—4,5	I	100—130	100—325	40—150
5	90 nach Brockman	9—10	II—III	100—130	100—325	40—150
6	150 basisch	9	I—II	70	70—230	63—200
	<b>Aluminiumoxid Woelm [Woelm, ФРГ]</b>					
7	basisch	10	I		70—290	50—200
8	neutral	7,5	I		70—290	50—200
9	sauer	4,5	I		70—290	50—200
10	nach Brockman	10	II—III		70—290	50—200
11	W 200 basisch	10	Super I	200	70—290	50—200
12	W 200 neutral	7,5	Super I	200	70—290	50—200
13	W 200 sauer	4,5	Super I	200	70—290	50—200
14	für die Trockensäulenchromatographie	7	III		70—150	100—200
	<b>Aluminiumoxid [MN, ФРГ]</b>					
15	basisch	9,2—9,8	I	155		40—200 (92%)
16	neutral	6,5—7,5	I	155		40—200 (92%)
17	sauer	4,2—4,8	I	155		40—200 (92%)

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	рН	Актив-ность по Брокману	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Зернение	
					меш	мкм
18	Aluminiumoxid S [RDH, ФРГ] S basisch aktiv	9—10	I			<60 (25%)
19	S neutral aktiv	6,5—7,5	I			<60 (25%)
20	S sauer aktiv	4—5	I			<60 (25%)
21	S standardisiert	8,5—9,5	II			
22	Aluminium Oxide [Serva, ФРГ] basic	10	I			80—110 (90%)
23	neutral	7	II			80—110 (90%)
24	acidic	4	I			80—110 (90%)
25	Aluminiumoxid [TS, ФРГ] AL 328	Кисл.	I			
26	AL 329	Нейтр.	I			
27	AL 330	Осн.	I			
28	Aluminiumoxid Fluka [Fluka, Швейцария] 504 C	4,2—4,8	I			
29	506 C	5,5—6,5	I			
30	507 C	6,5—7,5	I			
31	5016 A	9,3—9,7	I			
32	Aluminiumoxid Camag [CAMAG, Швейцария]	9,5	I		100—240	60—150
33		9,5	II		100—240	60—150
34		9,5	III		100—240	60—150
35		10	I		100—240	60—150
36		7	I		100—240	60—150
37		6	I		100—240	60—150
38		4,5	I		100—240	60—150
39	Fisher [F, США] A-540				80—200	70—180
40	A-941	10—10,5	I		80—200	70—180
41	A-948	3,5—4,5	I		80—200	70—180
42	A-950	6,9—7,1	I		80—200	70—180
43	Alupharm [APC, США] basic	10	I			
44	neutral	7,5	I			
45	acid	4	I			

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	рН	Актив- ность по Брок- ману	Удель- ная по- верхность по ВЭТ, м <sup>2</sup> /г	Зернище	
					меш	мкм
46	Alumina AG [BRL, США] AG 10	10,0— 10,5	I		100—200	75—150
47	AG 7	6,9—7,1	I		100—200	75—150
48	AG 4	3,5—4,5	I		100—200	75—150
	«Baker Analyzed» Alu- minium Oxide [Ba- ker, США]					
49	Basic	9,5—10,5	I			
50	Neutral	6—8	I			
51	Acid	3—5	I			
52	Mannal Neutral Alu- mina [S/M, США]	Нейтр.				
53	Alumina SP [Sup, США]				100—200	75—150
54	AluminAR CC-10 Gra- de 4 [MCW, США]	9,3—10,7			100—200	75—150 (70—90%)
55	Alcoa F-20 [Alc, США]					
	Aluminium Oxide Ac- tive [BDH, Англия]					
56	basic	Осн.	I			
57	neutral	Нейтр.	I			
58	acidic	Кисл.	I			
59	$\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		II			
60	Alumina CT All O. col [RA, Англия]	11			80—200	75—200
61	Aluminium oxide H [KLL, Англия]		I		100—200	75—150
	Alumina chromato- graphique [R-Pr, Франция]					
62—64	CVT }					500—1000
65—67	CBL }					200—600 <50 (≥90%)
	Aluminium Oxide RS [Erba, Италия]					
68	basique RS	Осн.				
69	acide RS	Кисл.				
70	exempt d'alcalis RS					
	Aluminiumoxid [G-D, ГДР]					
71	alkalisch	9,5	I			

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	рН	Активность по Брокману	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Зернение	
					меш	мкм
72	neutral	7,5	I			
73	sauer	4,5	I			
74	nach Brockman	7,5	II—III			
75	Aluminium oxide for chromatography [POCh, ПНР] Оксид алюминия [СССР]					
76	«Для хроматографии»	6,8—7,0	I			
77	» »	6,8—7,0	II			
78	«Безводная»		I			

**Примечания.** 1—6. Средний диаметр пор (в нм): 6 (№ 1), 9 (№ 2—5), 15 (№ 6). Содержание примесей — см. разд. 18. 7—14. Насыпная плотность 0,9 г/см<sup>3</sup>, содержание примесей — см. разд. 18. 7. Емкость поглощения метилового голубого 35 мкмоль/г. 8. Данный сорбент характеризуется микронейтральностью, т. е. полным отсутствием ионогенных групп, в отличие от нейтральных оксидов алюминия других фирм, которые производят макронейтральные сорбенты простым смешением кислого и основного продуктов. Микронейтральная окись алюминия не поглощает ни кислых, ни основных веществ и отличается минимальной каталитической активностью. 9. Емкость поглощения Оранжевого ГГ 100 мкмоль/г. 11—13. Строго стандартизированные сорбенты с повышенной активностью. При добавлении к сорбенту 1% воды его активность соответствует активности I по Брокману. 12. См. прим. к № 8. 14. Для препаративной хроматографии методом «сухих колонок» (L o e v B., S p a d e r K. M., Chem. Ind. (London), 1965, No. 1, p. 15—16; L o e v B., G o o d m a n M. M., Ibid., 1967, No. 48, p. 2026—2032). К сорбенту добавлен неорганический ФИ (254) в количестве 0,5%. 46—48, 54. Высокоочищенные сорбенты. 62—64. Технические сорта. 65—67. Для лабораторного использования. 70. Сорбент с низким содержанием натрия. 78. Содержание примесей — см. разд. 18.

## 6. Микрозернистая окись алюминия для ВСЖХ (см. предисловие к разд. 2)

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	рН	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Форма зерна	Зернение, мкм
	Alumina Woelm [Woelm, ФРГ]				
1	N-3	7,5	200	гр	3—6
2	N-7	7,5	200	гр	7—12
3	N-10	7,5	200	гр	10—18
4	N-18	7,5	200	гр	18—30
5	A-18	4,5	200	гр	18—30
6	B-18	10	200	гр	18—30

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	pH	Удельная поверх- ность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Форма зерна	Зернение, мкм
7	Merckosorb [Merck, ФРГ]; LiChro- sorb [EML, США]				
8	Alox T (№г. 9300)	9	70—90	гр	5
9	(№г. 9301)	9	70—90	гр	10
	(№г. 9302)	9	70—90	гр	30
10	MicroPak Al [VA, США]		70—90	гр	5
11			70—90	гр	10
	Chromasep [Chr, США]				
12	PAA	9	70—90	гр	5
13		9	70—90	гр	10
14	AA	Кисл.		гр	37
15	AB	Осн.		гр	37
16	AN	Нейтр.		гр	37
17	HI-EFF Micropart Alumina [ASL, США]			гр	5
18				гр	10
19	Alumina AG 7 37—44μ [BRL, США]	6,9—7,1	>200	гр	37—44
20	Spherisorb-Al [Phase, Англия]		95	мс	5
21			95	мс	10
22			95	мс	20

Примечания. 1—3. Сорбенты не активированы. 4—6. Активность «супер-1» (при добавлении 1% воды соответствует активности I по Брокману), средний диаметр пор 6 нм, насыпная плотность 0,9 г/см<sup>3</sup>. 7—9. Средний диаметр пор 15 нм, удельный объем пор 0,27 см<sup>3</sup>/г. 10—13. Идентичны сорбентам № 7, 8.

## 7. Окись алюминия для ТСХ

Приготовление и активирование пластин со слоем окиси алюминия проводят так же, как пластин с силикагелем, — см. разд. 3. На получение 5 пластин форматом 20×20 см (со слоем толщиной 250 мкм в сухом состоянии) расходуется 30—35 г сорбента. Это количество сорбента суспендируют приблизительно в 40 мл воды или разбавленного спирта.

Готовые пластины для ТСХ со слоем окиси алюминия — см. разд. 134.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	pH	Связующее	Другие добавки	Зернение, мкм
1	Merck Aluminiumoxid [Merck, ФРГ] G (Тур 60/Е)	7,5	Гипс (9—10%)	Нет	10—40
2	GF <sub>254</sub> (Тур 60/Е)	7,5	То же	ФИ (254)	10—40
3	H basisch (Тур 60/Е)	9	SiO <sub>2</sub>	Нет	10—40

№ п/п	Марки сорбентов фирма-изготовитель	pH	Связующее	Другие добавки	Зернистые, мкм
4	HF <sub>254</sub> basisch (Тип 60/E)	9	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	10—40
5	60 PF <sub>254</sub> (Тип E)	9	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ФИ (254)	10—40
6	60 PF <sub>254+366</sub> (Тип E)	9	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ФИ (254 + 366)	10—40
7	150 basisch (Тип T)	9	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Нет	10—40
8	150 neutral (Тип T)	7,5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	»	10—40
9	150 sauer (Тип T)	4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	»	10—40
10	150 PF <sub>254</sub> (Тип T)	4	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	10—40
11	150 PF <sub>254+366</sub> (Тип T)	4	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254 + 366)	10—40
<b>Aluminiumoxid Woelm [Woelm, ФРГ]</b>					
12	basisch DC	9	Нет	Нет	<30
13	neutral DC	7,5	»	»	<30
14	sauer DC	4	»	»	<30
15	G DC		Гипс (~10%)	»	<30
<b>Aluminiumoxid [MN, ФРГ]</b>					
16	N	9,5	Нет	»	<60
17	N/UV <sub>254</sub>	9,5	»	ФИ (254)	<60
18	G	7—8	Гипс	Нет	<60
19	G/UV <sub>254</sub>	7—8	»	ФИ (254)	<60
<b>Aluminiumoxid [RDH, ФРГ]</b>					
20	D		Нет	Нет	
21	DF		»	ФИ (254)	
22	DG		Гипс (10%)	Нет	
23	DGF		»	ФИ (254)	
24	Aluminiumoxid DC [Serva, ФРГ]		Нет	Нет	
<b>Aluminiumoxid Fluka [Fluka, Швейцария]</b>					
25	H		»	»	
26	HF <sub>254</sub>		»	ФИ (254)	
27	G		Гипс (~10%)	Нет	
28	GF <sub>254</sub>		Гипс (~10%)	ФИ (254)	
<b>Aluminiumoxid Camag [CAMAG, Швейцария]</b>					
29	DS-0	9,3—9,7	Нет	Нет	
30	DSF-0	9,3—9,7	»	ФИ (254)	
31	DS-5	9,3—9,7	Гипс (5%)	Нет	
32	DSF-5	9,3—9,7	Гипс (5%)	ФИ (254)	
33	«Baker TLC» Aluminium Oxide [Baker, США]	9	Нет	ФИ (254 + 366) (~4%)	<15 (90%)

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	pH	Связующее	Другие добавки	Зернение, мкм
34	Aluminium Oxide [ASL, США]	9,0—9,5	Нет	Нет	<40
35	HA GA	9,0—9,5	Гипс (10%)	»	<40
36	Mannal TLC-Alumina [S/M, США]				
37	-Basic	Осн.	Нет	»	
38	-Neutral	Нейтр.	»	»	
38	-Acid	Кисл.	»	»	
39	Aluminium Oxide [BDH, Англия]				
40			»	»	
41	Alumina CT A11 0. TLC [RA, Англия]	11	Гипс (15%)	»	
42	Chromalay Aluminium Oxide [M & B, Англия]				
43	Aluminium Oxide M. F. C. [H & W, Англия]		Нет	»	
44	Aluminium Oxide composé R [Erba, Италия]				

Примечания. 1—11. Средний диаметр пор сорбента 6 нм (№ 1—6) или 15 нм (№ 7—11), удельная поверхность по БЭТ соответственно 180—200 и 70 м<sup>2</sup>/г. ФИ — неорганический (254) и органический (366). Содержание примесей — см. разд. 18. Мелкодисперсные связующие составов № 3—11, в отличие от гипса, не затвердевают до высушивания пластин, поэтому такие сорбенты можно сохранять в виде суспензии. Смеси № 5, 6 и 10, 11 предназначены для ПСХ в слоях до 1,5—2 мм. Пластины на основе сорбентов типа Т (№ 7—11) нельзя проявлять с помощью нитрата серебра. 17, 19. ФИ — силикат цинка. 33. ФИ — сульфид цинка и кадмия. Содержание примесей — см. разд. 18.

## 8. Окись алюминия для газовой хроматографии

В газовой хроматографии окись алюминия, как и силикагель (см. разд. 4), применяют для разделения легких газов. Последовательность выхода из колонки следующая: Н<sub>2</sub>—N<sub>2</sub>—СО—СН<sub>4</sub>—С<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>—С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>—С<sub>3</sub>Н<sub>8</sub>—С<sub>3</sub>Н<sub>6</sub>—С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub> — *изо*-С<sub>4</sub>Н<sub>10</sub> — *н*-С<sub>4</sub>Н<sub>10</sub>—С<sub>4</sub>Н<sub>8</sub>—С<sub>4</sub>Н<sub>6</sub> (Greene S. A., Pust H., Anal. Chem., 1957, v. 29, No. 7, p. 1055—1056). Активирование окиси алюминия для газовой хроматографии проводят при 180—350 °С в течение нескольких часов. Обработка щелочью снижает каталитическую активность и улучшает обратимость адсорбции на сорбенте.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Тип	Зернение	
			меш	мкм
1	Aluminiumoxid Woelm [Woelm, ФРГ]	А	70—110	140—200
2	GSC-120 GSC-121	ДА	70—110	140—200

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Тип	Зернение	
			меш	мкм
3	Aluminiumhydroxid [TS, ФРГ]	А		60—100 100—125 100—150 125—150
4, 5	Activated Alumina Alcoa F-1, H-151 [CEL, США]	А	42—60 60—80 80—100	250—400 180—250 150—180
6, 7	Anasorb Activated Alumina F-1, H-151 [Ana, США]	А	40—50 50—60 60—70 70—80 80—90 90—100 100—110 110—120 120—130 130—140	300—420 250—300 210—250 180—210 160—180 150—160 140—150 125—140 115—125 105—115
8	Alumina [H-P, США] Activated	А	30—60	250—600
9	NaOH treated	ДА	30—60	250—600
10	Activated Alumina [P-E, США]	А	60—80 100—120	180—250 125—150
11	Baymal [duP, США]		Коллоидальная	
12	Special Alumina for GLC [Phase, Англия]	ДА?	60—85 85—100 100—120 120—150 150—200 —200	180—250 150—180 125—150 105—125 80—105 <80
13	Alumine modifiée Girdel [GIR, Франция]		60—80	180—250
14	Activated Alumina [Erba, Италия]	А	40—100	150—400
15	Aluminiumoxid [BD, Нидерланды]	А	45—100	150—350
16	Activated Alumina [Shi, Япония] A-1	А	30—60	250—600
17	A-2	А	60—80	180—250
18	Окись алюминия [СССР] АГ-57	ДА		

Примечания. Тип окиси алюминия: А — активированная, ДА — деактивированная. 11. Бемит (Al(OH)<sub>3</sub>) для ГЖХ. Удельная поверхность по БЭТ 275 м<sup>2</sup>/г. Наносят на твердый носитель из суспензии в толуоле. Предельная рабочая температура 300 °С. 18. Используют в хроматографе ХТ-2М.



## 9. Силикаты магния

По хроматографическим свойствам силикаты магния близки к силикагелям (см. разд. 1). Применяют их для разделения липидов, гликозидов, ацетилированных сахаров, азотсодержащих веществ, алкалоидов, нуклеотидов, углеводов, терпенов, стероидов, витаминов, пестицидов, канцерогенных веществ и др. Наибольшую популярность приобрел флорисил — силикат магния со сравнительно низким содержанием окиси магния. Элюотропный ряд растворителей для адсорбционной хроматографии на флорисиле дан в разд. 166.

Лит.: Florisil. Properties, applications, bibliography. Pittsburgh, Floridin Co., 1972, 56 p.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Соотношение MgO : SiO <sub>2</sub>	рН	Назначение	Зернение	
					меш	мкм
1	Florisil [FC, США]	1 : 5,4	8,5	КЖХ	16—30 30—60 60—100 100—200 —100	600—1200 250—600 150—250 75—150 <200
2	Florisil prewashed [FC, США]	1 : 5,4	8,5	КЖХ	200—300	50—75
3	Florisil TLC [FC, США]	1 : 5,4	8,5	ТСХ		
4	Florisil PR [ASL, США]	1 : 5,4	8,5	КЖХ	60—100	150—250
5	Anasorb Florisil [Ana, США]	1 : 5,4	8,5	ГАХ	40—50 50—60 60—70 70—80 80—90 90—100 100—110 110—120 120—130 130—140	300—420 250—300 210—250 180—210 160—180 150—160 140—150 125—150 115—125 105—115
6	Supelcosil 41A [Sup, США]	1 : 5,4	8,5	ТСХ		
7	Britesorb 90 chr. grade [PQ, США]	1 : 2,5	10,2	ТСХ		30
8	Talc [Baker, США]	3 : 4		ТСХ		
9	Magnesol [FMC, США]	2 : 3		КЖХ		
10	Celkate [J-M, США]					
	Magnesiumsilikat Woelm [Woelm, ФРГ]					
11		2 : 3	9	КЖХ	50—150	100—300
12	DC	2 : 3	10	ТСХ	—400	<30
13	Magnesium silicate [Merck, ФРГ]	2 : 3		КЖХ		

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Соотношение MgO : SiO <sub>2</sub>	рН	Назначение	Зернение	
					меш	мкм
14	di-Magnesium trisilicate M. F. C. [H & W, Англия]	2 : 3		КЖХ	300	≈ 50

Примечания. 1—3. Удельная поверхность по БЭТ ≈ 300 м<sup>2</sup>/г, порозность 0,56 см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>, средний диаметр пор 6,2 нм, константа ионизации поверхности  $pK \approx 1,5$ . Содержат примесь 0,5—1% сульфата натрия. Сорбенты активированы при температуре 650 или 260 °С. № 2 — очищенный сорт. 4. Стандартизированный сорт для выделения остатков хлорированных пестицидов (J. Ass. Off. Anal. Chem., 1966, v. 49, No. 1, p. 223). 7. Гидратированный аморфный сорбент, удельная поверхность 60 м<sup>2</sup>/г, влажность 13%. Содержание примесей — натрий 1%, сульфат <0,4%, потери от прокаливания 23%. Насыпная плотность 0,56 г/см<sup>3</sup>. 9, 10. Гидратированные сорбенты. 11. Активность I по Брокману. Содержание водорастворимых веществ не более 0,2%. Насыпная плотность 0,3 г/см<sup>3</sup>. 12. Рекомендация для приготовления пластин для ТСХ: на 5 пластин формата 20×20 см со слоем толщиной 0,3 мм суспендировать 15 г сорбента в 45 мл воды или 75 мл разбавленного (9 : 1) этанола. Активировать пластины 30 мин при 130 °С. 13, 14. Гидратированные сорбенты.

## 10. Порошки пористого стекла

Адсорбционная способность пористого стекла вызвана имеющимися на поверхности силанольными группами  $\text{>Si-OH}$ , которые способны образовывать водородные связи с веществами, содержащими электронодонорные функциональные группы. В водных растворах стекла проявляют катионообменные свойства. Пористые стекла, приведенные в данном разделе, используют в основном для ТСХ. Хорошие результаты получены при разделении кислых ненасыщенных и нейтральных соединений (Kraus et al., Anal. Chem., 1964, v. 36, No. 12, p. 2379—2380). Показана также высокая разделительная способность пористых стекол при использовании их в качестве сорбента для ГАХ (Деметьева М. И. и др., ЖФХ, 1962, т. 36, № 1, с. 228—229; Жданов С. П. и др., Там же, № 5, с. 1118—1120; Добычин Д. П. и др., ЖПХ, 1962, т. 35, № 6, с. 1246—1253).

Готовые пластины для ТСХ со слоем пористого стекла см. в разд. 136, пористые стекла — молекулярные сита (стекла с контролируемым размером пор) — в разд. 35.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Средний диаметр пор, нм	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Добавки	Зернение	
					меш	мкм
1	Corning [CGW, США] Code 7930	2,5	173	Нет	60—80 80—100	180—250 150—180
2	Code 7935	3—4	200—350	»	—325	<45
3	Code 7936	3—4	200—350	Бемит (2,5%) + + ФИ	—325	<45
4	Code 7937	3—4	200—350	Бемит (2,5%)	—325	<45
5	Code 7938	3—4	200—350	ФИ	—325	<45

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Средний диаметр пор, нм	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Добавки	Зернение	
					меш	мкм
6	Adsorbosil-G [ASL, США]			Гипс (13%) Нет »		
7	G-1					
8	Actichrom [ASL, США]		25			35—44

Примечания. 1. Удельный объем пор 0,11 см<sup>3</sup>/г. 2—5. Боросиликатные стекла (SiO<sub>2</sub> 96%, В<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3%), рН 4,5—5,5. Максимальное содержание примесей (в %): Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + ZrO<sub>2</sub> — 1; Na<sub>2</sub>O — 0,06; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,005; SiO — 0,003; NiO — 0,001; CrO — 0,001; Cl — 0,001. Плотность набивки в колонках 0,8—1,0 г/см<sup>3</sup>. 8. Сорбент (носитель) для ВСЖХ, рекомендуемое количество неподвижной жидкой фазы 4 (3—6) %. Выпускается с 1974 г.

## 11. Кальцит (карбонат кальция)

Кальцит применяют для хроматографии пигментов: хлорофиллов, каротинов, ксантофилов, нафтохинонов и др. Сорбированные вещества можно выделить как элюцией, так и растворением карбоната в кислоте.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Зернение	
		меш	мкм
1	Calciumcarbonat reinst [Serva, ФРГ]		20—50
2	Calcium Carbonate [BDH, Англия]		
3, 4	Calcium Carbonate M. F. C. [H & W, Англия]	—300	<50
5	Calcium Carbonate RS [Erba, Италия]		
6	Calcium Carbonate, No. 1288 [Baker, США]		
7	Neutralite [Perm, США]	16—50	300—1200
8	Ionac R-50 [ICC, США]	16—50	300—1200

Примечания. 3, 4. Две разновидности: тяжелая и легкая. 7, 8. Гранулированный кальцит для водоподготовки — используют для нейтрализации кислых вод. Насыпная плотность 1,4 г/см<sup>3</sup>, плотность набивки в колонках 0,70 см<sup>3</sup>/г. Обе марки идентичны.

## 12. Гидроксилпатит

Гидроксилпатит  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$  — полярный сорбент, проявляющий в некоторых случаях повышенную специфичность, особенно к веществам со средней и высокой молекулярной массой. На колонках с гидроксилпатитом часто разделяют сложные смеси, которые казались «гомогенными» по данным хроматографии на ионообменных целлюлозах или электрофореза. Из-за плохих фильтрационных свойств гидроксилпатит использовали раньше главным образом в статических условиях. Улучшение фильтрационной способности на колонке достигают или усовершенствованием технологии изготовления сорбента, или смещением его с порошком целлюлозы. Вследствие хрупкости зерен сорбент требует осторожного обращения. На колонках он выдерживает давления до 0,1 кгс/см<sup>2</sup>, при более высоком давлении скорость фильтрации падает из-за уплотнения насадки.

Гидроксилатапит применяют главным образом в препаративной биохимии, для фракционирования и очистки белков, ферментов, вирусов, нуклеиновых кислот, полинуклеотидов, пептидов, полярных липидов. Емкость загрузки колонок по белку составляет 1—5 мг/см<sup>3</sup> и больше. Элюирование адсорбированных веществ и регенерацию колонок осуществляют фосфатными буферными растворами (градиентно, от 0,001 до 0,4 М) или 1 М NaCl.

Лит.: Tiselius A. et al., Arch. Biochem. Biophys., 1956, v. 65, No. 1, p. 132—155; Hjertén S., Biochim. Biophys. Acta, 1959, v. 31, No. 1, p. 216—235; Main R. K. et al., J. Am. Chem. Soc., 1959, v. 81, No. 24, p. 6490—6495; Levin Ö., Methods in enzymol., 1962, v. 5, p. 27—32; Bergardi G., Ibid., 1971, v. 22, p. 325—339; Koike M., Hamada M., Ibid., p. 339—342; Moss B., Rosenblum E. N., J. Biol. Chem., 1972, v. 247, No. 16, p. 5194—5198; Goodman N. C. et al., Anal. Biochem., 1973, v. 52, No. 1, p. 286—299.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Вид сорбента	Содержание гидроксилатапита, %	Назначение
1	Bio-Gel [BRL, США]			
2	HT	Суспензия	28	КЖХ
3	HTP	Порошок		КЖХ
3	HTP, DNA-grade	»		КЖХ
4	Calcium Phosphate, Tribasic [Baker, США]	Порошок 3Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · Ca(OH) <sub>2</sub>		ТСХ
5	Cellulose Hydroxylapatit [Baker, США]	На целлюлозе		КЖХ
6	Hydroxylapatit-cellulose p. A. [Serva, ФРГ]	» »	2,5—3	КЖХ
7	Hydroxylapatit-NeoCel p. A. [Serva, ФРГ]	» »	10	КЖХ
8	MN 2200 Apatit-50 [MN, ФРГ]	» »		КЖХ

Примечания. 1—3. Гидроксилатапит, приготовленный по методу Тизелиуса (1956). Суспензию сорбента № 1 (в 0,01 М фосфатном буферном растворе, pH 6,8) хранят в холодильнике; порошок (№ 2, 3), высушенный по специальной технологии, можно хранить без охлаждения. Емкость поглощения сывороточного альбумина — около 10 мг/см<sup>3</sup>. Мелкозернистый сорт № 3 отличается повышенной емкостью по отношению к ДНК и РНК. Емкость поглощения ДНК (в мг/см<sup>3</sup>): 0,8 (№ 1), 0,6 (№ 2), 1,2 (№ 3). Скорость фильтрации на колонках высотой 13 см при гидростатическом давлении 100 см вод. ст. — не ниже значений [в мл/(см<sup>2</sup>·ч)]: 35 (№ 1), 25 (№ 2), 5 (№ 3). 7. Зернение 50—200 мкм, плотность набивки в колонках 6 см<sup>3</sup>/г.

### 13. Прочие неорганические сорбенты для хроматографии

Окислы, гидроокиси и карбонаты кальция, магния и цинка являются полярными адсорбентами основного характера со свойствами, близкими к свойствам окиси алюминия (см. разд. 5). В некоторых случаях они проявляют повышенную селективность, например к веществам с конъюгированными двойными связями и к ароматическим веществам. Их применяют для хроматографии каротиноидов, порфиринов, желчных кислот, фосфолипидов, высших жирных кислот, производных аминокислот.

Кристаллические алюмосиликаты природного происхождения проявляют молекулярно-сорбционные и ионообменные (главным образом катионообменные)

свойства. Аллюмосиликаты применяют для очистки и обесцвечивания растворов. Специфическую адсорбцию на силикатных сорбентах используют при анализе некоторых веществ для отделения мешающих примесей. Например, отделение липопрозеида на каолине использовано перед разделением антигел методом гель-фильтрации (Bürgin - Wolf A. et al., Lancet, 1971, No. 7737, p. 1278—1280); фуллерову землю (аттапульгит) применяют для отделения хромогенов от креатинина при анализе последнего (Müller H. et al., Z. Klin. Chem. Klin. Biochem., 1970, Bd. 8, Nr. 4, S. 394—397). Использование алюмосиликатов в хроматографии ограничено из-за их плохих кинетических и фильтрационных свойств и неустойчивости в кислых растворах.

Цеолит типа молекулярного сита, переведенный в Ag-форму, обладает исключительно большой специфической адсорбционной способностью по отношению к неорганическим и органическим подсодержащим газам. Такой сорбент используют для улавливания радиоактивного иода из воздуха.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Состав	Назначение
1	Calcium Oxide, No. 15010 [BDH, Англия]	CaO	КЖХ
2	Calcium Oxide M. F. C. [H & W, Англия]	CaO	КЖХ
3	Calcium Hydroxide, No. 15009 [BDH, Англия]	Ca(OH) <sub>2</sub>	КЖХ
4	Calcium Hydroxide, No. 1372 [Baker, США]	Ca(OH) <sub>2</sub>	ТСХ
5	Calcium Hydroxide RS [Erba, Италия]	Ca(OH) <sub>2</sub>	КЖХ
6	Calciumhydroxid [TS, ФРГ]	Ca(OH) <sub>2</sub>	КЖХ
7	Calciumhydroxid [RDH, ФРГ]	Ca(OH) <sub>2</sub>	КЖХ
8	Magnesium Oxide, No. 15038 [BDH, Англия]	MgO	КЖХ
9	Magnesium Oxide M. F. C. [H & W, Англия]	MgO	КЖХ
10	Magnesium Oxide, No. 2477 [Baker, США]	MgO	КЖХ
11	Magnesium Oxide RS [Erba, Италия]	MgO	КЖХ
12	Magnesiumoxid reinst [Serva, ФРГ]	MgO	КЖХ
13	Magnesium Carbonate, No. 15037 [BDH, Англия]	MgCO <sub>3</sub>	КЖХ
14	Magnesium Carbonate M. F. C. [H & W, Англия]	3MgCO <sub>3</sub> · Mg(OH) <sub>2</sub> · 3H <sub>2</sub> O	КЖХ
15	Magnesium Carbonate, No. 2432 [Baker, США]	4MgCO <sub>3</sub> · Mg(OH) <sub>2</sub> · nH <sub>2</sub> O	ТСХ
16	Zinc Carbonate Basic [BDH, Англия]	ZnCO <sub>3</sub>	КЖХ
17	Zinc Carbonate, No. 4312 [Baker, США]	ZnCO <sub>3</sub>	ТСХ
18	Kaolin N. F. [Baker, США]	Алюмосиликат каолин	ТСХ
19	Fuller's earth M. F. C. [H & W, Англия]	Фуллерова земля	КЖХ
20	Silver-X [CEL, США]	Цеолит (Ag <sup>+</sup> )	

# 14. Энергия адсорбции веществ (по функциональным группам) на окиси алюминия, силикагеле и флорисиле

(Snyder L. R., J. Chromatog., 1966, v. 23, No. 2, p. 388-402)

Функциональные группы	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Флорисил	Функциональные группы	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Флорисил
Al-CH <sub>3</sub>	-0,03	0,07	-0,01	Al-O-Al	3,50	3,61	3,61
Ar-CH <sub>3</sub>	0,06	0,11	0,10	Al-O-Ar	1,77	1,83	1,81
Al-CH <sub>2</sub> -Al	0,02	-0,05	0,01	Ar-O-Ar	1,04	0,87	0,87
Al-CH <sub>2</sub> -Ar	0,07	0,01	0,10	Al-S-Al	2,65	2,94	2,94
Ar-CH <sub>2</sub> -Ar	0,12	0,07	0,19	Al-S-Ar	1,32	1,29	1,30
-C=(аром.)	0,31	0,25	0,18	Ar-S-Ar	0,76	0,48	
Al-F	1,64	1,30	1,54	Al-S-S-Al	2,70	1,90	1,90
Al-Cl	1,82	1,32	1,74	Al-S-S-Ar	1,1	0,94	0,94
Al-Br	2,00	1,32	1,94	Al-SH	2,80	1,70	1,70
Al-I	2,00	1,28	1,94	Ar-SH	8,70	0,67	0,67
Ar-F	0,11	-0,15	-0,15	Al-SO-Al	6,70	7,2	7,2
Ar-Cl	0,20	-0,20	-0,20	Al-SO-Ar	4,0	4,2	4,2
Ar-Br	0,33	-0,17	-0,17	Al-NO <sub>2</sub>	5,40	5,71	5,71
Ar-I	0,51	-0,15	-0,15	Ar-NO <sub>2</sub>	2,75	2,77	3,07
Al-OH	6,50	5,60	5,60	Al-NH <sub>2</sub>	6,24	8,00	
Ar-OH	7,40	4,20	4,20	Ar-NH <sub>2</sub>	4,41	5,10	
Al-CHO	4,73	4,97	4,97	Al <sub>2</sub> =N-Al	4,40	5,8	
Ar-CHO	3,35	3,48	3,35	Al <sub>2</sub> =N-Ar	2,48	2,52	
Al-CO-Al	5,00	5,27	5,27	Al-CONH <sub>2</sub>	8,9	9,6	9,6
Al-CO-Ar	3,74	4,69	4,32	Ar-CONH <sub>2</sub>	6,2	6,6	6,6
Ar-CO-Ar	4,36	4,56	4,56	Al-CN	5,00	5,27	5,27
Al-COOH	21	7,6	7,6	Ar-CN	3,25	3,33	3,33
Ar-COOH	19	6,1	6,1	Al-C=N-Al	6,00		
Al-COO-Al	5,00	5,27	5,27	Al-C=N-Ar	4,46		
Al-COO-Ar	3,40	3,45	3,45	Ar-C=N-Ar	4,14		
Ar-COO-Ar	4,02	4,18	4,18				

Примечание. Al — алифатический радикал, Ar — арил.

# 15. Примеры разделения веществ методом ВСЖХ на силикатных сорбентах (см. разд. 2, 108)

Классы веществ	Элюент	Последовательность выхода разделяемых веществ
Ароматические соединения	Гексан + хлороформ 95 : 5	Бензол—нитробензол—метилбензоат—бензальдегид—ацетофенон
	Изооктан + хлороформ 90 : 10	Нитробензол—бензальдегид—2,4-динитротолуол—2,4-динитробензол— <i>n</i> -нитробензальдегид—анилин
	Хлористый метилен	2,4,6-Три- <i>трет</i> -бутилфенол—фенилацетат— <i>o</i> -крезол—фенол

Классы веществ	Элюент	Последовательность выхода разделяемых веществ
Нитроанилины	Гексан + хлороформ 50 : 50	Изомеры: <i>o</i> — <i>m</i> — <i>p</i>
Фталаты	Гексан + эфир 97 : 3	Диметил—динонил—бутилбензил— диэтил
	Гептан + этилацетат 90 : 10	Дибутил—диэтил—диметил
Полициклические соединения	Пентан	Толуол—нафталин—антрацен— флуорантен—бенз(а)антрацен— бензпирен
	Гексан	Декалин—нафталин—флуорен— 1,2-бензантрацен— <i>o</i> -кватерфе- нил— <i>m</i> -кватерфенил
	Гексан	Бензол—нафталин—антрацен— фенантрин—ризен
	Гептан	Бензол—дифенил— <i>m</i> -терфенил— кватерфенил—октафенил
Инсектициды	Гексан	Алдрин— <i>o, n'</i> -ДДТ— <i>n, n'</i> ДДТ— ДДД—линдан—эндрин
	Гептан	<i>n, n'</i> -ДДЕ—4,4'-ДДМ— <i>o, n'</i> -ДДТ— <i>n, n'</i> -ДДТ— <i>n, n'</i> -ДДД
	Изооктан	ДДЕ— <i>n, n'</i> -ДДТ— <i>o, n'</i> -ДДД—три- тион—метоксихлор—паратрион (тиофос)
Гербициды	Гексан + CH <sub>3</sub> COOH 92,5 : 7,5	Дихлорпроп—МСРВ—МСРА— 2,4,5-Т—2,4-Д
Афлатоксины	Хлороформ + изо- октан 75 : 25	V <sub>1</sub> —V <sub>2</sub> —G <sub>1</sub> —G <sub>2</sub>
	Хлористый метилен + + метанол 100 : : 0,15	V <sub>1</sub> —G <sub>1</sub> —V <sub>2</sub> —G <sub>2</sub>
Наркотики	Хлороформ + геп- тан + метанол 56 : : 42 : 2	Кокаин—меперидин—прокаин— кодеин
Анальгетики	Хлороформ + хлори- стый метилен 85 : 15	Изопропилфеназон—фенацетин— кофеин
Барбитураты	Гептан + метанол 98 : 2	Гексобарбитал—секобарбитал— апробарбитал—барбитал—фено- барбитал
	То же	Мефобарбитал—пентобарбитал— аллилизобутилбарбитуровая кис- лота—диаллилбарбитуровая кис- лота—алфенал
	Гексан + хлористый метилен + изопро- панол + CH <sub>3</sub> COOH 97 : 2,2 : 0,6 : 0,2	Секобарбитал—сандоптал—амобар- битал—бутабарбитал—дифенил- гидантоин—фенобарбитал
Стероиды	Хлороформ + мета- нол 99 : 1	Дексаметазон ацетат—гидрокорти- зон ацетат—эпоксикортизон— кортизон—преднизон—фторги- дрокортизон—гидрокортизон— преднизолон
	Хлороформ + мета- нол 98 : 2	Тестостерон—преднизон—корти- зон—гидрокортизон—преднизо- лон

Классы веществ	Элюент	Последовательность выхода разделяемых веществ
Стероиды	Хлороформ + ацетон 90 : 10	Холестан—холестерин, прогестерон — прегненолон — тестостерон
	Гексан + хлороформ + метанол 75 : 22 : 3	Эстрон—эстрадиол—эстриол
	То же, 70 : 30 : 2	Дезоксикортикостерон—кортикостерон—кортизон—гидрокортизон
	То же, 60 : 38 : 2	Кортикостерон—кортизон—дегидрокортизон—кортизол—дегидрокортизол
Витамины	Гептан + этанол 75 : 25	Кортизол—кортизон—кортикостерон
	Гексан	А пальмитат—А ацетат—Е—Д <sub>3</sub>
	Изооктан Этанол	β-Каротин—А—Е—К <sub>3</sub> —Д <sub>3</sub> Никотиновая кислота—никотинамид—Д <sub>3</sub>
ФТГ-аминокислоты	Хлористый метилен + трет-бутанол + диметилсульфоксид 100 : 0,8 : 0,08	Про—Лей, Иле (I)—Иле (II)—Вал—Фен—Мет—Ала—Тре—Гли
	Хлористый метилен + диметилсульфоксид + вода 80 : 15 : 2	Лиз—Тир—Тре—Глу—Глн—Асп—Асп

## 16. Деактивация неорганических сорбентов водой

(Brockman H., Schodder H., Chem. Ber., 1941, Bd. 74B, Nr. 1, S. 73—78; Hesse G., Angew. Chem., 1952, Bd. 64, Nr. 4, S. 103—107)

Активность по Брокману	Добавлено воды, %		
	Силикагель	Окись алюминия	Флорисил
I	0	0	0
II	10	3	7
III	12	6	15
IV	15	10	25
V	20	15	35

## 17. Максимальное содержание примесей в силикагелях, %

Марки сорбентов	Fe	Тяжелые металлы	Cl	Другие примеси
Merck Standard Merck HR	0,02—0,03 0,002	0,0005 (Pb)	0,02—0,03 0,008	Cu, Zn — 0,0005; SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> — 0,003—0,004; PO <sub>4</sub> — 0,0005



Марки сорбентов	Ge	Тяжелые металлы	Cl	Другие примеси
MN Standard	0,01		0,01	Водорастворимые— 0,2
MN-HR	0,001		0,005	
Woelm				
Selecta 150	0,01			Na, Ca — 0,03 Na — 0,02 Na — 0,01; Ca — 0,03 Na — 0,0015; Ca — 0,01; водорастворимые — 0,15 Na — 0,02; Ca — 0,01; Al — 0,05
Silicagel L (Lachema)	0,012			
Davison Chr. Grade				
12, 922	0,0035	0,02 (Ti)		
62	0,0035			
800	0,0035	0,02 (Ti)		
923, 950	0,0025	0,035 (Ti)		
Davison Standard	0,02	0,05 (Ti)		
Silicic Acid AR	0,001	0,002	0,01	SO <sub>4</sub> — 0,005
SilicAR	0,003	0,004	0,02	
Baker TLC 7	0,01	0,004	0,002	
Adsorbosil 1, 2	0,0015			
Adsorbosil 5	0,0024			
Whatman				
SG 31, 33	0,016			
SG 32	0,0016			
SG 34	0,013			
SG 41, 42	0,012			

### 18. Максимальное содержание примесей в окиси алюминия, %

Марки сорбентов	Fe	Cl	SO <sub>4</sub>	Водорастворимые вещества	Другие примеси
Merck					
90 basisch		0,004	0,1	0,2	
90 neutral		0,004	0,1	0,2	
90 sauer		0,2	0,1	0,4	
90 nach Brockman		0,1	0,1	0,5	
150 basisch (Typ T)	0,02	0,02			
150 neutral (Typ T)	0,02	0,1			
150 sauer (Typ T)	0,02	1,0			
Typ 60/E	0,02	0,02			
Woelm					
basisch				0,2	
neutral				0,2	
sauer				0,4	

Марки сорбентов	Fe	Cl	SO <sub>4</sub>	Водорас- творимые вещества	Другие примеси
W 200 basisch, B-18				0,2	} Потери от прокалива- ния (1050 °С) — 1 ± ±0,2
W 200 neutral, N-18				0,2	
W 200 sauer, A-18				0,4	
Baker TLC 9F	0,01	0,01			
Aluminium Oxide GA, HA (ASL)	0,01				
«Безводная», Ч [СССР]	0,15	0,1	0,5		SiO <sub>2</sub> — 0,25, щело- чи — 0,2
«Безводная», ЧДА [СССР]	0,05	0,05	0,2		SiO <sub>2</sub> — 0,1, щелочи — 0,1

## II. ОРГАНИЧЕСКИЕ СОРБЕНТЫ

19. Активные угли для газовой хроматографии . . . . .	39
20. Графитированные сажи . . . . .	40
21. Полиароматические макропористые сорбенты . . . . .	42
22. Другие полимерные макропористые сорбенты . . . . .	42
23. Полиамидные порошки . . . . .	46
24. Прочие органические сорбенты . . . . .	48
25. Время удерживания на графитированной саже Carborack C	50
26. Время удерживания (в мин) на полиароматических сорбентах Rogarak . . . . .	51
27. Время удерживания и индексы удерживания на полиарома- тических сорбентах Chromosorb 101—108 . . . . .	52

### 19. Активные угли для газовой хроматографии

В отличие от большинства неорганических сорбентов, являющихся полярными, активный уголь — неполярный, гидрофобный сорбент. Элюотропный ряд растворителей (в порядке возрастания элюирующей способности) имеет следующий вид: вода—метанол—этанол—ацетон — *n*-пропиловый спирт — диэтиловый эфир — *n*-бутанол — этилацетат — *n*-гексан—бензол (Williams R. J. P. et al., Arkiv Kemi, 1954, Bd. 7, Nr. 7, S. 1—15). Избирательно поглощаются активным углем углеводороды и их производные, ароматические соединения, красители; слабее — низшие спирты, карбоновые кислоты, сложные эфиры.

Активные угли отличает сильно развитая пористая структура. Различают микропоры (1—2 нм), поры переходного размера (5—50 нм) и макропоры (> 100 нм). Удельная поверхность микропор достигает 1000—1200 (иногда 1800) м<sup>2</sup>/г, пор переходного размера — до 100 и макропор — порядка 1 м<sup>2</sup>/г.

Для адсорбции из жидкой фазы используют так называемые обеспечивающие угли, характеризующиеся сравнительно большим содержанием пор переходного размера, которые обеспечивают растворенным молекулам легкий доступ к сорбционным центрам. Применение активных углей в ТСХ и КЖХ очень ограничено из-за их черного цвета, что делает невозможным непосредственное, визуальное, детектирование веществ на пластинах и в колонке.

Гораздо шире активные угли применяют в газо-адсорбционной хроматографии, главным образом для разделения легких газов. Для газовой хроматографии предпочтительны угли с максимально развитой поверхностью микропор и небольшим числом пор переходного размера. Активирование (обезвоживание) углей рекомендуется выполнять при 120—300 °С. Последовательность выхода газов при ГАХ следующая: Н<sub>2</sub>—О<sub>2</sub>—N<sub>2</sub>—СО—СН<sub>4</sub>—СО<sub>2</sub>—С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub>—С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>—С<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>—С<sub>3</sub>Н<sub>8</sub>—С<sub>3</sub>Н<sub>6</sub>—*изо*-С<sub>4</sub>Н<sub>10</sub> — *n*-С<sub>4</sub>Н<sub>10</sub> (Greene S. A. et al., Anal. Chem., 1956, v. 28, No. 9, p. 1369—1370).

№ п/п	Марки углей и фирма-изготовитель	Зернение		
		меш	мкм	
1	Activated Coconut Charcoal (Barnebey-Che- ney) [CEL, США]	30—60	250—600	
2		45—60	250—350	
3		60—80	180—250	
4		80—100	150—180	
5		100—120	125—150	
6	Anasorb Activated Coconut Charcoal [Ana, США]	40—50	300—420	
7		50—60	250—300	
8		60—70	210—250	
9		70—80	180—210	
10		80—90	160—180	
11		90—100	150—160	
12		100—110	140—150	
13		110—120	125—140	
14		120—130	115—125	
15		130—140	105—115	
16	Activated Charcoal SK-4 [P-E, США]	30—50	300—600	
17		60—80	180—250	
18	Activated Charcoal [H-P, США]	30—60	250—600	
19	Activated Charcoal A-3 [Shi, Япония]	30—60	250—600	
20		A-4	60—80	180—250
21		A-5	10—20	850—2000
22	Activated Charcoal [Phase, Англия]	30—60	250—500	
23	Aktivkohle Merck Nr. 9624 [Merck, ФРГ]	20—35	500—750	
24		Nr. 9631	35—50	300—500
25	Charbon activé RS [Erba, Италия]	40—50	300—400	

Примечание. 1—5. Удельная поверхность по БЭТ 1700 м<sup>2</sup>/г.

## 20. Графитированные сажи

Графитированные сажи получают путем неполного сгорания углеводородов и последующей термической обработки продукта при 2800—3100 °С в отсутствие кислорода. Из слипшихся мельчайших частиц, имеющих микрокристаллическую структуру, образуются гранулы; для увеличения прочности иногда в них вводят связующие добавки.

Общий характер поверхности сорбента — неполярный, но имеется также немного гидрофильных центров, которые обусловлены наличием хемосорбированного кислорода и следов окислов металлов. Гидрофильные центры вызывают размывание пиков при хроматографии. Часть этих центров можно деактивировать, обработав сажу водородом при 1000 °С. Более существенное уменьшение размывания пиков достигается при нанесении на сажу небольшого количества жидкой фазы, например полиэтиленгликоля. Минимальное количество жидкой фазы, необходимое для деактивации поверхности, составляет 0,1—0,2% на сажах с удельной поверхностью 10—15 м<sup>2</sup>/г и 0,6% — на сажах с поверхностью 100 м<sup>2</sup>/г.

Емкость сорбента невелика, поэтому для получения разделения с наибольшей эффективностью (ВЭТТ до 0,4 мм) нужно, чтобы объем пробы не превышал 0,05—0,1 мкл. Это, в свою очередь, вызывает необходимость применения высокочувствительного детектора, например пламенно-ионизационного.

Работа с сорбентом, вследствие низкой механической прочности гранул, требует большой осторожности при нанесении жидкой фазы, высушивании сорбента и набивке колонок. Нужно также обратить внимание на отсутствие кислоты в газе-носителе, пропускаемом через нагретую колонку.

Графитированные сажи применяют для ГАХ низкомолекулярных ( $C_1 - C_{10}$ ) органических веществ: алифатических и ароматических углеводородов, хлоралканов, кетонов, альдегидов, спиртов, фенолов, свободных жирных кислот, сложных эфиров и др. [1]. Сорбент оказался весьма эффективным при разделении структурных изомеров веществ различных классов. Предложены газохроматографические методы определения ультрамалых количеств изомеров низших жирных кислот [2] и алифатических и гетероциклических аминов [3] из водных растворов при концентрации порядка  $10^{-8}\%$  (для жирных кислот — на графитированной саже с 3% Carbowax 20M + 0,5%  $H_3PO_4$ , и для аминов — с 4% Carbowax 20M + 0,8% КОН). S-содержащие газы в воздухе (до  $10^{-6}\%$ ) анализируют на графитированной саже, обработанной водородом (см. выше), с неподвижной фазой 0,3% Dexsil 300 GC + 0,5%  $H_3PO_4$  [4].

Лит.: 1. Киселев А. В., Яшин Я. И., Газо-адсорбционная хроматография, М., «Наука», 1967, 256 с., 2. Di Sorcia A., Sampieri R., Anal. Chem., 1974, v. 46, No. 1, p. 140—143; 3. Idem, Ibid., No. 8, p. 977—981; 4. Brunner F. et al., Ibid., 1972, v. 44, No. 12, p. 2070—2074.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Удельная поверхность по БЭТ, $m^2/g$	Зернение	
			мш	мм
1	[Cabot, США] Sterling FT	6—30	40—60	250—420
			60—80	180—250
			80—100	150—180
2, 3	Graphon, Spheron	90—130		
	Carbopak [Sup, США]			
4	В	100—110	60—80	180—250
5	В-НТ		60—80	180—250
6	В-НТ-100		40—60	250—420
7	С	9—12	60—80	180—250
			80—100	150—180
8	Graphitized Carbon type A1 [Erba, Италия]		60—80	180—250
	Карбохром [СССР]			
9	1	7—10		250—500
10	2	80—100		250—500

Примечания. 2, 3. Сорбент № 3 немного более полярен. 5, 6. Сажа обработана водородом при  $1000^\circ C$  с целью деактивации. Сорт сажи № 6 предназначен для определения ультрамалых количеств S-содержащих газов ( $H_2S$ ,  $SO_2$  и  $CH_3SH$ ). 9. Насыпная плотность  $0,7 \text{ г/см}^3$ . 10. Ацетиленовая сажа (образуется при температуре  $2500^\circ C$ ; по свойствам близка к графитированной) с добавкой 5% термостойчивого высокомолекулярного вещества. Насыпная плотность  $0,30—0,35 \text{ г/см}^3$ .

## 21. Полиароматические макропористые сорбенты (см. также разд. 33)

Эти сорбенты впервые предложены для газовой хроматографии Холлисом (Hollis O. L. Anal. Chem., 1966, v. 38, No. 2, p. 309—316); под названием «порапак» их начали выпускать в 1966 г. Синтез макропористых полимеров осуществляют в присутствии инертных растворителей, которые затем легко удаляют из готового продукта. При этом в поперечном сечении геле остаются пустоты (истинные поры) сравнительно крупного размера.

Сополимеры стирола и дивинилбензола (ДВБ), этилвинилбензола и ДВБ и другие подобные гидрофобные полимеры-гели избирательно поглощают из водных и неводных растворов липофильные или частично липофильные вещества: простые и замещенные фенолы, неионные детергенты типа «тритон X-100» и детергенты типа SDS (додецилсульфат натрия), четвертичные аммониевые основания, антибиотики, инсектициды, гиббереллины, витамин В<sub>12</sub>.

Полимер XAD-2 в последнее время все чаще используют для извлечения из физиологических жидкостей (мочи, крови, плазмы) наркотиков и других лекарственных препаратов — алкалоидов, барбитуратов, амфетаминов и т. п. Метод, включающий ТСХ, позволяет определять эти вещества при содержании 10<sup>-4</sup>—10<sup>-5</sup>% (Parker K. D. et al., J. Forensic Sci. Soc., 1968, v. 8, No. 2—3, p. 125—140; Fujimoto J. M., Wang R. I. H., Toxicol. Appl. Pharmacol., 1970, v. 16, No. 1, p. 186—193; Weisman N. et al., Clin. Chem., 1971, v. 17, No. 9, p. 875—881; Mulé S. J. et al., J. Chromatog., 1971, v. 63, No. 2, p. 289—301; Ibrahim G. et al., Ibid., 1975, v. 108, No. 1, p. 107—116). XAD-2 используют также для извлечения из мочи других веществ, например желчных кислот, для последующего анализа их методом ГЖХ (Makino I., Sjövall J., Analyt. Letters, 1972, v. 5, No. 6, p. 341—349).

Наиболее широкое применение полиароматические гели находят в газовой хроматографии. Так как эти гели, особенно немодифицированные, почти не адсорбируют полярные соединения, их часто рекомендуют для разделения сильно-полярных веществ — воды, спиртов, гликолей, свободных жирных кислот, аминов, эфиров, альдегидов, кетонов, а также низкомолекулярных углеводов, серусодержащих соединений и др. При хроматографировании пики обычно имеют острую, симметричную форму.

Для уменьшения времени удерживания и изменения селективности к гелям иногда добавляют немного жидких фаз (как в ГЖХ). Наибольшая эффективность достигается при применении 2—6% жидкой фазы, но при необходимости степень пропитки может быть доведена до 30%. Силанизирование полимеров позволяет уменьшить размывание пиков сильнополярных веществ, таких как органические кислоты.

Вода, как правило, выходит раньше других веществ, что особенно благоприятно для газо-хроматографического анализа веществ непосредственно из водных растворов.

Полиароматические гели обладают значительной химической устойчивостью, но могут окисляться при высокой температуре. Поэтому содержание кислорода в газе-носителе при высокотемпературных разделениях не должно превышать 0,005%.

## 22. Другие полимерные макропористые сорбенты (табл. на стр. 46)

Умеренно полярные акриловые полимеры применяют для адсорбции из водных растворов таких веществ, как полипептиды, ферменты, антибиотики, гемоглобины, и для газовой хроматографии веществ различных классов. Полимер XAD-7 применяют для жидкостной хроматографии фенолов в водных и водно-метанольных растворах (Fritz J. S., Willis R. B., J. Chromatog., 1973, v. 79, p. 107—119). Полярные полимеры с amino-, амидо- и сульфогруппами применяют для адсорбции из органических растворителей сильнополярных веществ: кислот, спиртов, аминов, тиолов, тиокарбамидов.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Средний диаметр пор. нм	Удельная поверхность по БЭГ, м <sup>2</sup> /г	Максималь- ная рабочая температура, °С	Плотность набивки в колонке, см <sup>3</sup> /г	Зернение	
						меш	мкм
1	Рогарак [WA, США] P P-S Q Q-S R S N T	≥ 7,5	70—120	250 (300)		50—80	180—300
2		≥ 7,5		250 (300)		80—100	150—180
3		7,5	640—660	250 (300)		100—120	125—150
4				250 (300)		120—150	100—125
5		7,6	550—640	250 (300)		150—200	75—100
6		7,6	540—590	250 (300)		200—325	45—75
7			500	190 (250)			
8			9,1	200—300		190 (250)	
9	Amberlite XAD [R & H, США] XAD-1 XAD-2 XAD-4	20	100			20—50	300—1000
10		8,5—9,5	330	150?	1,4—1,6	20—50	300—1000
11		5	750			20—50	300—1000
12	Servachrom XAD [Serva, ФРГ] XAD-2 p. A.	9	330	150?	1,4—1,6	20—50	300—1000
						60—80	200—250
						80—100	150—200
						100—120	125—150
							100—200
							50—100
						20—50	300—1000
13	XAD-4 p. A.	5	750			20—50	200—400
							100—200
							50—100

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Средний диаметр пор, нм	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Максималь- ная рабочая температура, °С	Плотность набивки в колонке, см <sup>3</sup> /г	Зернение	
						меш	мкм
	Chromosorb (Century Series) [ <b>J-M</b> , США]						
14	101	300—400	<50	275 (325)	3,3	}	(50—60) (250—300)
15	102	8,5—9,5	300—400	250 (300)			
16	103	300—400	15—25	275 (300)			
17	104	60—80	100—200	250 (275)			
18	105	40—60	600—700	250 (275)			
19	106		700—800	250 (275)			
20	Supelpak-S [ <b>Sup</b> , США]			240			
21	Dowex FSP-4022 [ <b>Dow</b> , США]						
	PhasePak [ <b>Phase</b> , Англия]						
22	P	≈15	300—400		1,7—2,0	}	20—30 500—800
23	Q	≈7,5	300—400				
							30—44 350—500
							30—60 250—500
							44—60 250—350
							60—85 180—250
							85—100 150—180
							100—120 125—150
							150—200 75—105
							—200 <75
24—30	Hitachi Gels [ <b>Hit</b> , Япония] 3010, 3011, 3019, 3020, 3030, 3040, 3050						
31	Synachrom E-5 [ <b>Chema</b> , ЧССР]			290			315—400 250—315 200—250 160—200 125—160
32	Vendarex [ <b>Rean</b> , ВНР]						
33	Полисорб-1 [СССР]		200—300	250	2		250—500



**Примечания. 1—8.** Сорбенты на основе сополимера этилвинилбензола и ДВБ для газовой хроматографии или жидкостной хроматографии в неводных средах. Расположены в порядке возрастания полярности, от низкой до средней. Основной, немодифицированный полимер «Q» — универсального назначения. Силанизированный сорт этого полимера (№ 4) особенно эффективен для разделения органических кислот и других сильно полярных веществ. Полимер «P» модифицирован стиролом, что приводит к некоторому снижению полярности. Он отличается также широкопористостью. Рекомендован для разделения средние полярных веществ (например спиртов, гликолей). Силанизированный сорт сорбента (№ 2) особенно эффективен при разделениях альдегидов и гликолей. Модифицированный винилпирролидоном полимер «R» рекомендован для работ с агрессивными веществами:  $Cl_2$ ,  $HCl$  и т. п. Другой модифицированный винилпирролидоном полимер «N» рекомендован для разделения смесей с формальдегидом, а также этилена и ацетилена. Полимер «S» модифицирован винилпиридином, его рекомендуют для разделения нормальных и разветвленных спиртов. Наиболее полярный полимер «Т» модифицирован этиленгликольдиметакрилатом, его используют для газохроматографического определения формальдегида в водных растворах. 9—11. Сополимеры стирола и ДВБ, неполярные (дипольный момент 0,3), предназначены для адсорбции липофильных веществ из водных растворов. Порозность гелей (в  $см^3/см^3$ ): 0,37 (№ 9), 0,42 (№ 10), 0,51 (№ 11). Поставляются в гидратированном состоянии вместе с антисептическим раствором (5%  $NaCl + 1\% Na_2CO_3$ ); высушивание гелей не допускается, так как это приводит к частично необратимой дегидратации. 12, 13. Полимеры № 10, 11, подвергнутые размолу, рассеву и очистке. Предназначены для адсорбции, а также для газовой и жидкостной хроматографии. 14—19. Сорбенты для газовой хроматографии, насыпная плотность 0,29—0,34  $г/см^3$ . Полимер «101» — на основе стирола и ДВБ, рекомендован для разделения спиртов, гликолей, свободных жирных кислот, простых и сложных эфиров, альдегидов, кетонов, алканов. Сорбент «102» производят из полимера № 10. Рекомендован для разделения легких и постоянных газов, углеводородов, низкомолекулярных кислот, спиртов и гликолей, воды. Удельный объем пор 3,3  $см^3/г$ . Сополимер стирола и ДВБ марки «103» рекомендован для разделения альдегидов, кетонов, спиртов, аминов, амидов, гидразинов, аммиака и других основных веществ. Сильно полярный сорбент «104» является сополимером акрилонитрила и ДВБ. Он предназначен для разделения смесей кислот, нейтральных и основных газов ( $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $SO$ ,  $NH_3$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $NO_2$  и т. п.), а также нитропарафинов, нитрилов, ацетатов, спиртов, кетонов, альдегидов, кислотолов. Среднеполярный полимер «105» — универсального назначения (образует неразмываемые пики метанола, воды и формальдегида, отделяет ацетилен от низших углеводородов). Неполярный полистирольный сорбент «106» используют для отделения низших жирных кислот ( $C_2—C_7$ ) от низших спиртов. 20. Сорт сорбента № 4, промытого ацетоном, — предназначен для анализа S-содержащих газов:  $H_2S$ ,  $COS$ ,  $SO_2$ ,  $CH_3SH$ ,  $(CH_3)_2S$ ,  $(CH_3)_2S_2$  (d e S o u z a T. L. C. e t a l., Anal. Chem., 1975, v. 47, No. 3, p. 543—545). 21. Подобен сорбенту № 10 (?). 22, 23. Сополимеры этилвинилбензола и ДВБ, для газовой хроматографии. Удерживание веществ на полимере № 22 меньше, чем на полимере № 23. 24—30. Микрозернистые гели для ВСЖХ. Гели «3010», «3011» и «3019» — сополимеры стирола и ДВБ, предназначены для адсорбционной и распределительной хроматографии в органических растворителях (рекомендованы для разделения ароматических и гетероциклических соединений, стероидов, алкалоидов). Сорт «3019» предназначен для препаративных работ, «3011» — для хроматографии с особенно высоким разрешением. Для адсорбционной хроматографии в органических растворителях предназначены также гели «3030» и «3040». Гель «3020» — для адсорбционной хроматографии в водных растворах (например для разделения водорастворимых витаминов, компонентов нуклеиновых кислот, синтетических красителей), он применим в области pH от 3 до 10. Модифицированный гель «3050» (с октадециловыми группами?) предназначен для распределительной хроматографии в водно-метанольных растворах (рекомендован для разделения жиров, сложных эфиров, ароматических веществ, инсектицидов, антибиотиков). 31. Сополимер стирола и ДВБ, для газовой хроматографии. 32. Сополимер этилвинилбензола и ДВБ, для газовой хроматографии. 33. Сополимер стирола и ДВБ (60 : 40), для газовой хроматографии. Насыпная плотность 0,2—0,3  $г/см^3$ .

№ п/п	Марки сорбентов и фирм-изготовитель	Тип полимера	Динольный момент	Средний диаметр пор, нм	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Зернище	
						меш	мкм
1	Amberlite XAD [R & H, США] XAD-7	Акриловый полиэфир	1,8	8	450	20—50	300—1000
2	XAD-8	То же	1,8	25	140	20—50	300—1000
3	XAD-9	Сульфоксид	3,9	36	70	20—50	300—1000
4	XAD-11	Полиамид	3,3	35	70	20—50	300—1000
5	XAD-12	Аминооксид	4,5	130	25	20—50	300—1000
6	XAD-284	Сульфополимер	5,0	4	600	20—50	300—1000
7	Servachrom XAD p.A. [Serva, ФРГ] XAD-7 p. A.	Акриловый полиэфир	1,8	8	450	} 20—50 —	300—1000
8	XAD-8 p.A.	То же	1,8	25	140		300—500
9	XAD-12 p.A.	Аминооксид	4,5	130	25		
10	Chromosorb [J-M, США] 107	Акриловый полиэфир			400—500	} 60—80 80—	160—250
11	108	То же			100—200		100 100—120

**Примечания.** 1—6. Назначение полимеров — адсорбция из водных и неводных сред. Порозность (в см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>): 0,55 (№ 1), 0,52 (№ 2). 7—9. Приготовлены посредством размола, рассева и очистки полимеров № 1, 2 и 5. 10. Рекомендуют для газовой хроматографии веществ различных классов, особенно смесей, содержащих формальдегид. Максимальная рабочая температура 250 °С. 11. Рекомендуют для хроматографии газов и полярных веществ: воды, спиртов, альдегидов, кетонов, гликолей и др. Максимальная рабочая температура 250 °С.

### 23. Полиамидные порошки

Полиамид 6: поли-ε-капроамид  $[-\text{HN}(\text{CH}_2)_5\text{CO}-]_n$  (синонимы: поликапролактам, найлон 6, перлон, капрон).

Полиамид 66: полигексаметиленадипамид  $[-\text{HN}(\text{CH}_2)_6\text{NHOC}(\text{CH}_2)_4\text{CO}-]_n$  (синонимы: полигексаметилендиамипадинат, найлон 66, перлон Т. анид)

Полиамид 11: поли-ω-аминоундеканамид  $[-\text{HN}(\text{CH}_2)_{10}\text{CO}-]_n$  (синоним: пайлон 11).

Полиамиды — сложные сорбенты, способные адсорбировать и липофильные, и гидрофильные вещества. Основными являются проноакцепторные сорбционные центры, которые образуют водородные связи с веществами, имеющими протонодонорные группы — гидроксильные, аминные, иминовые, карбоксильные, сульфо- и фосфогруппы.

Концевые аминные группы полиамидов обуславливают сорбцию нитрилов, нитросоединений, альдегидов. Концевые карбоксильные группы определяют катионообменную сорбционную способность.

Для подавления анионообменной способности, обусловленной наличием концевых аминогрупп, последние иногда блокируют ацетилированием. В результате ацетилирования подавляется также возможность необратимой адсорбции некоторых веществ, например хинонов, за счет химического присоединения к аминогруппам.

Общий характер полиамидов как сорбентов — неполярный. Элюотропный ряд растворителей имеет следующий вид: вода—этанол—метанол—ацетон—раствор NaOH — формамид — диметилформамид. Емкость поглощения на полиамидах сравнительно высокая.

Полиамиды устойчивы к действию большинства органических растворителей, к концентрированным щелочам и разбавленным кислотам. Неустойчивы к окислителям, растворяются в концентрированных минеральных кислотах, муравьиной, уксусной и трихлоруксусной кислотах, формамиде и диметилформамиде, феноле, крезоле. Температура плавления нейлонов 6, 66 и 11 — соответственно 225, 264 и 186 °С.

Обычные примеси в полиамидах — исходные мономеры. Перед использованием сорбенты рекомендуется промывать применяемым растворителем или растворителями, включающими уксусную кислоту, формамид и т. п.

Приготовление пластин для ТСХ имеет некоторые особенности. Так как порошки гидрофобны, их лучше суспендировать не в воде, а в метиловом или этиловом спирте или других органических растворителях. Жидкости обычно берут 3—4-кратное количество по отношению к массе сорбента. В качестве связующего чаще всего используют крахмал (гипс не используют). Сорбенты наносят на пластины обычным способом, пластины высушивают на воздухе, но активировать слой нагреванием не требуется. Данные о пластинах для ТСХ с готовыми полиамидными слоями приведены в разд. 141.

Порошки полиамидов используют в хроматографической практике с 1955—1956 гг. Полиамиды применяют для жидкостной адсорбционной хроматографии липофильных и гидрофильных веществ — фенолов, фенолгликозидов, флавоноидов (флавонов, халконов, катехинов и др.), кетонов, хинонов, лактонов, полиспиртов, углеводов, органических кислот, сульфокислот и сульфонамидов, тиаминот, ароматических нитросоединений, ДНФ- и дансил-производных аминокислот, азотистых гетероциклических соединений (индолов, хинолинов, алкалоидов, нуклеиновых оснований, нуклеозидов и нуклеотидов, желчных пигментов), стероидов и желчных кислот, каротиноидов, витаминов, антибиотиков, пестицидов.

Лит.: Тюкавкина Н. А., Литвиненко В. И., Шостаковская и М. Ф. Хроматография на полиамидных сорбентах в органической химии, Новосибирск, «Наука», 1973, 176 с.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Тип	Добавки	Назначение	Зернение, мкм
.	MN-Polyamid [MN, ФРГ]				
1	SC 6	6	Нет	КЖХ	<70
2	SC 6	6	Нет	КЖХ	<160
3	SC 6.6	66	Нет	КЖХ	<70
4	SC 6 AC	6ац	Нет	КЖХ	<160
5	DC 6	6		ТСХ	
6	DC 6 UV <sub>254</sub>	6	ФИ (254)	ТСХ	
7	DC 11	11	Нет	ТСХ	
8	DC 11 UV <sub>254</sub>	11	ФИ (254)	ТСХ	
9	DC 6.6	66	Нет	ТСХ	
10	DC 6.6 UV <sub>254</sub>	66	ФИ (254)	ТСХ	
11	DC 6 AC	6ац	Нет	ТСХ	
12	DC 11 AC	11ац	»	ТСХ	
13	DC 6.6 AC	66ац	»	ТСХ	

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Тип	Добавки	Назначение	Зернение, мкм
14	Woelm Polyamid [Woelm, ФРГ]	6	Нет	КЖХ	100—300
15	DC	6	Нет	ТСХ	<40
16	Polyamid-6 pulver [Serva, ФРГ]	6		КЖХ	100—300
17	Polyamidpulver Merck [Merck, ФРГ]	11	Нет	ТСХ	
18	Polyamidpulver [TS, ФРГ]			ТСХ	2—20
19	Polyamidpulver [RDH, ФРГ]			ТСХ	
20	D DF		Нет ФИ (254)	ТСХ ТСХ	
21	Baker TLC Polyamide [Baker, США]	6		ТСХ	<50 (≥80%)
22	6 11	6 11		ТСХ ТСХ	<40 (≥95%)
23	Polyamide [KLL, Англия]			КЖХ	30—125

Примечания. «ац» — ацетилированные полиамиды. 2, 4. Сорты для препаративных работ. 6, 8, 10. ФИ — силикат цинка. 14. Содержание веществ, растворимых в метаноле, 0,3%; насыпная плотность 0,25 г/см<sup>3</sup>. 17. Содержание мономеров 0,2—0,5%.

## 24. Прочие органические сорбенты

1. Нитроцеллюлоза (порошок)  $[-C_6H_7O_2(ONO_2)_3-]_n$ . Целлюлоза, этерифицированная азотной кислотой, состоит из рыхлой волокнистой массы, сохраняющей структуру исходной целлюлозы. Гидрофильность материала несколько снижается. Химическая стабильность нитроцеллюлозы невысока, сорбент медленно гидролизуется и денитрифицируется в разбавленных растворах минеральных кислот, разрушается в щелочных растворах. Многие органические вещества, например нитроглицерин, вызывают набухание нитроцеллюлозы с образованием гелей. В ацетоне, этаноле, этилацетате, метилэтилкетоне — растворяется. Неустойчива к нагреванию и легко воспламеняется.

Применяют в колоночной жидкостной хроматографии нуклеиновых кислот (Kla mer t h O., Nature, 1965, v. 208, No. 5017, p. 1318—1319; K i t S. et al., J. Virology, 1967, v. 1, No. 4, p. 738—746; S g a r a f e l l a V., Biochim. Biophys. Acta, 1969, v. 195, No. 2, p. 466—472; Боези Дж., Армстронг Р., в кн.: Методы исследования нуклеиновых кислот, М., «Мир», 1970, с. 125—127; Гуськова Л. И., Демуршкин В. П., Усп. химии, 1974, т. 43, N 7, с. 1241—1281).

NitroCel-S p. A. [Serva ФРГ]: высокоочищенная нитроцеллюлоза для хроматографии РНК и ДНК. Содержание азота 10—11%, зернение мелче 1 мкм, удельный объем в колонке 7,5 см<sup>3</sup>/г.

RS [НРС, США]: нитроцеллюлоза для КЖХ.

2. Полиакрилонитрил мелкозернистый  $[-CH_2CH(CN)-]_n$ . Устойчив к действию кислот (кроме муравьиной), спиртов, эфиров, кетонов, углеводородов. В щелочных растворах разрушается, растворяется в диметилформамиде. Проявлять серной кислотой с нагреванием нельзя: разрушаются нитрильные группы.

Применяют для разделения антоцианов и других веществ.

Полиакрилонитрил для ТСХ выпускает фирма Bayer [ФРГ].

3. Полиэтиленовый порошок  $[-C_2H_4-]_n$ . Гидрофобный пористый материал, устойчивый к действию кислот, щелочей и большинства органических растворителей (при обычной температуре). При повышенной температуре может набухать и даже растворяться в бензоле, толуоле, четыреххлористом углероде.

Применяют для хроматографического выделения, очистки и фракционирования порфириновых пигментов, например хлорофиллов, каротиноидов, и других веществ — как неполярный сорбент или носитель гидрофобных неподвижных жидкостей в распределительной хроматографии с обращенными фазами.

Лит.: Winsten W. A., *Anal. Chem.*, 1962, v. 34, No. 10, p. 1334—1335. Polyethylene powder [BDH, Англия]: порошок для хроматографии.

Mipor granules 14 CN-G [ESB, США]: то же, средний размер пор 1,5 мкм, порозность 0,8 см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>, зернение 600 мкм (30 меш).

4. Поливинилпирролидон  $[-CH_2CH(NC_4H_6O)-]_n$ . Нерастворимый специфический поглотитель полифенолов, танинов и связанных с ними белков. Применяют для поглощения пигментов из растительных экстрактов (Loomis W. D., Battaille J., *Phytochemistry*, 1966, v. 5, No. 3, p. 423—438; Selvendran R. R., Isherwood F. A., *Biochem. J.*, 1967, v. 105, No. 2, p. 723—728).

Polyclar AT [Serva, ФРГ]: порошок.

5. Поли(пара-2,6-дифенилфениленоксид)  $[-C_6H_4(C_6H_5)_2O-]_n$ . Предложен для газовой хроматографии Ван Вийком (van Wijk R., *J. Chromatog. Sci.*, 1970, v. 8, No. 7, p. 418—420). Полимер отличают высокий температурный предел (до 320—350 °С, на непродолжительное время — до 375 °С), короткое время кондиционирования, небольшие удельные объемы, минимальное проявление необратимости адсорбции. Недостаток сорбента — сравнительно низкая эффективность (ВЭТТ до 1,2 мм).

Адсорбент применяют для ГАХ высококипящих полярных веществ — спиртов, фенолов, полигликолей, моно- и диаминов, амидов, альдегидов, кетонов, метиловых эфиров дикарбоновых кислот и т. п.

Полимер оказался весьма эффективным для улавливания некоторых летучих веществ и устойчивого сохранения их в адсорбированном состоянии до пересылки в лабораторию и анализа (Zlatkiss A. et al., *Chromatographia*, 1973, v. 6, No. 2, p. 67—70; *Anal. Chem.*, 1973, v. 45, No. 4, p. 763—767). Его применяют при улавливании летучих компонентов мочи, выдыхаемого человеком воздуха, автомобильных выхлопных газов. Сорбент в колонках емкостью 2 см<sup>3</sup> предварительно кондиционируют 30 мин с гелием при 375 °С. Летучие компоненты улавливают пропусканьем через колонку при комнатной температуре, а десорбируют (с гелием) при 300 °С.

Полимер использовали также для извлечения из вод, с целью анализа, хлорированных и фосфорорганических пестицидов и полициклических углеводов (Leoni V. et al., *J. Chromatog.*, 1975, v. 106, No. 1, p. 119—124).

Тепак-GC [Enka, Нидерланды]: зернение 250—500 и 180—250 мкм (соответственно 35—60 и 60—80 меш).

6. Детергент Tide. «Тайд» — стиральный порошок, состоящий из наполнителя (сульфат, хлорид, фосфат и силикат натрия) и 20% поверхностно-активного вещества додецилбензолсульфоната натрия (Siponate DS-10; см. разд. 144). Порошок применяют в ГЖХ с 1956 г. Органическую часть порошка иногда заменяют на другую жидкую фазу по выбору, т. е. используют неорганическую основу в качестве твердого носителя. Исходный ПАВ удаляют промыванием порошка эфиром, гепаном или другим органическим растворителем.

Бытовой стиральный порошок содержит около 14% воды, которую перед набивкой сорбента в колонки следует удалить нагреванием до 100—110 °С в течение нескольких часов. Обезвоженный сорбент применяют для разделения сильно основных соединений и других веществ (Desty D. H., Harbourn S. L. A., *Anal. Chem.*, 1959, v. 31, No. 12, p. 1965—1970; Rogsaго P. J., Johnston V. D., *Ibid.*, 1961, v. 33, No. 3, p. 361—362).

Tide [VA, США]: для ГЖХ.

Tide Type E, Type F [Phase, Англия]: для ГЖХ — исходный порошок и порошок, из которого ПАВ экстрагирован.

## 25. Время удерживания на графитированной саже Carborack C

Сажу модифицированы добавлением полигликолей: 0,2% Carbowax 1500 (а) или 0,1% SP-1000 (б).

Разделяемые вещества	Время удерживания, мин	
	а (125 °С)	б (175 °С)
<b>Спирты</b>		
метилловый	0,45	0,40
этиловый	0,62	0,45
<i>изо</i> -пропиловый	0,90	0,54
<i>n</i> -пропиловый	1,10	0,57
<i>изо</i> -бутиловый	2,15	0,80
<i>n</i> -бутиловый	2,80	0,92
<b>Моноэфиры этиленгликоля</b>		
метил	1,95	0,85
этил	4,30	1,40
бутил	37,0	6,50
<b>Кетоны</b>		
ацетон	0,78	0,58
метилэтилкетон	1,55	0,82
метилизобутилкетон	8,50	2,19
<b>Эфиры</b>		
метилформиат	0,55	0,48
этилформиат	0,95	0,63
этилацетат	2,0	1,0
<i>изо</i> -пропилацетат	3,65	1,45
<i>n</i> -пропилацетат	5,3	1,85
<i>изо</i> -бутилацетат	12,2	3,4
<i>n</i> -бутилацетат	13,65	4,0
<b>Углеводороды</b>		
<i>n</i> -гексан	3,15	1,65
бензол	3,35	1,30
<i>n</i> -гептан	4,45	4,7
толуол	13,6	3,8
<i>n</i> -октан	14,1	11,0
<i>m</i> -, <i>n</i> -ксилол	30,6	12,6
<i>o</i> -ксилол		14,0
<b>Хлоралкилы</b>		
хлористый метилен	0,7	0,50
1,1-дихлорэтан	1,2	0,65
хлороформ	1,4	0,70
1,2-дихлорэтан	1,6	0,75
1,1,1-трихлорэтан	2,05	1,00
четырёххлористый углерод	2,2	0,95
трихлорэтилен	3,3	1,28
1,1,2-трихлорэтан	4,2	1,40
перхлорэтилен	8,05	2,25
1,1,1,2-тетрахлорэтан	12,0	3,1
1,1,2,2-тетрахлорэтан	13,2	3,3
<b>Разные</b>		
тетрагидрофуран	1,25	0,68
диметилформамид	1,45	1,20
2-нитропропан	2,5	0,90

## 26. Время удерживания (в мин) на полиароматических сорбентах Рогарак

(30 °С, колонка 0,23×100 см, расход газа-носителя 25 мл/мин)

Разделяемые вещества	Рогарак							
	P	P-S	Q	Q-S	R	S	N	T
O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , Ar	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
CO	0,23	0,24	0,24	0,24	0,27	0,24	0,24	0,24
NO	0,27	0,25	0,30	0,30	0,28	0,26	0,28	0,28
CH <sub>4</sub>	0,26	0,25	0,37	0,38	0,32	0,38	0,35	0,39
NO <sub>2</sub>	0,35	0,26	0,60	0,60	0,42	0,26	0,28	0,29
CO <sub>2</sub>	0,35	0,34	0,65	0,58	0,60	0,66	0,90	1,26
N <sub>2</sub> O	0,42	0,39	0,77	0,74	0,66	0,81	0,93	1,22
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,53	0,50	1,15	0,98	1,16	1,20	1,99	2,96
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,45	0,43	1,15	1,03	0,90	1,01	1,22	1,32
NH <sub>3</sub>	0,65	0,66	1,52	0,88	1,88	1,77	1,89	2,71
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,54	0,49	1,60	1,39	1,16	1,36	1,50	1,54
H <sub>2</sub> O	1,31	1,39	1,87	1,63	7,82	7,39	13,7	24,0
COS	1,14	1,08	3,70	3,21	2,83	3,46	4,05	4,71
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	1,15	1,21	3,90	3,85	3,97	4,62	8,98	11,9
CHClF <sub>2</sub>	1,21	1,22	4,32	3,34	5,60	5,60	11,1	13,9
SO <sub>2</sub>	2,49	2,20	5,87	5,07	10,8	23,8	16,5	22,5
CH <sub>3</sub> Cl	2,09	2,23	6,16	5,55	5,72	6,99	9,75	11,9
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	1,39	1,01	6,43	5,33	4,43	5,38	7,13	7,26
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,39	1,01	7,23	6,26	5,00	5,97	7,13	7,26
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	1,42	1,51	7,42	6,98	5,72	7,12	9,77	10,3
(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O	4,40	4,72	12,7	11,8	12,5	14,8	24,7	34,0
C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> ClF <sub>2</sub>	2,02	2,50	15,4	11,2	11,7	13,7		
C <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	10,4		25,8	23,3	19,1	23,2		

(175° С; остальные условия те же)

Разделяемые вещества	Рогарак							
	P	P-S	Q	Q-S	R	S	N	T
Вода	0,39	0,44	0,28	0,45	0,61	0,54	0,94	0,91
Метанол	0,45	0,51	0,63	0,74	0,84	0,83	1,34	1,18
Формальдегид	0,45	0,49	0,66	0,70	0,88	0,86	1,35	0,83
Ацетальдегид	0,45	0,51	0,83	0,93	0,88	0,93	1,54	1,25
Этанол	0,56	0,63	1,07	1,27	1,43	1,45	2,55	2,23
Муравьиная кислота	0,68	0,68	1,11	1,04	1,72	1,92	5,68	0,91
Ацетонитрил	0,75	0,88	1,41	1,57	1,67	1,73	3,45	3,24
Окись пропилена	0,63	0,74	1,55	1,80	1,57	1,64	2,82	2,15
Пропионовый альдегид	0,71	0,76	1,67	1,89	1,76	1,90	3,30	2,63
Ацетон	0,72	0,80	1,69	1,92	1,82	1,94	3,77	3,22
Изопропанол			1,73					
Хлористый метилен	0,91	0,90	1,84	2,22	1,90	2,18	3,54	2,64
Акрилонитрил	0,84	0,95	1,91	2,22	2,21	2,36	4,58	4,13
Уксусная кислота	0,87	0,97	2,07	2,08	6,11	9,50	9,30	9,20
Метилацетат	0,76	0,84	2,07	2,39	2,08	2,18	4,15	3,56
Пропанол	0,83	0,93	2,36	2,63	3,08	3,18	5,98	5,13

Разделяемые вещества	Порapak							
	P	P-S	Q	Q-S	R	S	N	T
Пентан	0,63	0,65	2,47	2,95	2,24	2,33	3,40	2,26
Изомасляный альдегид	0,88	0,99	2,95	3,43	3,13	3,36	6,28	5,04
Масляный альдегид	1,04	1,15	3,50	3,90	3,62	3,99	7,57	6,20
2-Бутанон	1,11	1,19	3,62	4,02	3,83	4,21	8,33	6,82
Хлороформ	1,21	1,28	3,71	3,95	3,99	3,93	6,70	6,00
Этилацетат	1,07	1,15	4,00	4,68	4,03	4,28	8,33	6,97
Изобутанол	1,19	1,29	4,45	4,95	5,79	6,01	12,2	10,0
Пропионовая кислота	1,45	1,58	4,48	4,64				20,7
Гексан	0,94	0,94	4,93	5,50	4,67	4,97	6,94	4,84
Бутанол	1,40	1,49	5,28	5,88	6,86	7,25	14,4	12,1
Бензол	1,60	1,76	5,73	6,38	5,78	6,21	9,86	8,08
Четыреххлористый углерод	1,44	1,45	5,73	6,27	5,00	5,32	8,12	6,49
Изопропилацетат	1,39	1,38	6,56	7,86	16,2	7,15	14,2	11,5
Пропилацетат	1,75	1,73	8,50	10,1	19,6	9,10	18,3	15,5
Изопентанол	2,16	2,15	10,4	11,5	13,6	14,2	29,5	24,7
Гептан	1,55	1,49	11,2	12,5	10,2	10,2	15,1	10,6
Пентанол	2,46	2,49	12,1	13,5	15,8	16,7	34,2	28,4
Толуол	2,75	3,00	13,4	14,8	11,3	14,2	22,5	17,7

## 27. Время удерживания и индексы удерживания на полиароматических сорбентах Chromosorb 101—108

(190 °C; колонка 0,3×122 см, материал — стекло; зернение сорбентов 150—180 мкм; расход газа-носителя 60 мл/мин)

Разделяемые вещества	Время удерживания, мин					Индексы удерживания				
	101	102	103	104	105	101	102	103	104	105
<b>Спирты</b>										
метиловый	0,46	0,43	0,46	1,05	0,50	440	360	420	625	365
этиловый	0,57	0,65	0,57	1,38	0,79	495	425	495	690	435
изо-пропиловый	0,71	0,94	0,67	1,57	1,17	555	485	540	720	490
n-пропиловый	0,83	1,11	0,87	2,28	1,51	595	510	595	795	535
трет-бутиловый	0,74	1,20	0,77	1,96	1,64	565	525	575	765	545
втор-бутиловый	0,98	1,60	1,09	2,57	2,26	635	570	655	820	615
изо-бутиловый	1,12	1,84	1,19	3,19	2,61	665	595	660	865	625
n-бутиловый	1,31	2,08	1,41	3,99	3,07	700	615	705	905	655
трет-амиловый	1,24	2,38	1,34	3,43	3,44	690	635	695	780	665
изо-амиловый	1,87	3,55	2,07	5,96	5,51	775	700	780	985	755
n-амиловый	2,13	3,91	2,36	5,88	6,30	805	725	810	980	760
<b>Гликоли</b>										
этилен-	1,91	1,40				780	625			
1,3-пропилен-	3,67	2,61				910	745			
2,3-бутилен-	2,83	2,54				865	740			



Разделяемые вещества	Время удерживания, мин					Индексы удерживания				
	101	102	103	104	105	101	102	103	104	105
1,3-бутилен-	4,47	3,55				950	810			
1,4-бутилен-	6,63	4,78				1030	895			
бутен-	7,30	4,88				1050	865			
бутин-	9,01	5,41				1090	885			
Кетоны										
ацетон	0,70	0,91	0,43	1,85	1,06	555	480	530	755	465
метилэтилкетон	1,03	1,61	0,67	2,92	2,03	645	570	640	850	580
диэтилкетон	1,60	2,88	1,04	4,54	3,06	745	665	735	935	675
Альдегиды										
уксусный	0,48	0,53	0,45	1,00	0,59	440	400	410	615	395
пропионовый	0,69	0,90	0,66	1,60	1,05	550	475	535	725	480
масляный	1,02	1,57	0,99	2,65	2,02	645	565	630	830	580
Кислоты										
уксусная	0,88	0,70		6,02	1,74	610	435		985	555
пропионовая	1,37	1,07		9,32	3,46	715	495		1070	655
масляная	2,15	2,00		15,02	6,91	805	610		1155	765
валериановая	3,60	3,60		25,92	14,40	910	705		1255	875
Эфиры										
дипропиловый	1,27	0,81	0,84			645	510	690		
дипропиловый	3,26	5,21	2,23			885	880	885		
метилацетат	0,75	1,08	0,48	1,51	1,20	570	505	560	710	500
этилацетат	1,01	1,70	0,64	2,14	2,09	655	580	630	785	585
пропилацетат	1,55	3,10	1,00	3,58	4,09	735	680	730	885	685
бутилацетат	2,53	5,77	1,66	6,06	8,24	540	780	825	990	790
Хлоралкны										
хлористый метилен	0,77	1,10	0,51	1,54		590	510	575	715	
хлороформ	1,07	1,82	0,74			675	590	660		
четырёххлористый углерод	1,27	2,58	0,92	1,66	2,91	720	650	710	730	635
1,2-дихлорэтан	1,32	2,15	0,91			725	620	705		
1,2-дихлорпропан	1,62	3,20	1,13			775	685	755		
Разные										
циклогексан	1,37	2,62	1,38	1,50	3,02	700	650	695	710	640
циклогексен	1,51	2,71	1,51	1,75		730	655	715	735	
бензол	1,60	2,61	1,55	2,72	2,93	745	650	720	835	635
метилбензол	2,59	4,81	2,57	4,56		845	750	820	935	
этилбензол	4,10	8,63	4,24	7,05		935	845	910	1020	
фенол	8,13	6,01				1070	905			
диоксан	1,84	3,00	1,23	4,55		775	675	770	935	
нитрометан	1,05	1,12		4,62	1,49	650	510		935	530
метиламин			0,43					390		
этиламин			0,53					470		
этилдиамин			1,69					740		
анилин			2,97					1140		

Разделяемые вещества	Время удерживания, мин					Индексы удерживания				
	101	102	103	104	105	101	102	103	104	105
пиридин	2,28	3,68	1,60	7,38	5,09	850	705	820	1025	720
ацетонитрил	0,77	0,87	0,75	3,05	1,01	580	460	565	855	480
пропионитрил	1,07	1,39	1,04	4,37	1,73	660	550	640	925	560

(200 °С; остальные условия те же)

Разделяемые вещества	Индексы удерживания								
	101	102	103	104	105	106	107	108	
Ацетонитрил	580	460	565	885	480	405	550	605	
<i>трет</i> -Бутанол	565	525	575	735	545	505	620	645	
Метилэтилкетон	645	570	640	860	580	540	650	675	
Бензол	745	650	720	845	635	605	660	710	

### III. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ СИТА

28. Декстрановые гели — сефадексы . . . . .	55
29. Агарозные гранулированные гели . . . . .	57
30. Поперечношитые агарозные гели . . . . .	62
31. Полиакриламидные гели . . . . .	62
32. Поливинилацетатные гели . . . . .	63
33. Полистирольные гели . . . . .	66
34. Прочие органические гели . . . . .	69
35. Пористые стекла с контролируемым размером пор . . . . .	70
36. Аэросилогели . . . . .	71
37. Цеолиты-молекулярные сита для газовой хроматографии . . . . .	76
38. Угольное молекулярное сито . . . . .	78
39. Набухаемость гранулированных гелей в органических растворителях . . . . .	78
40. Сопротивление потоку (падение давления) на колонках с сефадексами и агарозными гелями . . . . .	79
41. Скорость фильтрации на колонках с сефадексами и агарозными гелями . . . . .	80
42. Максимальная скорость фильтрации при оптимальном гидростатическом давлении для сильно набухающих сефадексов . . . . .	80

#### 28. Декстрановые гели — сефадексы (табл. на стр. 58)

Сефадексы получают при взаимодействии растворимых декстранов с эпихлоргидрином, в результате чего полисахаридные цепи  $[-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5\text{O}(\text{OH})_3-\text{O}]_n$  сшиваются мостиками  $-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2-\text{O}-$ . В набухом состоянии имеют гелевую структуру, при высушивании образуется ксерогель. Обладают сильно выраженными гидрофильными свойствами. Наличие гидроксильных групп обуславливает небольшую сорбционную способность (0,02—0,04 мг-экв/г). На сефадексах избирательно адсорбируются некоторые липофильные вещества, особенно ароматические и гетероциклические. Гранулированные декстрановые гели устойчивы к действию органических растворителей, растворов щелочей и разбавленных растворов кислот (HCl до 0,1 н.). Рабочая область pH лежит в пределах от 2 до 10. Сильные минеральные кислоты в концентрации выше 0,1 н. могут вызывать гидролиз поперечно-сшивающих мостиков. Декстраны неустойчивы также к действию окислителей, вызывающих появление в геле карбоксильных групп. Сефадексы подвержены бактериальному действию при длительной работе или хранении во влажном состоянии, поэтому необходимо введение антисептиков: 0,02% азиды натрия или 0,001% мертиолат или насыщение буферного раствора хлороформом. Термостойкость сефадексов в сухом состоянии составляет 120 °C. Возможна стерилизация их в автоклаве: 30 мин при 100—120 °C, но только в нейтральной среде.

Сефадексы отмывают от необменно поглощенных липофильных веществ раствором детергента, спиртом или 1%-ным раствором щелочи (слабонабухающие гели при этом можно нагреть до 60 °C). Хранить сефадексы лучше в сухом виде, промыв их спиртом и высушив под вакуумом при 60—80 °C.

Сефадексы разработаны в 1959 г. Поратом и Флудином (P o r a t h J., F l o d i n P., Nature, 1959, v. 183, No. 4676, p. 1657—1659) в качестве молекулярных

сит для жидкостной гель-проникающей хроматографии (ГПХ; синонимы: эксклюзионная хроматография, гель-хроматография, гель-фильтрация; по отношению к сефадексам чаще применяют последний термин). В 1959 г. в Швеции было освоено промышленное производство гранулированных гелей. В Венгрии такие же гели производят с 1964 г.

Разделение веществ методом ГПХ не связано с сорбцией в буквальном смысле (хотя в более широком смысле основной процесс на гелях можно рассматривать как абсорбцию). Скорость движения компонентов смеси по колонке зависит от того, насколько проникает внутренний объем гранул для разделяемых молекул. Не разделяются (в пределах своей группы) вещества с молекулами крупнее так называемого предела эксклюзии (порога проницаемости) и вещества с очень мелкими молекулами, которые беспрепятственно проникают в гель. Первые проходят через колонку быстрее всех (их удерживаемый объем равен свободному, или транспортному, объему колонки  $V_M$ ), вторые задерживаются в колонке и выходят из нее последними, так как проходят наибольший путь, включая путь во внутреннем объеме зерен. Для каждого из гелей имеется область ограниченной проницаемости, в пределах которой скорость элюирования зависит от размера молекул (для однотипных молекул объем удерживания обратно пропорционален логарифму молекулярной массы). Вещества, молекулярные массы которых различаются на 10—25%, могут быть разделены методом ГПХ.

Предел эксклюзии геля определяют по графику зависимости элюируемого объема от молекулярной массы, он соответствует элюируемому объему, который на 10% отличается от свободного объема  $V_M$ , т. е. объема растворителя вне зерен геля ( $V_M$  определяют по выходу высокомолекулярного вещества, заведомо не проникающего в гель). Предел эксклюзии в некоторой мере зависит и от формы молекул: для линейных полисахаридных молекул предел эксклюзии ниже, чем для глобулярных белков. Точность определения молекулярной массы белков методом ГПХ возрастает, если добавлением карбамида, гуанидина или SDS (додecilсульфата натрия) глобулярные молекулы белков перевести в вытянутую форму.

Сефадексы — типичные мягкие гели. Они характеризуются большой проницаемостью, высокой эффективностью разделения и высокой емкостью. Фактор емкости  $V_S/V_M$  (отношение объемов растворителя внутри геля и вне его) равен 2—3. Недостаток — сильная сжимаемость, особенно у сильно набухающих сефадексов. Под давлением жидкости слой в колонке может деформироваться, вследствие чего скорость фильтрации придется существенно ограничивать.

При фракционировании веществ методом ГПХ загрузка сефадекса раствором пробы достигает 1—4% от объема набивки в колонке. Элюирование всех компонентов смеси обычно заканчивается при прохождении через колонку объема элюента, равного полному объему набивки. Ожидаемое разбавление вещества в элюате — 5—20-кратное. ГПХ на сефадексах — исключительно мягкий метод разделения веществ, очень редко приводящий к денатурации лабильных соединений. Выход вещества, если нет специфической адсорбции, приближается к 100%.

Сефадексы очень часто применяют для обессоливания, т. е. группового фракционирования смеси, позволяющего отделить высокомолекулярное вещество от низкомолекулярных примесей. При обессоливании загрузка колонок раствором составляет обычно 10—25% (иногда до 30—40%) от объема набивки, независимо от концентрации вещества в растворе. Одно из важных преимуществ обессоливания на сефадексах и других подобных гелях — высокая скорость. Разбавление основного вещества в элюате можно свести к минимуму (до 1,25).

Сефадексы набухают и, следовательно, могут быть использованы в водных, водно-спиртовых растворах и некоторых органических растворителях: диметилсульфоксиде, формамиде (слабо набухающие гели — также в диметилформамиде). Специально для работы в полярных органических растворителях (см. разд. 39) предназначен липофильный сефадекс LH-20, который получают введением в матрицу оксипропиловых групп (производится с 1966 г.).

Применяют сефадексы для фракционирования высокомолекулярных веществ (вплоть до вирусов), очистки и обессоливания биологических субстратов, фрак-

ционирования полимеров и аналитического определения молекулярной массы. Специфические применения — отделение избытка метчика от меченых высокомолекулярных веществ после введения радиоактивной метки, отделение несвязанных молекул красителя после приготовления флуоресцирующих антигел. Липофильный сефадекс LH-20 применяют для ГПХ и адсорбционной хроматографии при разделении липидов, стероидов, ароматических и циклических соединений и других высокомолекулярных веществ.

В настоящее время все сефадексы вырабатывают в микросферической, бисерной форме (раньше их выпускали в виде гранул произвольной формы). Рекомендуется применять «грубые» гели (100—300 мкм) для промышленных целей, концентрирования растворов высокомолекулярных веществ (с помощью сухих гелей) и быстрого обессоливания неустойчивых веществ; «средние» (50—150 мкм) — для препаративных целей, обессоливания и массовых анализов; «тонкие» (20—80 мкм) — для лабораторных исследований и «сверхтонкие» (10—40 мкм) — для ТСХ или для ГПХ с наивысшим разрешением.

## 29. Агарозные гранулированные гели (табл. на стр. 60)

Разработаны Хьёртеном в 1964 г. (Hjertén S., *Biochim. Biophys. Acta*, 1964, v. 79, No. 2, p. 393—398). Гранулированный гель образуется в результате связывания водородными мостиками цепей агарозы (полисахарида на основе галактозы):  $\text{I—O—C}_5\text{H}_5\text{O (OH)}_2 \text{ (CH}_2\text{OH)—O—C}_6\text{H}_7\text{O}_2 \text{ (OH)—I}_n$ . Приготавливают гели из высокоочищенной агарозы — нейтрального компонента агара. Адсорбционная активность гелей крайне низка. Агарозные гели химически малоустойчивы. Их структура нарушается в присутствии гуанидина или карбамида в больших концентрациях (особенно в случае геля с 2% агарозы и ниже). Не рекомендуется использовать органические растворители (хлороформ, толуол), сильные окислители, боратные буферные растворы. Бораты образуют комплексы с ОН-группами, что приводит к изменению хроматографических характеристик геля. Время нахождения гелей в 0,1 М растворах NaOH или HCl не должно превышать 2—3 ч. Рабочая область рН лежит в пределах от 4 до 9—10, оптимальная область рН — от 5 до 8.

Устойчивость геля к бактериальному действию намного выше, чем у исходного агара, но все же в состав элюентов желателно вводить антисептики: 0,02% азида натрия, 0,5% бутанола, насыщенный раствор хлороформа. Для стерилизации гелей можно использовать 0,01%-ный раствор диэтилпирукарбоната.

Механическая прочность гранул удовлетворительная, но высушивание или замораживание не допускаются во избежание необратимых нарушений структуры. Гели можно использовать при температуре не ниже 0—5 и не выше 25—40 °С.

Агарозные гели предназначены для ГПХ в водных растворах (см. разд. 28). Им присущи все достоинства и недостатки, свойственные мягким гелям. В зависимости от скорости фильтрации и концентрации элюента высота слоя в колонке может довольно сильно изменяться. Для улучшения воспроизводимости результатов рекомендуется механически фиксировать положение слоя в колонке при максимальной скорости фильтрации и применять элюенты с высокой концентрацией солей или спирта.

По сравнению с сильно набухающими сефадексами и полиакриламидными гелями агарозы обладают большей жесткостью и выдерживают более высокие давления. Уступая полиакриламидным гелям по разделительной способности, они в целом дают лучшие результаты, так как этот недостаток агароз можно компенсировать применением длинных колонок (за счет лучших фильтрационных свойств). Так как разные фирмы используют различные методы для выделения агарозы (отделения агаропектина от агара), продукты могут иметь различную чистоту и молекулярную массу. Это отражается и на хроматографических характеристиках гранулированных агароз — их прочности, адсорбционной способности и т. п. В большинстве случаев гели производят в бисерной форме, но выпускают также гранульные гели с зернами произвольной формы. Поставляют гели в гидратированном состоянии, с раствором, содержащим антисептики, обычно — 0,02% азида натрия и 0,001 М ЭДТА (окончание на стр. 62).

№ п/п	Марки гелей и фирма-изготовитель	Интервалы фракционирования по мол. массе		Емкость поглоще- ния воды, г/г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Время набуха- ния, ч	Предельное давление в колонке, см вод. ст.	r Зернение (в сухом виде), мкм
		пептиды, глобу- лярные белки	декстраны, поли- этиленгликоли					
	Sephadex [Ph, Шве- ция]							
1	G-10	—700	—700	0,9—1,1	2—3	3 (1)	>200	40—120
2	G-15	—1500	—1500	1,3—1,7	2,5—3,5	3 (1)	>200	40—120
3	G-25	$1 \cdot 10^3$ — $0,5 \cdot 10^4$	$100$ — $0,5 \cdot 10^4$	2,3—2,7	4—6	3 (1)	>200	100—300
4	G-50	$1,5 \cdot 10^3$ — $3 \cdot 10^4$	$500$ — $1 \cdot 10^4$	4,7—5,3	9—11	3 (1)	>200	
5	G-75	$3 \cdot 10^3$ — $8 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$ — $5 \cdot 10^4$	7—8	12—15	24 (2—3)	160	20—80
6	G-75 Superfine	$3 \cdot 10^3$ — $7 \cdot 10^4$						10—40
7	G-100	$4 \cdot 10^3$ — $15 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$ — $10 \cdot 10^4$	9—11	15—20	48 (3—5)	96	20—80
8	G-100 Superfine	$4 \cdot 10^3$ — $10 \cdot 10^4$						10—40
9	G-150	$5 \cdot 10^3$ — $30 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$ — $15 \cdot 10^4$	13,5— 16,5	20—30	72 (3—5)	36	20—80
10	G-150 Superfine	$5 \cdot 10^3$ — $15 \cdot 10^4$			18—22			10—40
11	G-200	$5 \cdot 10^3$ — $60 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$ — $20 \cdot 10^4$	18—22	30—40	72 (3—5)	16	20—80

12	G-200 Superfine	$5 \cdot 10^3 - 25 \cdot 10^4$			20—25		10—40
13	LH-20	$-0,5 \cdot 10^4$			4,0—4,5	3	25—100
	Molszelekt [Rean, BHP]						
14	G-10		—700	0,8—1,2	2—3	2—3	50—100, 100—320
15	G-15		—1500	1,3—1,7	2,5—3,5	2—3	50—100, 100—320
16	G-25		$100 - 0,5 \cdot 10^4$	2,0—3,0	4—6	8	50—100, 100—320
17	G-25			2,4—2,6		5	10—40
18	G-50		$500 - 1 \cdot 10^4$	4,5—5,5	9—11	8	50—100, 100—320
19	G-50			4,5—5,5		5	10—40
20	G-75		$1 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^4$	7—8	12—15	24	50—100
21	G-100		$1 \cdot 10^3 - 10 \cdot 10^4$	8—12	15—20	48	50—100
22	G-200		$1 \cdot 10^3 - 20 \cdot 10^4$	16—24	30—40	72	50—100
23	G-200			20		24	10—40

Примечания. 1—12. Содержание ОН-групп 0,02 мг-экв/г. Рекомендуемое время полного набухания геля дано для комнатной температуры и, в скобках, для температуры кипящей водяной бани. 13. Липофильный гель получают алкилированием геля № 3. Удельный объем в колонке указан для геля, набухшего в воде или метаноле; в хлороформе, бутаноле, тетрагидрофуране удельный объем меньше: 3,0—3,5 см<sup>3</sup>/г. 14—23. Содержание ОН-групп не более 0,03—0,04 мг-экв/г.

№ п/п	Марки гелей и фирма-изготовитель	Концентрация геля, %	Теоретический диаметр пор, нм	Интервалы фракционирования по мол. массе (белки, вирусы)	Предельное давление в колонке, см вод. ст.	Скорость фильтрации	Зернение	
							меш	мкм
	Sagavac (Sagarose)* [Ser, Англия]; Ago-Gel [S/M, США]							
1	10С, 10F	10	15	$1 \cdot 10^4 - 0,25 \cdot 10^6$	}		60—100	142—250 (С)
2	9С, 9F	9	18	$2,5 \cdot 10^4 - 0,5 \cdot 10^6$				
3	8С, 8F	8	20	$2,5 \cdot 10^4 - 0,7 \cdot 10^6$				
4	7С, 7F	7	24	$5 \cdot 10^4 - 1,5 \cdot 10^6$				
5	6С, 6F	6	30	$5 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^6$				
6	5С, 5F	5	36	$5 \cdot 10^4 - 7 \cdot 10^6$				
7	4С, 4F	4	40	$20 \cdot 10^4 - 15 \cdot 10^6$				
8	3С, 3F	3	70	$50 \cdot 10^4 - 50 \cdot 10^6$				
9	2С, 2F	2	88	$50 \cdot 10^4 - 150 \cdot 10^6$				
	Bio-Gel A [BRL, США]							
10	A-0,5m	10		$< 1 \cdot 10^4 - 0,5 \cdot 10^6$	>100	110	50—100	150—300
						35	100—200	75—150
						15	200—400	40—75
11	A-1,5m	8		$< 1 \cdot 10^4 - 1,5 \cdot 10^6$	>100	90	50—100	150—300
						30	100—200	75—150
						10	200—400	40—75
12	A-5m	6		$1 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^6$	>100	70	50—100	150—300
						20	100—200	75—150
						9	200—400	40—75
13	A-15m	4		$4 \cdot 10^4 - 15 \cdot 10^6$	90	50	50—100	150—300
						15	100—200	75—150
						6	200—400	40—75



14	A-50m	2	$10 \cdot 10^4 - 50 \cdot 10^6$	50	30	50—100	150—300
15	A-150m	1	$100 \cdot 10^4 - >150 \cdot 10^6$	30	10 15 4	100—200 50—100 100—200	75—150 150—300 75—150
16	Gelarose [Litex, Дания] 10%	10					
17	8%	8					
18	6%	6					
19	4%	4					
20	2%	2					
21	Sepharose [Ph, Швеция] 6B	6	$1 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^6$	>200			40—210
22	4B	4	$6 \cdot 10^4 - 20 \cdot 10^6$	80			40—190
23	2B	2	$7 \cdot 10^4 - 40 \cdot 10^6$	40			60—250
24	Servachrom A [Serva, ФРГ] A 6	6					100—150
25	A 4	4					100—150
26	A 2	2					100—150
27	Indubiose beads [IBF, Фран- ция] A-6	6	$1 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^6$				100—160
28	A-4	4	$4 \cdot 10^4 - 15 \cdot 10^6$				100—160
29	A-2	2	$30 \cdot 10^4 - 50 \cdot 10^6$				100—160

Примечания. 1—9. Гели в виде гранул — частиц произвольной формы (в отличие от микросферических гелей других фирм). 10—15. Скорость фильтрации воды определена в мл/(см<sup>2</sup>·ч) на колонках высотой 13 см, при гидростатическом давлении 15 см вод. ст. 21—23. Интервалы фракционирования по полисахаридам:  $1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^6$  (№ 21),  $3 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^6$  (№ 22),  $1 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^7$  (№ 23).

Агарозные гранулированные гели применяют для выделения и фракционирования очень крупных молекул, в том числе вирусов, бактериофагов, субклеточных частиц (например рибосом), белков, нуклеопротеидов, нуклеиновых кислот, полисахаридов. От других мягких гелей агарозы отличает более широкие интервалы фракционирования. Агарозы используют также в качестве носителей биоспецифических сорбентов для аффинной хроматографии (см. разд. 120),

### 30. Поперечносшитые агарозные гели

Поперечное сшивание агарозных цепей с участием истинных ковалентных связей приводит к значительному улучшению химической и термической стабильности гелей. Поперечносшитые гели можно использовать в органических растворителях — спиртах, диметилформамиде, тетрагидрофуране, ацетоне, диоксане, хлороформе, дихлорэтане, диметилсульфоксиде, а также в присутствии веществ, обладающих большой диссоциирующей силой — гуанина (при концентрации до 6 М), карбамида (до 8 М), изотроцианата калия (до 3 М). Гели устойчивы в широком интервале рН, а в нейтральной среде их можно стерилизовать в автоклаве при 110—120 °С. В 10 М HCl или кипящей 1 М уксусной кислоте гели можно полностью растворить.

Применение поперечносшитых агарозных гелей в общем аналогично применению таких же гелей с водородными мостиками (см. разд. 29). Преимущества сшитых гелей наиболее полно выявляются при использовании их для получения биоспецифических сорбентов для аффинной хроматографии (см. носители Affi-Gel, разд. 120).

Лит.: P o r a t h J. e t a l., J. Chromatog., 1971, v. 60, No. 2, p. 167—177.

№ п/п	Марки гелей и фирма-изготовитель	Концентрация геля, %	Интервалы фракционирования по молекулярной массе		Предельное давление в колонке, см вод. ст.	Зерниность мкм,
			белки, вирусы	полисахариды		
	Sepharose CL [Ph, Швеция]					
1	CL-6B	6	1·10 <sup>4</sup> —4·10 <sup>6</sup>	1·10 <sup>4</sup> —1·10 <sup>6</sup>	>200	40—210
2	CL-4B	4	6·10 <sup>4</sup> —20·10 <sup>6</sup>	3·10 <sup>4</sup> —5·10 <sup>6</sup>	120	40—190
3	CL-2B	2	7·10 <sup>4</sup> —40·10 <sup>6</sup>	10·10 <sup>4</sup> —20·10 <sup>6</sup>	60	60—250

Примечание. Поперечносшивающие мостики —CH<sub>2</sub>CH(OH)CH<sub>2</sub>—O— —CH<sub>2</sub>— образуются в результате взаимодействия обычных гранулированных гелей (разд. 29) с 2,3-дибромпропанолом в сильнощелочной среде. Кроме того, продукты подвергают щелочному гидролизу в присутствии восстановителя (NaBH<sub>4</sub>), благодаря чему из гелей удаляются остаточные сульфогруппы (обуславливающие удержание основных белков). Гели устойчивы в области рН от 3 до 14, термостойкость — до 70 °С. Выпускаются с 1975 г.

### 31. Полиакриламидные гели (табл. на стр. 64)

Гранулированные гели для ГПХ получают сополимеризацией акриламида H<sub>2</sub>C=CHCONH<sub>2</sub> и N, N'-метилен-бис-акриламида H<sub>2</sub>C=CHCONHCH<sub>2</sub>NHCOCH=CH<sub>2</sub>. (H j e r t e n S., M o s b a c h R., Anal. Biochem., 1962, v. 3, No. 2, p. 109—118).

Гели имеют сильно гидрофильный характер, степень их гидрофильности выше, чем у декстранов. В органических растворителях не набухают. По инертности полиакриламидные гели намного превосходят сефадексы. Содержание свободных ионогенных групп у них на порядок ниже, чем у сефадексов (приблизительно 2 мкг-экв/г). Ионообменная адсорбция крайне невелика, она ограничивается лишь сильно кислыми и сильно основными веществами и высшими ароматическими соединениями. Ионообменная способность гелей подавляется при использовании элюентов с ионной силой не ниже 0,02. Преимущества по сравнению с сефадексами особенно проявляются при работе с углеводами и углеводсодержащими веществами, адсорбция которых на полиакриламидах гораздо слабее.

Полиакриламиды обладают высокой химической стабильностью. Они устойчивы к действию карбамида, гуанидина, органических кислот (уксусной, муравьиной), детергентов типа SDS. Рабочая область pH от 1—2 до 10—11, т. е. несколько шире, чем у сефадексов. В щелочных растворах (>0,1 н.) амидные группы полимера подвержены гидролизу, что приводит к образованию карбоксильных групп и появлению катионообменных свойств (катионообменная емкость исходных гелей минимальна — не превышает 0,05 мкг-экв/г). Кислоты в концентрации выше 0,1 н. гидролизуют аминогруппы поперечных связей. Полиакриламиды неустойчивы к действию сильных окислителей. Гели выдерживают стерилизацию в автоклаве, но при температуре выше 120 °C полимер разлагается. В рабочих условиях не рекомендуется использовать температуру выше 30—40 °C. Устойчивость полиакриламидов к бактериальному действию выше, чем у сефадексов, но все же недостаточна; при хранении геля во влажном состоянии требуется добавлять антисептик, например 0,1% азид натрия.

Области применения полиакриламидных гелей те же, что и сефадексов (см. разд. 28). Для обессоливания наиболее пригодны гели марок от P-2 до P-10. Гель P-2 успешно применяют для обессоливания пептидов и нуклеотидов. Сорбционные свойства полиакриламидов используют при разделении основных белков, нуклеотидов, нуклеозидов и нуклеиновых оснований методом адсорбционной хроматографии (В о p i l l a С. А., Anal. Biochem., 1969, v. 32, No. 3, p. 522—529).

По классификации, принятой в ГПХ, полиакриламиды являются мягкими гелями, они не пригодны для работ при высоком давлении. Исключение составляет гель P-2, который выдерживает давление до 4—7 кгс/см<sup>2</sup> и поэтому его используют даже для ВСЖХ. Набухаемость полиакриламидных гелей, по сравнению с сефадексами, меньше зависит от ионной силы растворов.

О применении полиакриламидных гелей для получения биоспецифических сорбентов см. в разд. 122.

## 32. Поливинилацетатные гели (табл. на стр. 66)

Поперечносшитые гранулированные гели получают сополимеризацией винилацетата  $\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$  и бутадиол-1,4-дивинилового эфира  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{O}-(\text{CH}_2)_4-\text{O}-\text{CH}=\text{CH}_2$  или дивиниладипината в различных соотношениях (H e i t z W., P l a t t K. L., Makromol. Chem., 1969, Bd. 127, S. 113—140; H e i t z W., Angew. Chem., 1970, Bd. 82, Nr. 17, S. 675—689; I d e m, J. Chromatog., 1970, v. 53, No. 1, p. 37—49). Широкопористые гели с пределом эксклюзии 20 000 и выше синтезируются в присутствии разбавителя.

Поливинилацетатные гели предназначены для ГПХ в полярных (спирты, ацетон) и неполярных органических растворителях. Устойчивы в теслуоле, диметилформамиде и хлороформе при повышенной температуре. По принятой классификации гелей они являются полужесткими. Выдерживают давления до 60 кгс/см<sup>2</sup>. В отличие от большинства полужестких гелей, характеризуются высоким значением фактора емкости  $V_S/V_M$  (1,1—1,2 по сравнению с обычными значениями около 0,8). Это позволяет уменьшить длину колонки и сократить время анализа.

Применяются в основном для фракционирования полимеров.

№ п/п	Марки гелей и фирм-изготовитель	Интервалы фракционирования по мол. массе (пептиды, глобулярные белки)	Емкость поглощения воды, г/г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Рекомендуемое время набухания при 20 (100) °С, ч	Предельное давление в колонке, см вод. ст.	Скорость фильтрации в колонке (см. прим.)	Зернение	
								меш	мкм
1	Bio-Gel P [BRL, США] P-2	100—1800	1,5±0,2	3,5	4 (2)	>100	190	50—100	150—300
							110	100—200	75—150
							30	200—400	37—75
2	P-4	800—4000	2,4±0,2	5	4 (2)	>100	170	50—100	150—300
							95	100—200	75—150
							30	200—400	37—75
3	P-6	1·10 <sup>3</sup> —0,6·10 <sup>4</sup>	3,7±0,4	8	4 (2)	>100	150	16—20	840—1200
							75	50—100	150—300
							30	100—200	75—150
4	P-10	1,5·10 <sup>3</sup> —2·10 <sup>4</sup>	4,5±0,5	9	4 (2)	>100	150	200—400	37—75
							75	—400	10—37
							25	50—100	150—300
5	P-30	2,5·10 <sup>3</sup> —4·10 <sup>4</sup>	5,7±0,6	11	12 (3)	>100	110	100—200	75—150
							65	—400	10—37
							95	50—100	150—300
6	P-60	3·10 <sup>3</sup> —6·10 <sup>4</sup>	7,2±0,7	14,4	12 (3)	100	95	100—200	75—150
							30	—400	10—37
							65	50—100	150—300
7	P-100	5·10 <sup>3</sup> —10·10 <sup>4</sup>	7,5±0,8	15,0	24 (5)	60	65	100—200	75—150
							30	—400	10—37
							45	50—100	150—300
8	P-150	15·10 <sup>3</sup> —15·10 <sup>4</sup>	9,2±0,9	18,4	24 (5)	30	45	100—200	75—150
							25	—400	10—37
							45	50—100	150—300

9	P-200	$30 \cdot 10^3$ — $20 \cdot 10^4$	$14,7 \pm 1,5$	29,4	48 (5)	20	22 11	50—100 100—200 —400	150—300 75—150 10—37
10	P-300	$60 \cdot 10^3$ — $40 \cdot 10^4$	$18,0 \pm 1,8$	36,0	48 (5)	15	15 6	50—100 100—200 —400	150—300 75—150 10—37
11	Akrilex P [Rean, ВНР] P-2	100—2000	$1,5 \pm 0,5$	3—5	2—4		260 150		100—320 50—100
12	P-4	500—4000	$2,5 \pm 0,5$	5—7	2—4		200 120		100—320 50—100
13	P-6	$0,1 \cdot 10^4$ — $0,6 \cdot 10^4$	$4,0 \pm 0,5$	7,5—9,5	2—4		180 110		100—320 50—100
14	P-10	$0,5 \cdot 10^4$ — $1,5 \cdot 10^4$	$5,0 \pm 0,5$	10—12	2—4		170 90		100—320 50—100
15	P-30	$1 \cdot 10^4$ — $3 \cdot 10^4$	$6,0 \pm 0,5$	14—16	6—8		150 70		100—320 50—100
16	P-60	$2 \cdot 10^4$ — $6 \cdot 10^4$	$7,0 \pm 0,5$	17—19	6—8		100 50		100—320 50—100
17	P-100	$3 \cdot 10^4$ — $10 \cdot 10^4$	$7,5 \pm 0,5$	19—21	24		60 40		100—320 50—100
18	P-150	$5 \cdot 10^4$ — $15 \cdot 10^4$	$9,0 \pm 0,5$	23—25	24		30 20		100—320 50—100
19	P-200	$8 \cdot 10^4$ — $20 \cdot 10^4$	$15 \pm 0,5$	32—36	24		15 10		100—320 50—100
20	P-300	$10 \cdot 10^4$ — $30 \cdot 10^4$	$18 \pm 1$	38—42	24		15 5		100—320 50—100
21	Lyphogel [Gelm, США]	$—2 \cdot 10^4$	5,1	25	3				

Примечания. Скорость фильтрации воды определена в мл/(см<sup>2</sup>·ч) на колонках высотой 13 см, при гидростатическом давлении 15 см вод. ст. 1—10. Зернение гелей дано во влажном состоянии. Поставляются в сухом виде. Сорт геля № 1 с зернением 37—44 мкм предназначен для ВСЖХ — применялся для разделения углеводов (Von Trenel G., Emeis C. S., Stärke, 1970, Bd. 22, Nr 6, S. 188—191) и нуклеотидов (John M. et al., FEBS Letters, 1969, v. 5, No. 3, p. 185—186). 21. Формованный гель для концентрирования водных растворов белков и других высокомолекулярных веществ. Время полного набухания при температуре 4, 23 и 37 °С составляет соответственно 5, 3 и 1,5 ч. Обезвоживают гель нагреванием до 65 °С.

№ п/п	Марки гелей и фирма-изготовитель	Предел эксклюзии (полистиролы)	Предел фракционирования по мол. массе	Зернение	
				мш	мкм
	Merckogel OR-PVA [Merck, ФРГ] EM Gel OR-PVA [EML, США]				
1	OR-PVA 500	500	—300	270	32--63
2	OR-PVA 2 000	2 000	—1 000	270	32 - 63
3	OR-PVA 6 000	6 000	—4 000	270	32--63
4	OR-PVA 20 000	20 000	—14 000	270	32—63
5	OR-PVA 80 000	80 000	—50 000	270	32—63
6	OR-PVA 300 000	300 000	—200 000	270	32—63
7	OR-PVA 1 000 000	1 000 000	—1 000 000	270	32—63

Примечание. Гели поставляются в сухом виде. Предел эксклюзии определен по олигофениленам и линейным полистиролам в растворе тетрагидрофурана. Набухаемость в органических растворителях см. в разд. 39.

### 33. Полистирольные гели (см. также разд. 21)

Макропористые, с однородным распределением пор по размеру, поперечно-сшитые полистирольные гели получают бисерной сополимеризацией стирола  $C_6H_5CHCH_2$  и дивинилбензола  $C_6H_4(-CH=CH_2)_2$  в присутствии разбавителя, например толуола (Moore J. C., J. Polymer Sci., part A, 1964, v. 2, No. 2, p. 835—843; Hollis O. L., Anal. Chem., 1966, v. 38, No. 2, p. 309—316). Отличаются большой химической стабильностью и термостойкостью (до 150 °C).

Немодифицированные полистирольные гели используют в жидкостной хроматографии с неполярными и умеренно полярными растворителями. Нельзя применять сильнополярные растворители — спирт, ацетон, ацетонитрил, муравьиную кислоту. Производят также модифицированные полистирольные гели с повышенной полярностью. Такие гели применяют для хроматографии в полярных растворителях и в воде, причем разделение происходит по механизму ГПХ и адсорбции.

Обычно полистирольные гели для ГПХ синтезируют с большим количеством сшивающего агента (ДВБ), поэтому они являются гелями полужесткими, объем их при набухании увеличивается в 1,1—1,8 раза. Полужесткие гели образуют, по сравнению с мягкими гелями, гораздо более прочный слой в колонке и позволяют работать с высокой скоростью фильтрации. Эффективность разделения при ГПХ на таких гелях довольно велика: ВЭТТ 0,3—0,7 мм, а на микросферических сортах — до 0,1 мм и ниже. Недостаток полистирольных гелей — сравнительно небольшая емкость (фактор  $V_S/V_M \approx 0,8$ ).

Кроме макропористых полимеров применяют и полистирольные смолы непрерывно-гелевого типа. Проницаемость таких смол, особенно слабосшитых, зависит от растворителя: наибольшее набухание вызывают наименее полярные растворители. Отметим, что размер пор макропористых полимеров значительно меньше зависит от растворителя.

Основное применение полистирольных гелей — фракционирование полимеров, главным образом синтетических.

№ п/п	Марки гелей и фирма-изготовитель	Средний диаметр пор, нм	Предел экслюзии по поли- стиролам	Зернение, мкм
	<b>Styragel [WA, США]</b>			
1	60 Å	6	$1,6 \cdot 10^3$	} 37—75 <37
2	100 Å	10	$4 \cdot 10^3$	
3	200 Å	20	$8 \cdot 10^3$	
4	500 Å	50	$20 \cdot 10^3$	
5	$10^3$ Å	100	$40 \cdot 10^3$	
6	$3 \times 10^3$ Å	300	$100 \cdot 10^3$	
7	$10^4$ Å	1 000	$400 \cdot 10^3$	} 37—75
8	$3 \times 10^4$ Å	3 000	$1 \cdot 10^6$	
9	$10^5$ Å	10 000	$4 \cdot 10^6$	
10	$3 \times 10^5$ Å	30 000	$12 \cdot 10^6$	
11	$10^6$ Å	100 000	$40 \cdot 10^6$	
12	$10^7$ Å	1 000 000	$400 \cdot 10^6$	
	<b>μStyragel [WA, США]</b>			
13	100 Å	10	}	} 10
14	500 Å	50		
15	$10^3$ Å	100		
16	$10^4$ Å	1 000		
17	$10^5$ Å	10 000		
18	$10^6$ Å	100 000		
	<b>Poragel P Series [WA, США]</b>			
19	PS		$5 \cdot 10^4$	} 75—125 37—75
20	PR		$10 \cdot 10^4$	
21	PN		$5 \cdot 10^4$	
22	PT		$10 \cdot 10^4$	
	<b>Hydrogel [WA, США]</b>			
23	II		$2 \cdot 10^3$	} 75—125 37—75 <37
24	IV		$4 \cdot 10^4$	
25	VI		$2 \cdot 10^6$	
	<b>Bio-Beads [BRL, США]</b>			
26	S-X1		$14 \cdot 10^3$	} 37—75
27	S-X2		$2,7 \cdot 10^3$	
28	S-X3		$2 \cdot 10^3$	
29	S-X4		$1,4 \cdot 10^3$	
30	S-X8		$1 \cdot 10^3$	
31	S-X12		$0,4 \cdot 10^3$	
32	SM-2		$14 \cdot 10^3$	300—800
	<b>Styrene-divinylbenzene Ko- polymer [Serva, ФРГ]</b>			
33	Styrene-2% DVB			80—150
34	Styrene-8% DVB			300—800 80—150
	<b>HSG [Shi, Япония]</b>			
35			$0,4 \cdot 10^3$	} 10
36			$4 \cdot 10^3$	
37			$40 \cdot 10^3$	

№ п/п	Марки гелей и фирма-изготовитель	Средний диаметр пор, нм	Предел эксклюзии по полистиролам	Зернение, мкм
38			0,2·10 <sup>6</sup>	10
39			0,8·10 <sup>6</sup>	
40			2·10 <sup>6</sup>	
41			8·10 <sup>6</sup>	
42			10·10 <sup>6</sup>	
43	Shodex [SD, Япония]		1,5·10 <sup>3</sup>	10
44			5·10 <sup>3</sup>	
45			70·10 <sup>3</sup>	
46			0,8·10 <sup>6</sup>	
47			8·10 <sup>6</sup>	
48	50·10 <sup>6</sup>			
49	TSK Gel H [TSC, Япония]		1·10 <sup>3</sup>	10
50			10·10 <sup>3</sup>	
51			60·10 <sup>3</sup>	
52			0,4·10 <sup>6</sup>	
53			4·10 <sup>6</sup>	
54	TSK Gel DS [TSC, Япония]		40·10 <sup>6</sup>	10
55			400·10 <sup>6</sup>	
56				

**Примечания 1—12.** Немодифицированные макропористые полистиролы для ГПХ. Поставляются суспендированными в диэтилбензоле, высушивание не допускается. **13—18.** То же, для ВСЖХ. С полимером № 13 не рекомендуется применять диметилформамид в качестве хроматографического растворителя. **19—22.** Слабополярные модифицированные сополимеры стирола и ДВБ для ГПХ или адсорбционной хроматографии. Используют с сильнополярными растворителями. Полимеры модифицированы: № 19 — винилпирридином (содержит ароматический азот), № 20 — винилпирролидоном (содержит амидные группы), № 21, 22 — этиленгликольдиметакрилатом (содержание групп —COOH и —OH, а следовательно, и полярность у второго полимера выше). **23—25.** Гидрофильные органические гели с высокой степенью сшивки для ГПХ в водных растворах (химическая природа полимеров фирмой не называется). Рекомендуется использовать в нейтральных средах, так как в кислой или щелочной средах наблюдаются ионообменное поглощение веществ или гидролиз геля. **26—32.** Немодифицированные полистирольные смолы: № 26—31 — непрерывно-гелевого типа (для ГПХ липофильных веществ в органических растворителях), № 32 — макропористая (для ГПХ в органических и водных растворах). Числа в обозначениях марок смол указывают на номинальное содержание ДВБ (в %). Пределы эксклюзии определены из растворов в тетрагидрофуране. Удельный объем набивки в колонках, по порядку номеров марок — 9,8; 6,2; 5,1; 4,2; 3,9; 2,6 и 2,9 см<sup>3</sup>/г (растворитель — бензол). Смолы № 26—29 относятся к мягким гелям, № 30—31 — полужестким. **33, 34.** Полистирольные смолы гелевого типа (немакропористые). **35—55.** Немодифицированные макропористые сополимеры стирола и ДВБ для ВСЖХ, выдерживают давление до 100—150 кгс/см<sup>2</sup>. Поставляются только в колонках. **56.** Модифицированные полистирольные гели содержат ионогенные группы. Предназначены для ГПХ (ВСЖХ) в водных и спиртовых растворах.



### 34. Прочие органические гели

1. Полиакрилоилморфолиновые гели. Поперечношитые полимеры  $[-CH_2CH(CONC_2H_4O)-]_n$  с мостиками  $-CONHCH_2NHCO-$  получают бисерной сополимеризацией N-акрилоилморфолина и N, N'-метилендиакриламида. Они предназначены для ГПХ как в водных, так и в органических средах. В воде гели мягкие, в органических растворителях (хлороформе, тетрагидрофуране и др.) — значительно жестче, что позволяет работать с большой скоростью фильтрации. Фактор емкости  $V_S/V_M$  равен 1,2 (для геля K1). Простые углеводороды, метанол и этанол вызывают очень слабое набухание гелей и поэтому для использования в качестве растворителей не рекомендуются. Большие различия значений пределов эксклюзии в воде и хлороформе, несмотря на почти одинаковую набухаемость в них (см. разд. 39), объясняются различиями структуры геля в водных и органических средах.

Гели выдерживают стерилизацию в автоклаве, при комнатной температуре они стабильны в 1M растворе HCl, но гидролизуются в NaOH при концентрации выше 1M. По бактериальной устойчивости превосходят сефадексы и полиакриламидные гели.

Лит.: Epton R. et al., J. Chromatog., 1974, v. 90, No. 2, p. 249—258; 1975, v. 110, No. 2, p. 327—334; 1976, v. 117, No. 2, p. 245—255.

№ п/п	Марки гелей и фирма-изготовитель	Предел эксклюзии				Зернище, мкм
		белков (в воде)	декстранов и полиэтиленгликолей (в воде)	полистиролов (в хлороформе)	полистиролов (в тетрагидрофуране)	
1	Enzacryl Gel [KLL, Англия]					
2	K0		1 000	1 000	600 5 000	150—300 75—150 40—75 <45 (Для ТСХ) (Для ТСХ) (Для ТСХ)
3	K1		10 000	4 000		
3	K2	100 000	50 000	10 000		
4	K4	800 000				
5	K10	$2 \cdot 10^6$				

Примечание. Гели № 1—3 поставляют в сухом виде, № 4—5 — в гидратированном состоянии. Не рекомендуется применять в водных средах гели с зернищем 40—75 мкм.

2. Полиэтиленгликольдиметакрилатные гели  $CH_2=C(CH_3)COO(-CH_2CH_2O-)_nCOO(CH_2)=CH_2$ . Гидрофильные гели для ГПХ в водных и полярных органических растворителях. Обладают высокой механической прочностью и гидролитической устойчивостью. Могут применяться в ВСЖХ. Производятся с 1973 г.

Лит.: Heitz W., Winau H., Makromol. Chem., 1970, Bd. 131, S. 75—88; Heitz W., Angew. Chem., 1970, Bd. 82, Nr. 17, S. 675—689.

Merckogel PGM 2000 (Merck, ФРГ); EM Gel OR-PGM 2000 (EML, США): средний диаметр пор 3 нм, предел эксклюзии 2000 (по полиэтиленгликолям в воде). Производятся в трех зернищах: 100—250, 63—100 и 32—63 мкм (60—140, 140—230 и 230—450 меш).

Spheron N (LB, ЧССР): сведений нет.

3. Полиакриламидагарозные гели. Полужесткие гели для ГПХ в водных растворах, обладают высокой механической прочностью. Выдерживают высокие давления без разрушения гранул, что позволяет работать с высокой скоростью фильтрации. Разрешающая способность гелей выше, чем у сефадексов.

№ п/п	Марки гелей и фирма-изготовитель	Концентрация, %		Интервалы фракционирования по мол. массе (глобулярные белки)	Максимальная скорость фильтрации, мл/(см <sup>2</sup> ·ч)	Зернище, мкм
		акрил-амида	агарозы			
1	Indubiose beads [IBF, Франция]; Ultrogel [LKB, Швеция]					
2	AsA 54	5	4	6 000—70 000	50	60—140
3	AsA 44	4	4	12 000—130 000	45	60—140
4	AsA 34	3	4	20 000—400 000	40	60—140
4	AsA 22	2	2	60 000—1 000 000	18	60—140

Примечание. Зерна гелей микросферические, поставляются в набувшем состоянии. Хранить рекомендуется в холодильнике.

4. Сефакрил. Декстрановый гель, сшитый посредством реакции с N, N'-метилден-бис-акриламидом (мостики:  $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONHCH}_2\text{NHCOCH}_2\text{CH}_2-$ , ср. с сефадексами, разд. 28). По сравнению с сефадексом сефакрил обладает улучшенной механической прочностью, являясь полужестким гелем, благодаря чему возможно его использование в ВСЖХ. Гель применим не только в водных, но и в органических средах, в которые его переводят через серию смесей растворителей промежуточного состава.

Сефакрил устойчив в диапазоне pH от 3 до 11, в нейтральной среде (pH=7) его можно автоклавировать при температуре до 120 °С.

Возможно проявление адсорбции ароматических веществ: нуклеозидов, ароматических аминокислот и т. п. Регенерацию геля выполняют 0,2 M NaOH или раствором детергента.

Sephacryl S-200 Superfine [Ph, Швеция]: зернище 40—105 мкм. Интервал фракционирования белков 5000—250 000, предел эксклюзии по декстранам 80 000. Объем геля в органических растворителях (в % от объема в воде): в диметилсульфоксиде и диметилформамиде 100, в этилацетате и хлороформе 70, в n-гептане, тетрагидрофуране и ацетоне 65, в толуоле 60. Поставляется в водной суспензии с 0,02%  $\text{NaN}_3$ . Выпускается с 1976 г.

### 35. Пористые стекла с контролируемым размером пор (табл. на стр. 72)

Высокосиликатные пористые стекла приготавливают посредством термической обработки при 550—700 °С и последующего выщелачивания боросиликатного стекла. При выщелачивании борат натрия вымывается из стекла. Размеры пор регулируются длительностью обжига.

Пористые стекла отличаются высокой химической стабильностью, устойчивы к действию горячих концентрированных кислот и коррозионных жидкостей, за исключением сильных щелочей (pH > 10) и фтористоводородной кислоты. Они не подвержены микробиологическому действию и их легко очищать (например горячей азотной кислотой) или стерилизовать.

Пористые стекла с определенным и однородным размером пор применяют для ГПХ в водных и органических растворителях. В соответствии с формальной классификацией стекла определяют как жесткие гели. Обладая фиксированным размером пор, который не изменяется при любых условиях хроматографирования, пористые стекла обеспечивают высокую точность измерений. Фактор емкости  $V_S/V_M$  имеет средние значения: 0,8—1,3. Эффективность разделения на жестких гелях обычно хуже, чем на полужестких ( $V_{ЭГТ} \approx 1-3$  мм).

Отличные физические свойства стеклянных порошков определяют легкость набивки колонок, низкое сопротивление потоку, хорошую воспроизводимость результатов. Велика скорость фильтрации: на колонках с CPG-10 высотой 1 м при давлении 1 кгс/см<sup>2</sup> и при зернении 125—180, 75—125 и 40—80 мкм скорость составляет соответственно 5,5—7,5, 3,5—4,5 и 1—1,5 мл/(мин·см<sup>2</sup>). С изменением давления скорость меняется линейно. Слой в колонке не пульсирует в зависимости от состава элюента, давления и т. п.

Стекло обладает небольшой адсорбционной способностью, которая вызвана наличием гидроксильных групп на поверхности (см. разд. 10). Сильноосновные белики, некоторые нейтральные белки и вирусы могут адсорбироваться из водных растворов. Для подавления сорбционной способности предложено обрабатывать стекла полярными полигликолами или силиконами. Для обработки используют 1%-ные растворы полиэтиленгликоля, триэтиленгликоля или полиэтиленоксида типа полиокс-100 (см. разд. 144). При работе с неводными растворителями стекла силанизуют обработкой HMDS или DMCS. Возможно использование и других приемов для уменьшения влияния адсорбции, например: подбор более полярных растворителей (спирт, тетрагидрофуран, диметилформамид) или добавление небольших количеств полярных растворителей к неполярным; увеличение ионной силы растворов или снижение pH; подбор стекол с небольшим размером пор, чтобы адсорбирующиеся низкомолекулярные вещества не входили во внутренний объем зерна.

Стекла с контролируемым размером пор были введены в хроматографическую практику в 1965 г. (Hall et al., Nature, 1965, v. 206, No. 4985, p. 693—696; Idem, J. Chem. Phys., 1965, v. 42, No. 2, p. 686—693). Их применяют для ГПХ (в водных растворах) белков, вирусов, углеводов, компонентов нуклеиновых кислот; фракционирования (в органических растворителях) синтетических полимеров, а также в качестве инертных носителей для жидкостной распределительной хроматографии и ГЖХ и носителей биоспецифических сорбентов для аффинной хроматографии (см. разд. 123).

### 36. Аэросилогели (табл. на стр. 74)

Аэросилогели — синтетические макропористые кремнеземы ( $SiO_2$  с жесткой пористой структурой и приблизительно однородным размером пор. Первые работы по получению и применению аэросилогелей в хроматографии относятся к 1966—1967 гг. (Бибрис Н. К., Киселев А. В., Никитин Ю. С., Коллоидн. ж., 1967, т. 29, № 3, с. 326—332; de Vries A. J. et al., Anal. Chem., 1967, v. 39, No. 7, p. 935—945; Le Page M. et al., J. Polymer Sci., 1968, No. 21C, p. 119—130).

Зерна макропористых кремнезёмов имеют высокую механическую прочность. Термостойкость достигает 500—600 °С и выше. Неустойчивы аэросилогели к действию сильных щелочей и фтористоводородной кислоты.

Аэросилогели являются одновременно полярными сорбентами (см. силикагель — разд. 1) и молекулярными ситами. При разделении веществ могут использоваться и те и другие свойства. Достоинством их как молекулярных сит является то, что они не набухают и не сжимаются при любых условиях хроматографирования (т. е. являются так называемыми жесткими гелями). Фактор емкости  $V_S/V_M$  средний: 0,8—1,3.

Аэросилогели отличает весьма высокая степень химической чистоты, благодаря чему становятся возможны многие разделения, невыполнимые на обычных силикагелях из-за сравнительно высокого содержания каталитически активных окисей железа, алюминия и других примесей (окончание на стр. 76).

№ п/п	Марки стекол и фирма-изготовитель	Средний диаметр пор. нм	Интервалы фракционирования по молекулярной массе		Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Зернение		
			белки	полисахариды, полистиролы		меш	мкм	
	CPG-10 [ENI, США]							
1	CPG-10-75Å	6,5—8,5	$0,3 \cdot 10^4$ — $3 \cdot 10^4$	$0,2 \cdot 10^4$ — $1 \cdot 10^4$	240/340	}	180—840	
2	CPG-10-120Å	10,5—13,5	$0,7 \cdot 10^4$ — $13 \cdot 10^4$	$0,4 \cdot 10^4$ — $3 \cdot 10^4$	150/210			
3	CPG-10-170Å	15—19	$1,2 \cdot 10^4$ — $0,4 \cdot 10^6$	$0,6 \cdot 10^4$ — $6 \cdot 10^4$	100/150			20—80
4	CPG-10-240Å	21,5—26,5	$2,2 \cdot 10^4$ — $1,2 \cdot 10^6$	$0,9 \cdot 10^4$ — $15 \cdot 10^4$	75/110			80—100
5	CPG-10-350Å	31—39	$4 \cdot 10^4$ — $5 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^4$ — $30 \cdot 10^4$	50/75			80—120
6	CPG-10-500Å	45—55	$7 \cdot 10^4$ — $10 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$ — $60 \cdot 10^4$	35/50			120—200
7	CPG-10-700Å	60—80	$13 \cdot 10^4$ — $30 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^4$ — $1,5 \cdot 10^6$	25/36			200—400
8	CPG-10-1000Å	90—110	$25 \cdot 10^4$ — $1 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^4$ — $3 \cdot 10^6$	18/25			325—400
9	CPG-10-1400Å	120—160	$40 \cdot 10^4$ — $3 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^4$ — $6 \cdot 10^6$	13/18			40—50
10	CPG-10-2000Å	180—220	$70 \cdot 10^4$ — $9 \cdot 10^8$	$10 \cdot 10^4$ — $10 \cdot 10^6$	9/13			
11	CPG-10-3000Å	270—330	$120 \cdot 10^4$ — $27 \cdot 10^8$					
	Corning CPG [CPG, США]							
12	CPG-40	4		$0,1 \cdot 10^4$ — $0,8 \cdot 10^4$	190	}	74—125	
13	CPG-100	10		$0,1 \cdot 10^4$ — $3 \cdot 10^4$	170			120—200
14	CPG-250	25		$0,25 \cdot 10^4$ — $12,5 \cdot 10^4$	130			200—400
15	CPG-550	55		$1,1 \cdot 10^4$ — $35 \cdot 10^4$	70			(для ВСЖХ)
16	CPG-1500	150		$10 \cdot 10^4$ — $100 \cdot 10^4$	40			5—10
17	CPG-2500	250		$20 \cdot 10^4$ — $150 \cdot 10^4$	10			

	Bio-Glas [BRL, США]				
18	200	20		0,3·10 <sup>4</sup> —9·10 <sup>4</sup>	} 100—200 75—150
19	500	50		1·10 <sup>4</sup> —0,7·10 <sup>6</sup>	
20	1000	100		5·10 <sup>4</sup> —2·10 <sup>6</sup>	
21	1500	150		40·10 <sup>4</sup> —6·10 <sup>6</sup>	
22	2500	250		80·10 <sup>4</sup> —20·10 <sup>6</sup>	
	Vit-X [N.F, США]				
23	X-328			18—2·10 <sup>4</sup>	} 36—44
24	X-648			650—4,8·10 <sup>4</sup>	
25	X-1-068			1050—6,8·10 <sup>4</sup>	
26	X-1-195			1150—9,5·10 <sup>4</sup>	
27	X-5.150			0,5·10 <sup>4</sup> —15·10 <sup>4</sup>	
28	X-15.300			1,5·10 <sup>4</sup> —30·10 <sup>4</sup>	
29	X-40.550			4·10 <sup>4</sup> —55·10 <sup>4</sup>	
30	X-120.120			12·10 <sup>4</sup> —120·10 <sup>4</sup>	

Примечания. 1—11. До 1972 г. производились фирмой CGW (с несколько отличающимися показателями). Интервалы фракционирования определены по белкам и полистиролам. Объем пор (в см<sup>3</sup>/г) не ниже 0,4 (№ 1), 0,8 (№ 4—11). В зависимости от условий производства средний диаметр пор бывает различным у разных партий, но распределение пор для каждой партии находится в пределах ±10% от среднего значения для 80% пор по объему (за исключением № 1: ±15%). Удельная поверхность сорбентов указана для двух значений объема пор: 0,7/1,0 см<sup>3</sup>/г. Плотность набивки в колонках 0,3—0,7 г/см<sup>3</sup>. 12—17. Размах варьирования диаметра пор ±15%, объем пор (в см<sup>3</sup>/г) не ниже 0,1 (№ 12), 0,4 (№ 13), 1,0 (№ 14, 15), 1,2 (№ 16), 1,5 (№ 17). Интервалы фракционирования определены по декстранам. 18—22. Интервалы фракционирования определены по полистиролам (растворитель — толуол). 23—30. Пористые стекла с модифицированной поверхностью для ГПХ в водных и органических средах. Разделительная способность выше, чем у стекол № 1—11 (достижимы разделения с ВЭТТ до 1 мм). Интервалы фракционирования определены, предположительно, по водным растворам декстранов.

№ п/п	Марки кремнезёмов и фирма-изготовитель	Средний диаметр пор, нм	Интервалы фракционирования по мол. массе (полистиролы)	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Назначение	Зернение		
							меш	мкм	
	Spherosil [R-Pr, Франция]								
1	ХОА-1000	3,5		860		ВСЖХ		7	
2	ХОА-600	9		580		ВСЖХ		7	
3	ХОА-400	8		400	0,55	ВСЖХ	}	100—150	
4	ХОА-200	15		185	0,55	ВСЖХ		80—100	
5	ХОВ-075	30		100	0,55	ВСЖХ		60—80	
6	ХОВ-030	60		50	0,55	ВСЖХ		40—60	
7	ХОВ-015	125		25	0,55	ВСЖХ		<40	
8	ХОС-005	300		10	0,55	ВСЖХ		7	
	Porasil [WA, США]								
9	A	<10 (8)		350—500	0,55	ГАХ		}	
10	B	10—20	—10·10 <sup>4</sup>	125—200	0,55	ГАХ			
11	C	20—40	—25·10 <sup>4</sup>	50—100	0,55	ГАХ	80—100		
12	D	40—80	—1·10 <sup>6</sup>	25—45	0,55	ГАХ	100—150		
13	E	80—150	—>10 <sup>6</sup>	10—20	0,55	ГАХ	100—150		
14	F	>150 (300)		2—6	0,55	ГАХ			
15	A (A60)	<10	500—6·10 <sup>4</sup>	450		ВСЖХ			
16	B (B250)	10—20	0,5·10 <sup>4</sup> —0,2·10 <sup>6</sup>	200		ВСЖХ			
17	C (C400)	20—40	0,5·10 <sup>4</sup> —0,4·10 <sup>6</sup>	75		ВСЖХ	120—200		
18	D (D1000)	40—80	1·10 <sup>4</sup> —1·10 <sup>6</sup>	35		ВСЖХ	200—400		
19	E (E1500)	80—150	10·10 <sup>4</sup> —1,5·10 <sup>6</sup>	15		ВСЖХ			
20	F (F2000+)	>150	50·10 <sup>4</sup> —>2·10 <sup>6</sup>	22		ВСЖХ			
21	T	15		300		ВСЖХ			
	Merckogel Typ SI [Merck, ФРГ], EM Gel Type SI [EML, США]								
22	SI 200 Å	20	—5·10 <sup>4</sup>	150		ВСЖХ	}		
23	SI 500 Å	50	—40·10 <sup>4</sup>	50		ВСЖХ		120—230	
24	SI 1000 Å	100	—1·10 <sup>6</sup>	15		ВСЖХ		230—400	
								25—37 15—25	
								63—125 40—63	

25	SI 2500 Å	250				ВСЖХ	} 120—230	} 63—125
26	SI 5000 Å	500			ВСЖХ			
27	SI 10 000 Å	1000		2,4	ВСЖХ			
28	SI 25 000 Å	2500		1,2	ВСЖХ			
	LiChrospher SI [Merck, ФРГ; EML, США]							
29	SI 100	10	$-7 \cdot 10^4$			ВСЖХ	} 10	
30	SI 500	50	$-40 \cdot 10^4$			ВСЖХ		
31	SI 1000	100	$-2 \cdot 10^6$			ВСЖХ		
32	SI 4000	400	$->3,5 \cdot 10^6$			ВСЖХ		
	Kieselgel weitporig [Merck, ФРГ]							
33	Тип 200	20	$-5 \cdot 10^4$	150		ТСХ	} 10—40	
34	Тип 500	50	$-40 \cdot 10^4$	50		ТСХ		
35	Тип 1000	100	$-1 \cdot 10^6$	15		ТСХ		
	Аэросилогели [СССР]							
36	МСА-1	70—150		15—30	0,67	ГАХ	} 100—850	
37	МСА-2	35—60		60—90	0,61	ГАХ		
	Силохром [СССР]							
38	1	100—150		15—30		ГАХ	} 350—500	
39	2	60—90		40—60		ГАХ		
40	3	40—60		70—100		ГАХ		
41, 42	С-80, С-80МС	40—60		60—100	0,28—0,40	ГАХ,		
43, 44	С-120, С-120МС	20—30		100—140	0,30—0,50	КЖХ, ТСХ	} 250—350	} 160—250
							} 100—160	

Примечания. 1, 2. Микросферические сорбенты, удельный объем пор 0,78 и 1,30 см<sup>3</sup>/г, порозность 0,63 и 0,74 см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup> (соответственно для № 1 и 2). 3—8. Зерна сферической формы, кроме сорта мельче 40 мкм. 9—14. Идентичны сорбентам № 3—8. Порозность 0,65—0,7 см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>. 15—21. То же. Рекомендуются для КЖХ в органических растворителях умеренной полярности (кроме таких, как спирты, ацетон, ацетонитрил, метилэтилкетон). Зерна сферической формы (кроме № 21). 22—28. Предназначены для КЖХ в водных и неводных средах, наилучшие результаты получают с хлороформом и другими растворителями подобной полярности. Верхний предел фракционирования (предел эксклюзии) определен по полистиролам в хлороформе или по декстранам в воде. Зерна нерегулярной формы. 29—32. То же, зерна микросферические. Удельный объем пор (в см<sup>3</sup>/г) — 1,2 (№ 29), 0,8 (№ 30—32). 33—35. Подобны сорбентам № 22—24. 36—40. Зерна сферические, термостойкость 800—1000 °С, удельный объем пор (в см<sup>3</sup>/г) — 0,55 (№ 36), 0,75 (№ 37). 41—44. Зерна нерегулярной формы. Силанизированные сорта № 42 и 44 рекомендованы для разделения полярных веществ: время удерживания на них значительно меньше, чем на несиланизированных сорбентах № 41 и 43.

Иногда кремнеземы используют как носители жидких фаз в ГЖХ или в жидкостной распределительной хроматографии; механизм разделения в таких случаях сложный, включающий специфическое влияние твердой фазы. Небольшие добавки полярных жидких фаз применяют для деактивации сорбента с целью подавления необратимой адсорбции некоторых веществ и уменьшения размывания пиков.

Аэросилогели используют в газовой хроматографии (для разделения углеводородов, простых и сложных эфиров, спиртов, кетонов, альдегидов и других веществ) и в жидкостной хроматографии в неводных и смешанных растворителях (для разделения гликолей, стероидов, синтетических полимеров и др.).

### 37. Цеолиты-молекулярные сита для газовой хроматографии

Цеолиты — синтетические алюмосиликатные сорбенты со строго определенным, от 0,3 до 1,0 нм, размером пор в кристаллической решетке. Кремнийалюмо-кислородные кубооктаэдрные цеолитов связаны в простой кубической координации (тип А) или в более рыхлой тетраэдральной координации (тип X). Размер пор определяется также ионной формой цеолита. Удельная поверхность по БЭТ составляет 750—800 м<sup>2</sup>/г у цеолитов типа А и 1030 м<sup>2</sup>/г — у цеолитов типа X. Порозность соответственно 0,27 и 0,38 см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>. Поверхность цеолитов имеет основной характер, рН = 8 — 10,5. Цеолиты устойчивы в области рН от 5 до 12. Предельная рабочая температура 500—600 (до 800) °С.

Цеолиты-молекулярные сита избирательно поглощают полярные и поляризуемые вещества, размер молекул которых допускает проникновение внутрь кристаллической решетки. Емкость сорбции высокая. Равновесная емкость поглощения на цеолитах типа А при 25 °С составляет: NH<sub>3</sub> — 0,16, H<sub>2</sub>S — 0,16, SO<sub>2</sub> — 0,28, CO<sub>2</sub> — 0,18 г/г. Регенерируют цеолиты нагреванием до 350—450 °С в течение нескольких часов.

Цеолиты-сита выпускаются промышленностью с 1954 г. Помимо прикладных использований (обезвоживание и очистка газов и жидкостей) цеолиты применяют в ГАХ. Последовательность выхода веществ при ГАХ на цеолите типа 5А следующая: H<sub>2</sub>—He—Ne—O<sub>2</sub>, Ar—N<sub>2</sub>—CH<sub>4</sub>—CO—CO<sub>2</sub>—C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>—C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>—C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>—C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>—C<sub>3</sub>H<sub>12</sub>—C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>—C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>—C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>—C<sub>9</sub>H<sub>20</sub>—C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>. Азотсодержащие газы выходят в последовательности N<sub>2</sub>—NF<sub>3</sub>—N<sub>2</sub>O.

Лит.: Соколов В. А., Торочешников Н. С., Кельцев Н. В., Молекулярные сита и их применение, М., «Химия», 1964, 156 с.; Цицишвили И. Г. В., Андроникашвили Т. Г., в сб.: Успехи хроматографии, М., «Наука», 1972, с. 226—235; Брек Д., Цеолитовые молекулярные сита, М., «Мир», 1976. 781 с.

№ п/п	Марки цеолитов и фирма-изготовитель	Эффективный диаметр пор, нм	Зернение		
			меш	мкм	
	Chromatography Grade Linde Molecular Sieves [CEL, США]				
1	4А	0,4	} 30—60	250—600	
2	5А	0,5		42—60	250—400
3	13Х	1,0		60—80	180—250
			80—100	150—180	
			100—120	125—150	
	Molecular Sieves [ASL, США]				
4	5А	0,5	} 42—60	250—400	
5	13Х	1,0		60—80	180—250
				80—100	150—180
			100—120	125—150	
			—200	<75	



№ п/п	Марки цеолитов и фирма-изготовитель	Эффективный диаметр пор, нм	Зернение	
			меш	мм
Anasorb Molecular Sieves [Ana, США]				
6	4A	0,4	40—50	300—420
7	5A	0,5	50—60	250—300
8	13X	1,0	60—70	210—250
			70—80	180—210
			80—90	165—180
			90—100	150—165
			100—110	140—150
			110—120	125—140
			120—130	115—125
			130—140	105—115
Molecular Sieves [Shi, Япония]				
9	5A M-1	0,5	30—60	250—600
10	5A M-2	0,5	60—80	180—250
11	13X M-3	1,0	30—60	250—600
12	13X M-4	1,0	60—80	180—250
PhaseSep Molecular Sieves [Phase, Англия]				
13	3A	0,3	10—30	500—1700
14	4A	0,4	30—60	250—500
15	5A	0,5	60—85	180—250
16	10X	0,8	85—100	150—180
17	13X	0,9—1,0	100—120	125—150
Molecular Sieves [Serva, ФРГ]				
18	5A	0,5	60—80	200—250
19	13X	1,0	60—80	200—250
Molekularsieb [Merck, ФРГ]				
20	5 A	0,5	18—50	300—1000
Molecular Sieves [Erba, Италия]				
21	5A	0,5	40—80	200—400
22	13X	1,0	40—80	200—400
Цеолиты [СССР]				
23	КА (3A)	0,3		
24	NaA (4A)	0,4		100—600
25	CaA (5A)	0,5		100—320
26	CaX (10X)	0,8		
27	NaX (13X)	0,9—1,0		

Примечания. 1—8. Приготавливают на основе молекулярных сит Linde [UC, США]. Цеолиты № 1—3 — повышенного качества (промытые), подвергаются специальным испытаниям на пригодность для ГАХ.

### 38. Угольное молекулярное сито

Особый ультрачистый и однороднопористый углеродный сорбент, получаемый термическим разложением поливинилхлорида. Диаметр пор приблизительно 1,0—1,2 нм. Наиболее неполярный из всех известных сорбентов. Удельная поверхность по БЭТ порядка 1000 м<sup>2</sup>/г. Применяют для анализа следов газов, а также для определения следов воды в органических веществах (анализу благоприятствует то, что вода элюируется раньше метана). Последовательность выхода газов приблизительно та же, что и на колонках с активными углями: Н<sub>2</sub>—Ar, O<sub>2</sub>—N<sub>2</sub>—NO—CO—Kr—CH<sub>4</sub>—H<sub>2</sub>O—NH<sub>3</sub>—CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>—N<sub>2</sub>O—C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>—H<sub>2</sub>S—C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>—Xe—C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>—SO<sub>2</sub>—COS—C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>—C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>. Раздельная способность угольного сита намного выше, чем активных углей. В присутствии кислорода сорбент необходимо предохранять от нагревания выше 200 °С.

Лит.: Гвоздович Т. Н. и др., Нефтехимия, 1968, т. 8, № 3, с. 476—480; Kaiser R., Chromatographia, 1969, v. 2, No. 10, p. 453—456; 1970, v. 3, No. 1, p. 38—40; Kayser P., в сб.: Успехи хроматографии, М., «Наука», 1972, с. 193—214; Zlatkic A. et al., J. Chromatog. Sci., 1970, v. 8, No. 7, p. 416—417; Bollman D. H., Mortimore D. M., Ibid., 1972, v. 10, No. 8, p. 523—527.

№ п/п	Марка сорбента и фирма-изготовитель	Зернечие	
		меш	мкм
1	Carbosieve-B [Sup, США]	45—60	250—350
		60—80	180—250
		80—100	150—180
		100—120	125—150
		120—140	105—125
		140—170	90—105
		140—200	75—105
2	CMS [ASL, США]	170—200	75—90
		45—60	250—350
		60—80	180—250
		80—100	150—180
		100—120	125—150
		120—140	105—125

Примечание. Сорбенты № 1 и 2 идентичны. Поставляются в активированном состоянии, в запаянных ампулах. Плотность набивки в колонках 0,20 г/см<sup>3</sup>.

### 39. Набухаемость гранулированных гелей в органических растворителях

(поглощение растворителя, мл/г сухого геля)

Растворители	Sephadex			Enzacryl Gel	
	G-10	G-15	LH-20	K1	K2
Пиридин				1,9	2,7
Хлороформ			1,6	1,8	2,6
Диметилсульфоксид	1,0	1,6			
Вода	1,0	1,5	2,1	1,7	2,4
Хлористый метилен				1,7	2,3

Растворители	Sephadex			Enzacryl Gel	
	G-10	G-15	LH-20	K1	K2
Формамид	0,9	1,4			
Диметилформамид	0,8	1,3	2,2	1,5	2,6
Этиленгликоль	0,8	1,1			
Тетрагидрофуран			1,4	1,3	1,8
Метанол			1,9	0,8	1,3
Этанол			1,8	0,7	1,1
n-Бутанол			1,6		
Диоксан			1,4		
Ацетон			0,8		
Этилацетат			0,4		
Бензол				0,4	0,4
Толуол			0,2		

Растворители	Merckogel OR-PVA					
	500	2000	6000	20000	80000	300000
Бензол	3,2	4,7	7,8	7,6	7,6	5,6
Диметилформамид	3,2	4,7	7,4	5,2	5,5	5,4
Тетрагидрофуран	3,2	4,7	7,3	7,2	6,1	7,2
1,2,4-Трихлорбензол	3,0	4,0	6,0	5,2	5,1	9,2

#### 40. Сопротивление потоку (падение давления) на колонках с сефадексами и агарозными гелями

Марки гелей	Зернище, мкм	Падение давления [в кгс/(см <sup>2</sup> ·м)] при фильтрации со скоростью [в мл/(см <sup>2</sup> ·мин)]					
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	
Sephadex G-25	100—300	0,00		0,01		0,02	
	50—150	0,01	0,03	0,06	0,08	0,12	
	20—80	0,03	0,09	0,17	0,24	0,34	
Sephadex G-50	100—300	0,00				0,01	
	50—150	0,00	0,02	0,04	0,05	0,06	
	20—80	0,01	0,05	0,10	0,20	0,44	
DEAE-Sephadex A-25	40—120	0,02	0,04	0,07	0,11	0,15	
	DEAE-Sephadex A-50	40—120	0,02	0,04	0,12		
Sepharose 6B	40—210	0,03	0,11	0,20	0,31	0,47	
	Sepharose 4B	30—200	0,03	0,09	0,17	0,32	0,7
	Sepharose 2B	60—300	0,02	0,05	0,14		

#### 41. Скорость фильтрации на колонках с сефадексами и агарозными гелями

Марки гелей	Зернение, мкм	Скорость фильтрации [в мл/(см <sup>2</sup> ·ч)] при гидростатическом давлении (в см вод. ст./см высоты колонки)				
		0,5	1	3	4	6
Sephadex G-10	40—120	10	21	42		
Sephadex G-15	40—120	11	22	44		
Sephadex G-25	100—300	130	260	520		
	50—150	47	94	190		
	20—80	12	25	50		
	10—40	4	9	18		
Sephadex G-50	100—300	200	400	800		
	50—150	72	145	290		
	20—80	18	36	72		
	10—40	7	14	27		
Sepharose 6B	40—210	8	16	30	49	62
Sepharose 4B	30—200	11	20	32	45	52
Sepharose 2B	60—300	18	26	31	32	30
Ultrogel AcA 54	60—140	14	25	43		
Ultrogel AcA 22	60—140	10	15	18	18	18

#### 42. Максимальная скорость фильтрации при оптимальном гидростатическом давлении для сильно набухающих сефадексов

Марки сефадексов	Зернение, мкм	Оптимальное гидростатическое давление, см вод. ст./см высоты колонки			Скорость фильтрации					
					мл/(см <sup>2</sup> ·ч)			мл/ч		
		для колонок диаметром, мм								
15	25	50	15	25	50	15	25	50		
G-75	40—120	0,5—2	0,4—1,6	0,38—1,5	25	23	18	44	114	350
G-100	40—120	0,25—1	0,24—0,96	0,19—0,76	16	15	12	28	72	235
G-150	40—120	0,1—0,4	0,09—0,36	0,08—0,32	7,4	7,0	5,5	13	34	110
G-200	40—120	0,05—0,2	0,04—0,16	0,03—0,12	4,0	3,6	3,0	7	18	60
G-75	10—40	0,5—2	0,4—1,6	0,38—1,5	6,0	5,5	4,5	11	27	90
G-100	10—40	0,25—1	0,24—0,96	0,19—0,76	4,0	3,7	3,0	7	18	60
G-150	10—40	0,1—0,4	0,09—0,36	0,08—0,32	1,8	1,7	1,4	3	8	27
G-200	10—40	0,05—0,2	0,04—0,16	0,03—0,12	1,0	0,9	0,8	2	4	16

## IV. ИОНООБМЕННЫЕ СМОЛЫ

### КАТИОНИТЫ

43. Полистирольные сульфокатиониты . . . . .	84
44. Полистирольные сульфокатиониты — хроматографические сорта . . . . .	85
45. Фенолоформальдегидные сульфокатиониты . . . . .	101
46. Карбоксильные катиониты полиакриловые . . . . .	101
47. Карбоксильные катиониты полиакриловые — хроматографические сорта . . . . .	106
48. Карбоксильные катиониты фенолоформальдегидные . . . . .	107

### АНИОНИТЫ

49. Аниониты сильноосновные . . . . .	107
50. Аниониты сильноосновные — хроматографические сорта . . . . .	107
51. Аниониты сильноосновные пиридиновые . . . . .	123
52. Аниониты слабоосновные полимеризационные . . . . .	123
53. Аниониты слабоосновные конденсационные . . . . .	130

### СПЕЦИАЛЬНЫЕ СМОЛЫ

54. Иминодиацетатные комплексообразующие смолы . . . . .	130
55. Фосфорнокислотные комплексообразующие смолы . . . . .	130
56. Другие селективные иониты . . . . .	130
57. Редокс-смолы . . . . .	131
58. Смолы-адсорбенты . . . . .	131
59. Биполярные смолы . . . . .	131
60. Смеси смол . . . . .	131

### СВОЙСТВА ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ

61. Шкала селективности полистирольных сульфокатионитов типа Duolite C-20 . . . . .	144
62. Шкала селективности фенолоформальдегидного сульфокатионита . . . . .	144
63. Шкала селективности иминодиацетатной смолы Dowex A-1 . . . . .	144
64. Шкала селективности фосфорнокислотного ионита Duolite ES-463 . . . . .	145
65. Шкала селективности сильноосновных анионитов типа I и II . . . . .	145
66. Поглощение органических ионов полистирольными сульфокатионитами в зависимости от размера ионов и степени сшивки смолы . . . . .	146
67. Коэффициенты распределения элементов на катионо- и анионообменных смолах в растворах HCl . . . . .	146
68. Коэффициенты распределения элементов на катионо- и анионообменных смолах в растворах HNO <sub>3</sub> . . . . .	148
69. Коэффициенты распределения элементов на анионообменных смолах в растворах H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	148
70. Коэффициенты распределения элементов на анионообменной смоле Dowex 2-X8 в растворах H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> . . . . .	150

71. Коэффициенты распределения элементов на анионообменной смоле Dowex I-X4 в растворах ЭДТА . . . . .	150
72. Разделение веществ различных классов на полистирольных сульфокатионитах . . . . .	151
73. Время удерживания сахаров при разделении методом распределительной хроматографии на полистирольных сульфокатионитах . . . . .	152
74. Разделение веществ различных классов на сильноосновных анионитах . . . . .	152
75. Свойства макропористых ионитов . . . . .	153
76. Набухаемость смол КРС, КРФ и АРЛ в воде . . . . .	154
77. Набухаемость смол Amberlite в воде и органических растворителях . . . . .	154
78. Относительный объем слоя смол Bio-Rad в растворах электролитов . . . . .	155
79. Эффективное зернение смол Amberlite . . . . .	155
80. Эффективное зернение смол Dowex . . . . .	156
81. Эффективное зернение смол Bio-Rad . . . . .	157
82. Фракционирование смол Bio-Rad (Dowex) седиментационным методом . . . . .	158
83. Максимальное содержание примесей в товарных ионитах . . . . .	158

Ионообменные смолы — набухающие органические полиэлектролиты, способные поглощать ионы по обменному механизму. Катионитами называют ионообменники с отрицательно заряженными активными группами, на которых адсорбируются катионы, и анионитами — ионообменники с положительно заряженными группами, на которых адсорбируются анионы.

Получают ионообменные смолы методами сополимеризации (реже — поликонденсации) в виде правильных шариков (бисер) или зерен произвольной формы (гранулы). Активные, или ионогенные, группы вводят в полимер на последней стадии синтеза. Гидрофильностью активных групп обусловлена способность смол к набуханию в воде и некоторых полярных растворителях (см. разд. 76—77), но набухаемость ограничена из-за наличия поперечных связей (мостиков) между цепями полимера. С ростом степени сшивки объемная набухаемость смол снижается. У слабосшитых ионитов объем набухших зерен, а следовательно, и объем слоя в колонке, сильно зависит от состава и ионной силы раствора.

Структура смол различается в зависимости от метода синтеза. Обычные смолы имеют сетчатую гелевую структуру без истинных пор. Распределение поперечносшивающих мостиков редко бывает равномерным, обычно в зерне наблюдаются участки повышенной и пониженной сшитости. Такие сгустки и разрежения расцены по зерну случайным образом. Специальными методами получают так называемые изонористые смолы (ИИ) с равномерным распределением мостиков в полимерной сетке геля. Помимо смол с непрерывно-гелевой структурой вырабатывают еще макропористые (МП), или макропореткулярные, смолы, в структуре которых содержатся истинные поры надмолекулярного размера (чаще 20—100 нм, иногда до  $10^4$  нм; см. разд. 75).

Ионы, фиксированные смолой, определяют ее ионную форму. Перед применением и после истощения смолу переводят в нужную ионную форму, промывая соответствующим раствором. Например, для перевода катионита в водородную или анионита в ОН-форму их промывают на колонке соответственно раствором кислоты или щелочи.

Полная обменная емкость ионита определяется суммарным содержанием активных групп. Для малых ионов доступны практически все сорбционные места у активных групп, но крупные органические ионы не всегда могут войти во внутренний объем зерна. Проницаемость смол зависит в первую очередь от их сшитости, которую принято характеризовать номинальным содержанием сшивающего агента (чаще всего ДВБ). Так, полистирольные катиониты с 8, 4 и 2% ДВБ открыты для пептидов с молекулярной массой до 150—200, 1000—2000 и 2000—3000 соответственно. У анионитов проницаемость ниже: в смолы с 8 и 2% ДВБ

могут проходить пептиды с молекулярной массой до 400 и 1200. Этим обусловлено применение слабосшитых смол для поглощения высокомолекулярных веществ.

Эффективность использования обменной емкости смол (т. е. «рабочая» обменная емкость) зависит от многих факторов, в том числе от скорости фильтрации. Влияние скорости фильтрации связано с кинетикой обменного процесса, которая включает, в частности, диффузию ионов внутри зерна. Скорость ионного обмена выше у слабосшитых и макропористых смол и значительно ниже у сильносшитых смол.

Максимальная эффективность использования обменной емкости достигается только при проведении ионообменного процесса в динамических условиях, на колонках. В статических условиях емкость обмена смолы реализуется всегда лишь частично вследствие установления ионообменного равновесия. В промышленности используют ионообменные системы с движущимся слоем смолы и системы с «кипящим слоем» (т. е. в противотоке), которые обеспечивают непрерывность процесса.

Ионообменные смолы устойчивы в растворах кислот и щелочей и в большинстве органических растворителей. К действию сильных окислителей устойчивость ионитов недостаточна, но она гораздо выше у сильносшитых смол, содержащих ДВБ 12% и выше. Повышенной устойчивостью к действию окислителей обладают также ИП-смолы. Термостойкость лучших ионообменных смол достигает 150 °С.

При длительном хранении смол в воде наблюдается накопление продуктов выщелачивания. Полистирольные сульфокатиониты в И-форме за 6 месяцев накапливают до 0,2 мкг высокомолекулярного сульфоната (продукт красного цвета) на 1 г смолы. Аналогичным образом в анионитах накапливаются и выходят в раствор алифатические амины. Учитывая это, после длительного перерыва перед новым использованием колонки следует промывать водой (1—2 объема навивки).

Механическая прочность и устойчивость к истиранию у большинства бисерных смол довольно высоки. Однако не все смолы выдерживают резкое изменение состава фильтрующегося раствора, приводящее к «осмотическому шоку». Особенно неблагоприятно влияет замачивание сухих смол в воде — шарики при этом растрескиваются и крошатся. Чтобы предотвратить растрескивание, рекомендуется сухие смолы замачивать сначала в насыщенном растворе NaCl и только потом переносить в воду. Медленное набухание смолы снимает перенапряжения на микросферах и разрушение зерен. Наибольшей механической прочностью, устойчивостью к истиранию и действию «осмотического шока» обладают сильносшитые иониты, а также ИП-смолы и, особенно, МП-смолы.

По степени ионизации активных групп иониты подразделяют на сильно- и слабокислотные (катиониты) и сильно- и слабоосновные (аниониты). Полифункциональными называют иониты с несколькими типами активных групп. У слабокислотных катионитов и слабоосновных анионитов обменная емкость зависит от кислотности среды, тогда как сильнокислотные катиониты и сильноосновные аниониты могут обменивать ионы практически при любом значении pH среды от 0—2 до 12—14.

Специфичность поглощения ионов определяется зарядом (для поливалентных ионов специфичность значительно выше, чем для одновалентных), размерами иона в гидратированном состоянии и другими факторами, в том числе свойствами органической основы, матрицы ионита (см. разд. 61—66). Некоторые смолы проявляют склонность к образованию дополнительных, комплексных связей с ионами, такие смолы называют хелатными. Селективность ионного обмена можно регулировать введением в состав элюента комплексообразующих реактивов и использованием смешанных растворителей.

Разнообразно применение ионообменных смол: хроматографическое разделение (в том числе групповое разделение веществ заряженных и незаряженных и разделение по знаку заряда), удаление ионов из растворов, концентрирование ионов, изменение солевого состава жидкостей, введение нужных ионов в реакционную смесь при проведении реакции посредством фильтрования через колонку, катализ.

По сравнению с другими ионитами ионообменные смолы отличаются высокой обменной емкостью, хорошие кинетические характеристики в сочетании с хорошими фильтрационными свойствами, высокая химическая устойчивость в агрессивных условиях, удовлетворительная механическая прочность, универсальность действия. По отдельным показателям смолы уступают некоторым другим ионообменным материалам. Циркониевым ионитам — по радиационной и термической стойкости, а также по селективности в отношении щелочных и щелочноземельных металлов; ионообменным целлюлозам и сефадексам — по проницаемости для макромолекул и мягкости условий сорбции и десорбции; поверхностно-слойным ионообменникам — по пригодности для ВСЖХ.

В лабораторной практике чаще всего используют смолы с зернением 100—150 мкм для КЖХ низкого давления и 50—100 мкм — для аналогичных работ для КЖХ с высоким разрешением. Смолы с зернением крупнее 300 мкм применяют в основном в промышленных ионообменных установках. Для фильтрации с повышенной скоростью и для использования в установках с циркуляцией смолы или с «кипящим слоем» применяют сорта смол с укрупненным зернением (больше 500 мкм).

По-видимому, перспективно использование в промышленности ионообменных смол в виде волокон. В 1972 г. фирмой СС (США) начато производство ионообменных волокон на основе сульфифенолового катионита. Первые образцы имели волокна длиной в среднем 8 см и толщиной 17 мкм. Волокна набухают слабо, кинетика ионного обмена отличается высокой скоростью, в колоннах волокна выдерживают давление до 1400 кгс/см<sup>2</sup>.

Специально для хроматографии выпускают хроматографические сорта (ХС) ионитов, которые отличаются в первую очередь равномерным гранулометрическим составом, узким диапазоном зернения и отсутствием тонкодисперсной фракции («мути»). Смолы ХС подвергают некоторой очистке, но обычно они уступают по чистоте специальным смолам аналитических сортов (АС). Последние получают посредством промывания смол растворами кислот, щелочей и комплексообразователей и органическими растворителями (см. разд. 83). Выпускают также специально очищенные сорта смол для использования в фармацевтических целях и в пищевой промышленности — ФС. Ядерные марки смол (ЯМ) используют в контурах водяного охлаждения ядерных реакторов; эти смолы должны быть высокой степени чистоты, тщательно отсеяны от мелких частиц, а также иметь высокую степень плотности перевода в заданную ионную форму.

Лит.: Ионообменная технология, под ред. Ф. Находа и Дж. Шуберта, М., Металлургия, 1959, 658 с.; Салдадзе К. М., Пашков А. Б., Титов В. С., Ионообменные высокомолекулярные соединения, М., Госхимиздат, 1960, 356 с.; Рябчиков Д. И., Цитович И. К., Ионообменные смолы и их применение, М., Изд. АН СССР, 1962, 187 с.; Гельферих Ф., Иониты. Основы ионного обмена, М., Издательство, 1962, 490 с.; Гриссбах Р., Теория и практика ионного обмена, М., Издательство, 1963, 499 с.; Осборн Г., Синтетические ионообменники, М., «Мир», 1964, 506 с.; Самуэльсон О., Ионообменные разделения в аналитической химии, М.—Л., «Химия», 1966, 416 с.; Трейон Б., Разделения на ионообменных смолах, М., «Мир», 1967, 431 с.; Синявский В. Г., Селективные иониты, Киев, «Техника», 1967, 167 с.; Херинг Р., Хелатообразующие ионообменники, М., «Мир», 1971, 279 с.; Кожевников А. В., Электроноинообменники, Л., «Химия», 1972, 128 с.; Сенявин М. М., Рубинштейн Р. Н. и др., Основы расчета и оптимизации ионообменных процессов, М., «Наука», 1972, 175 с.; Полянский Н. Г., Кatalиз ионитами, М., «Химия», 1973, 214 с.; Римаев В., Уолтон Г., Ионообменная хроматография в аналитической химии, М., «Мир», 1973, 375 с.; Полянский Н. Г. и др., Методы исследования ионитов, М., «Химия», 1976, 208 с.

## КАТИОНИТЫ

### 43. Полистирольные сульфокатиониты (табл. на стр. 86)

Полистирольные иониты синтезируют на основе стирола  $C_6H_5CH=CH_2$  и поперечносшивающего агента дивинилбензола (ДВБ)  $C_6H_4(CH=CH_2)_2$  с последующим сульфированием полимера. Активные группы —  $C_6H_4-SO_3H$  обладают сильнокислот-



ными свойствами, их рК ниже 1—2. В большинстве случаев зерна товарных ионитов имеют форму бисера. Освоение промышленного производства смол этого типа относится к 1947 г.

Полистирольные сульфокатиониты отличаются высокой термической и химической стойкостью. Они нерастворимы в большинстве органических растворителей, устойчивы к действию концентрированных растворов кислот и щелочей, умеренно устойчивы к действию окислителей. Сильноштитые смолы (с содержанием ДВБ 10—12% и более) обладают повышенной устойчивостью к действию сильных окислителей. Рабочий диапазон рН очень широк: от 0—1 до 13—14.

#### 44. Полистирольные сульфокатиониты — хроматографические сорта (табл. на стр. 98)

Микрозернистые полистирольные сульфокатиониты широко используют в аминокислотных и других биохимических автоанализаторах (см. также разд. 72).

Разделение аминокислот методом Мура и Стейна (1949 г. и позднее) проводят на двух колонках (с двумя пробами). Разделение кислых и нейтральных компонентов происходит на длинной (до 150 см) колонке с использованием последовательно двух буферных растворов, и разделение основных компонентов — на короткой (15—50 см) колонке с использованием буферного раствора с более высокой ионной силой и рН. Таким способом на соответствующих смолах возможен анализ до 20 аминокислот в белковых и пептидных гидролизатах, а в «расширенном» варианте анализа — до 50 аминокислот и родственных соединений в физиологических жидкостях (Blackburn S., *Amino acid determination: methods and techniques*, N. Y., Dekker, 1968, 271 p.; Бенсон Д. В., Паттерсон Д. ж. А., в кн.: Новые методы анализа аминокислот, пептидов и белков, М., «Мир», 1974, с. 9—84).

Многие анализаторы аминокислот, снабженные приспособлениями для градиентной элюции, работают по одноколоночному методу (Piez K. A., Morris L., *Anal. Biochem.*, 1960, v. 1, No. 3, p. 187—201; Miller E. J., Piez K. A., *Ibid.*, 1966, v. 16, No. 2, p. 320—326).

В некоторых приборах используют лигандный метод разделения аминокислот в виде металлических комплексов на смоле, например в цинковой форме. Вследствие повышенной специфичности смолы к таким комплексам разделение аминокислот обычно улучшается (Arikawa T., Makine I., *Federation Proc.*, 1966, v. 25, No. 2, p. 786).

Для анализа аминокислот обычно применяют смолы с 8% ДВБ. Эти же смолы можно использовать для анализа нуклеозидов (Uziel M. et al., *Anal. Biochem.*, 1968, v. 25, No. 1—3, p. 77—98; Singhal R. P., *Arch. Biochem. Biophys.*, 1972, v. 152, No. 2, p. 800—810), моно- и дисахаридов; последние — на смоле в триметиламмониевой форме, а элюцией 85%-ным этанолом (Hobbs J. S., Lawrence J. G., *J. Chromatog.*, 1972, v. 72, No. 2, p. 311—318).

Для разделения иодоаминокислот применяли смолу с 4% ДВБ (Vosk R. J., Mandl R. H., *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1962, v. 102, No. 1, p. 87—95). На такой смоле можно разделять и пептиды (Weber K., *Biochemistry*, 1967, v. 6, No. 10, p. 3144—3154), однако более пригодны для этой цели слабштитые смолы с 2% ДВБ или макропористые иониты. Хроматографию пептидов выполняют с использованием пиридин-ацетатных и цитратных буферных растворов (Hirsch C. H. W. et al., *J. Biol. Chem.*, 1956, v. 219, No. 2, p. 623—642; Richter J. J., Wainer A., *J. Chromatog.*, 1968, v. 37, No. 1, p. 55—61; Wall R. A., *Anal. Biochem.*, 1970, v. 35, No. 1, p. 203—208; Liu W.-K. et al., *J. Biol. Chem.* 1972, v. 247, No. 13, p. 4351—4364, 4365—4381; Bohner J. L., Taniuchi H., *Ibid.*, No. 14, p. 4557—4560; Morgan W. T. et al., *Ibid.*, No. 20, p. 6555—6565).

См. также микрозернистые сильнокислотные катиониты на основе пористо-пористых и привитых сорбентов: разд. 113, 115 и 117.

№ пп	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержание ДВВ, %	Сорт смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость		$\frac{-\Delta V}{(H \rightarrow Na)}$ , %	Максимальная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
					мл-экв/г	мг-экв см <sup>3</sup>					меш	мкм
1	Dowex [Dow, США]											
2	50W-X1	1		H или Na	5,0	0,4		150				
3	50W-X2	2		H или Na	5,3	0,9		150		82	20—50	См. разд. 80
4	50W-X4	4		H или Na	5,2	1,3		150	0,85	67	50—100	
5	50W-X8	8		H или Na	5,2	1,9		150		55	100—200	
6	50W-X10	10		H или Na	5,3	2,0		150		49	200—400	
7	50W-X12	12		H или Na	5,1	2,3		150		45	—400	
8	50W-X16	16		H или Na	4,9	2,6		150				
8	MP-50		МП	H или Na	4,6	1,7				46—52	20—50 50—100 100—200 200—400	
9	53 (MSC-1)		МП	H или Na	4,5	1,7				50	20—50	300—840
	Bio-Rad AG [BRL, США]											
10	AG 50W-X1	1	АС	H	5,0	0,4		150		84—92		См. разд. 81
11	AG 50W-X2	2	АС	H	5,2	0,7		150		75—83	20—50	
12	AG 50W-X4	4	АС	H	5,2	1,2		150		64—72	50—100	
13	AG 50W-X8	8	АС	H	5,1	1,7		150		50—56	100—200	
14	AG 50W-X10	10	АС	H	5,0	1,9		150		46—52	200—400	
15	AG 50W-X12	12	АС	H	5,0	2,3		150		42—48	—400	
16	AG 50W-X16	16	АС	H	4,9	2,6		150		36—44		
17	AG MP-50		АС	H	4,6	1,7				46—52	См. № 8	
	Bio-Rex RG [BRL, США]											
18	RG 50W-X8	8	ЯМ	H (≥95%)				150	0,80		20—50	300—840
19		8	ЯМ	NH <sub>4</sub> (≥95%)				150	0,80		20—50	300—840
20		8	ЯМ	Li (≥99,9%)				150	0,80		20—50	300—840
21		8	ЯМ	<sup>7</sup> Li (≥99,98%)				150	0,80		20—50	300—840
	Dowex p. A. [Serva, ФРГ]											
22	50W X2 p. A.	2	АС	H				150			20—50	См. разд. 81
23	50W X4 p. A.	4	АС	H				150			50—100	
24	50W X8 p. A.	8	АС	H				150			100—200	
25	50W X10 p. A.	10	АС	H				150			200—400	
26	50W X12 p. A.	12	АС	H				150			—400	
	Amberlite [R & H, США]											
27	IR-120	8		Na или H	4,3	1,9	7	120	0,85	44—48	16—50	300—1200
28	IR-120 Plus	8		Na или H	4,3	1,9	5—7	120	0,85	44—48	16—50	300—1200
29	IR-120-L	8		Na	4,3	1,9	7	120	0,85	44—48		500—1200
30	IRP-69	8	ФС	Na	4,3	1,9		120		10—15	100—500	30—150
31	IRP-69M	8	ФС	Na	4,3	1,9		120		10—15	—325	<50
32	IRN-77	8	ЯМ	H (≥95%)	≥4,7	1,8		120		≤55	16—50	300—1200
33	IRN-163	8	ЯМ	Li (≥99%)	≥4,6	1,75		120		≤55	16—50	300—1200
34	IRN-169	8	ЯМ	NH <sub>4</sub> (≥99%)	≥4,4	1,7		120		≤55	16—50	300—1200
35	IRN-218	8	ЯМ	<sup>7</sup> Li (≥99%)	≥4,6	1,75		120		≤55	16—50	300—1200

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержание ДВВ, %	Сорт смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость	
					мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
36	IR-116 (IR-120-HP) <sup>+</sup> ?	1		Na		0,3
37	IR-118 (H) (XE-100, IR-112) <sup>+</sup> ?	4,5		H	4,3	1,5
38	IR-122	10		Na	4,3	2,1
39	IR-124	12		Na	4,3	2,2
40	200	>20	МП	Na	4,3	1,75
41	200C	>20	МП	Na	4,3	1,75
42	252		МП	Na		1,80
43	Stratabed 122	10		Na		2,1
	Amberlite p. A. [Serva, ФРГ]					
44	IR-120	8	AC	H		1,9
45	IR-120-HP (IR-116?)	1	AC	H		0,3
46	IR-112 (IR-118?)	4	AC	H		
47	IR-122	10	AC	H		2,1
48	IR-124	12	AC	H		2,1
49	200	>20	AC	H		1,75
50	252		AC	H		1,75
	Amberlyst [R & H, США]					
51	15		МП	H	4,6	1,8
52	XN-1005		МП	H	3,4	1,5
53	XN-1010		МП	H	3,3	1,0
	Amberlyst p. A. [Serva, ФРГ]					
54	15 p. A.		AC	H		2,9
55	Amberlite IR-120 AR [MCW, США]	8	AC	H (≥98%)	5,0	1,75
	Permutit [Perm, США]					
56	Q-100	10		Na	4,6	1,9
57	Q-101	10		H	4,6	1,9
58	QHPF	10	AC	H	4,6	1,9
59	Q-106	10	ЯМ	NH <sub>4</sub>	4,6	1,8
60	Q-107	10	ЯМ	Li	4,6	1,8
61	Q-108	10	ЯМ	<sup>7</sup> Li	4,6	1,8
62	NQH	10	ЯМ	H	4,6	1,8
63	Q-110	12,5		Na	5,0	2,1
64	Q-111	12,5		H	4,6	1,9
65	Q-130	15		Na	5,0	2,1
66	Q-220			Na	3,9	1,75
	Ionac [ICC, США]					
67	C-240	10		Na	4,6	1,9
68	C-242	10		H	4,6	1,9
69	ANGC-242	10	AC	H	≥4,0	

-ΔV (H→Na), %	Максимальная рабочая температура, °C	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
				меш	мкм
	120	0,80	85—95	16—50	300—1200
5—10	120	0,74	56—60	16—50	300—1200
5—7	120	0,86	39—43	16—50	300—1200
5—7	120	0,86	37—41	16—50	300—1200
3—5	150	0,77—0,83	46—51	18—50	300—1000
3—5	150	0,77—0,83	46—51		См. разд. 79
3—5	150	0,77—0,83	45—50		300—1100
5—7	120	0,86	40—44		См. разд. 79
	120		44—48	20—50	400—1200
	120		85—95	20—50	400—1100
	120		56—60	20—50	400—1100
	120		40—44	20—50	300—1200
	120		40—44	20—50	400—1100
	140		47—52	20—50	400—1000
	140		45—50	20—50	400—1000
	120	0,34—0,38	<3	16—50	300—1200
	120		<3	16—50	300—1200
	120		<3	16—50	300—1200
	120		45—50	16—50	400—1200
	150	0,77	49—55	20—50	300—840
	120	0,80—0,88	45—55	16—50	300—1200
	120	0,77—0,85	45—55	16—50	300—1200
	120	0,77—0,85	45—55	30—100	150—600
	120	0,77—0,85	40—50	16—50	300—1200
	120	0,77—0,85	45—55	16—50	300—1200
	120	0,77—0,85	45—55	16—50	300—1200
	120	0,77—0,85	45—55	16—50	300—1200
	120	0,88—0,93	45—55	16—50	300—1200
	120	0,77—0,83	45—55	16—50	300—1200
	120	0,88—0,96	45—55	16—50	300—1200
	120	0,80—0,88	45—55	16—50	300—1200
	130 (H), 140 (Na)	0,80—0,88	45—55	16—50	300—1200
	130 (H), 140 (Na)	0,77—0,85	45—55	16—50	300—1200
	130 (H), 140 (Na)	0,77—0,85	45—55	16—50	300—1200

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержание ДВБ, %	Сорт смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость	
					мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
70	C-252	10		H	≥4,0	
71	C-244	10		H	≥4,0	
72	ANGC-244	10	AC	H	≥4,0	
73	C-249	10	ФС	Na	≥4,0	
74	C-267	10	ФС	H	≥4,0	
75	C-253	10	ФС	Na	≥4,0	
76	C-257	10	ФС	H	≥4,0	
77	CI-294	10	Инд	Na	≥4,0	
78	CI-295	10	Инд	H	≥4,0	
79	NC-10	10	ЯМ	H (≥95%)	4,6	1,8
80	NC-15	10	ЯМ	NH <sub>4</sub> (≥95%)	4,6	1,8
81	NC-20	10	ЯМ	Li (≥95%)	4,6	1,8
82	NC-21	10	ЯМ	<sup>7</sup> Li (≥95%)	4,6	1,8
83	C-250	12,5		Na	≥5,0	≥2,3
84	C-251	12,5		H	≥5,0	≥2,3
85	C-258	12,5	ФС	Na	≥5,0	≥2,3
86	C-259	12,5	ФС	H	≥5,0	≥2,3
87	ANGC-243	12,5	AC	H	≥5,0	≥2,3
88	C-255	15		Na	5,0	2,1
89	C-256	15		H	5,0	2,1
90	C-280			Na	3,9	1,7
91	C-281			H	3,9	1,7
92	C-350	20	МП	Na	≥4,6	≥1,4
Duolite [D-S, США]						
93	C 20	8		Na	5,1 (H)	2,05 (Na)
94	C 20 L	8		Na	5,1 (H)	2,05 (Na)
95	C 20 A	8	ФС	Na	5,1 (H)	2,05 (Na)
96	C 25 D	5,5		Na	5,1 (H)	1,6 (Na)
97	C 26	8 (?)	МП	Na		1,85
98, 99	C 26 C, C 26 CI	8 (?)	МП	Na		1,85
100	C 261	5,5 (?)	МП	Na		1,5
101, 102	C 261 C, C 261 CI	5,5 (?)	МП	Na		1,5
103	C 264	>12 (?)	МП	Na		2,5
104	C 20-Nuclear	8	ЯМ	H (≥99%)	5,0 (H)	2,1 (Na)
105	Micro-Ionex C-H		ЯМ	H (≥99,5%)	5,0 (H)	
106	Micro-Ionex C-NH <sub>4</sub>		ЯМ	NH <sub>4</sub> (≥98%)	4,7 (NH <sub>4</sub> )	
107	C 27		МП	Na	5,0 (H)	2,1 (Na)
108	C 20-X10	10		Na		2,3 (Na)
109	C 20-X12	12		Na		2,5 (Na)
110	C 202 A			Na	5,1 (H)	1,0 (Na)
111	C 204			Na	5,1 (H)	2,6 (Na)
112	C 208			Na		1,5
Zerolit ZK [Zer, Англия]; Zeo-Karb [Perm, Англия]						
113	225	8		Na	4,5-5,0	2,0-2,1
114	325	10		H	4,8	2,0
115	425			Na		1,9
116	Resex P [Cros, Англия]			Na	4,8	2,0

-ΔV (H→Na), %	Максимальная рабочая температура, °C	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зеренне	
				меш	мкм
	130 (H), 140 (Na)	0,77-0,85	45-55	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,77-0,85	45-55	30-80	200-600
	130 (H), 140 (Na)	0,77-0,85	45-55	30-80	200-600
	130 (H), 140 (Na)	0,80-0,88	40-50	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,80-0,88	45-55	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,80-0,88	45-55	16-30	600-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,80-0,88	45-55	16-30	600-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,80-0,88	45-55	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,80-0,88	45-55	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,77-0,85	45-55	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,77-0,85	40-50	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,77-0,85	45-55	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,88-0,93	35-45	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,88-0,93	35-45	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,88-0,93	35-45	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,88-0,93	35-45	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,88-0,96	35-45	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,88-0,96	35-45	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,80-0,88	35-45	16-50	300-1200
	130 (H), 140 (Na)	0,80-0,88	35-45	16-50	300-1200
	120		55-65	16-50	300-1200
7	120	0,86	43-46	16-50	300-1200
7	120	0,86	43-46	18-30	600-1000
7	120	0,86	43-46	400-1200	
4	110	0,82	55-60	16-50	300-1200
7	140	0,85	45-50	16-50	300-1200
7	140			400-1200	
10	120	0,78	55-60	16-50	300-1200
10	120			400-1200	
6	140	0,90	40-43	16-50	300-1200
	120	0,80	40-50	16-50	300-1200
	120			(Порошок)	20-130
	120			»	20-130
7	150	0,82		16-50	300-1200
	150		42	16-50	300-1200
	150		38	16-50	300-1200
14	120			16-50	300-1200
6	>120	0,90		16-50	300-1200
10	120		59	16-50	300-1200
4-9	120 (H), 140 (Na)	0,85	46-52	14-52	300-1200
				52-100	150-300
4-9	120 (H), 140 (Na)	0,85		14-52	300-1200
4-9	120 (H), 140 (Na)	0,85		14-52	300-1200
	120	0,90	50	18-52	300-800

№ п, п	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержание ДВБ, %	Сорт смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость		$\frac{\Delta V}{(H \rightarrow Na)}$ , %	Максимальная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
					мг-экв/г	мг-экв см <sup>3</sup>					меш	мм
	<b>Imac [Imac, Нидерланды]</b>											
117	C-12	8—10		Na	5,1	2,0	5	120	0,88	51	16—50	300—1200
118	C-14	14		Na	5,1	2,1		120	0,88	49	16—50	300—1200
119	C-8-P	8	МП	Na	5,1	1,7	5	120	0,86	57	16—50	300—1200
120	C-16-P	16	МП	Na	5,1	2,1	5	120	0,92	48	16—50	300—1200
	<b>Kastel [ME, Италия]</b>											
121	C-300	8		Na	4,25		5	100	0,85	45	14—52	300—1200
122	C-300 AGR	12		Na	4,5—4,7		3	120	0,89	45	14—52	300—1200
123	C-300 P	8	МП	Na		1,7		120	0,84	53	14—52	300—1200
	<b>Relite [RdI, Италия]</b>											
124	CF			Na	5,0	2,0	5	120	0,85—0,90	43—45	18—50	300—1200
125	CFS		МП	Na	5,0	1,9	5	120	0,75—0,80	46—47	18—50	300—1200
126	CFZ		МП	Na				120			18—50	300—1200
127	CM-2			Na+H					0,84	47		
128	Redex CF		МП									
	<b>Diaion [M-I, Япония]</b>											
129	SK-1A	8		Na		≧1,9		120	0,80—0,84	43—50	16—50	300—1200
130	SK-1B	8		Na		≧1,9		120	0,80—0,84	43—50	16—50	300—1200
131	SK-1 AG	8	AC	H		2,0—2,2		120	0,86—0,88	50—55	100—200	70—150
132	SK-102	2		Na		≧0,6		120	0,69—0,73	72—82	16—50	300—1200
133	SK-103	3		Na		≧0,9		120	0,71—0,75	64—74	16—50	300—1200
134	SK-104	4		Na		≧1,2		120	0,74—0,78	57—67	16—50	300—1200
135	SK-106	6		Na		≧1,6		120	0,78—0,82	47—57	16—50	300—1200
136	SK-110	10		Na		≧2,0		120	0,81—0,86	35—45	16—50	300—1200
137	SK-112	12		Na		≧2,1		120	0,82—0,87	32—42	16—50	300—1200
138	SK-116	16		Na		≧2,1		120	0,89—0,90	27—37	16—50	300—1200
	<b>Lewatit [Bayer, ФРГ]</b>											
139	S 100				4,75	2,2		120	0,8—0,9		16—50	300—1200
140	S 100 G 1		Инд		4,75	2,2		120	0,8—0,9		16—50	300—1200
141	S 100 BG				4,75	2,2		120				
142	S 100 WS				4,75	2,2		120				
143	S 100 LF		ФС		4,75	2,2		120			16—50	300—1200
144	CA 9270		ФС	Na; K; NH <sub>4</sub> ; H; Mg (≧95%)		2,0		120		50		100—400 (≧90%)
145	S 100 KR/H		ЯМ	H				120				
146	S 115				4,6	2,0		120	0,8—0,9		18—50	300—1000
147	SP 100		МП		4,75	1,6		120	0,7—0,8		10—50	300—2000
148	SP 120		МП			1,9		120	0,7—0,8		10—50	300—2000
	<b>Lewasorb [Bayer, ФРГ]</b>											
149	CA 9252/Na (CA 9236, CA 9190)+		ФС	Na	4,0					2—5		<50 (≧95%)
150	CA 9252/K (CA 9240)+		ФС	K	4,0					2—5		<50 (≧95%)

№ пп	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержание ДВВ, %	Сорт смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость		$\frac{\Delta V}{V} (H \rightarrow Na), \%$	Максимальная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см³	Влажность, %	Зернение	
					мг-экв/г	мг-экв/см³					ммш	мм
151	CA 9252/H (CA 9246, CA 9191)†		ФС	H	4,0					2—5		<50 (≥95%)
152	CA 9252 NH₄ (CA 9192)†		ФС	NH₄	4,0					2—5		<50 (≥95%)
153	CA 9252/Mg		ФС	Mg	4,0					2—5		<50 (≥95%)
154	CA 9279/Na		ФС	Na	4,0					50		<100 (≥95%)
155	CA 9279/K		ФС	K	4,0					50		<100 (≥95%)
156	CA 9279/H		ФС	H	4,0					50		<100 (≥95%)
157	CA 9279/NH₄		ФС	NH₄	4,0					50		<100 (≥95%)
158	CA 9279/Mg		ФС	Mg	4,0					50		<100 (≥95%)
159	Serdolit-Rot [Serva, ФРГ]		АС, Инд	H (98%)		1,8			0,80	55		1000
160	Ionenaustauscher I [Merck, ФРГ]			H	4,5	2,6	5	90	0,8	45—55		300—900
161	Permutit RS [Perm, Зап. Бер- лин]		АС	Na	5,5	2,4		114	0,80	45		300—1200
162	Wofatit [СКВ, ГДР] KPS (KPS-200)†	2		Na							16—50	300—1200
163		4		Na							16—50	300—1200
164		6		Na							16—50	300—1200
165		8		Na	4,7 (H)	1,8 (H)	10	115	0,8—0,9	45—53	16—50	300—1200
166		16		Na							16—50	300—1200
167—	KPS rein	2,4,6,8,16	АС	H							18—50	300—1000
171												
172	RH		ЯМ	H								300—1300
173	RK		ЯМ	K								300—1300
174	RL		ЯМ	Li								300—1300
175	RN		ЯМ	NH₄								300—1300
176	KS 10			Na	4,4 (H)	1,5 (H)	10	120	0,75—0,85	48—58	16—50	300—1200
177	Varion [СКВ, ВНР] KS			Na+Ca	5,0	2,2		135	0,75—0,8	44—47		250—1100
178	KSM		МП	Na+Ca	4,95	2,2		135				350—1000
179	PKS (K-POR)†			Смешан.	2,4 (H)			100				40—100
180	KO			Na+Ca	4,9	2,0—2,2		135				300—1100
181	Ostion [Sch, ЧССР] KS	8		H	4,9—5,0	1,9		105			16—50	300—1200
182	KSP		МП	H	4,9	1,6		105			20—50	300—800
183	Полисгирольные сульфокатиониты [СССР] КУ-2-8	8		H+Na	4,7—4,8	1,3—1,6		120—130	0,6—0,9	40—60		300—1500
184	КУ-23 (КУ-2-8П)	8	МП	H	4,5			120—130		50—60		250—1200
185	КУ-2-12П	12	МП		≥4,95	1,5				62		500—1500
186	СБС-1				3 (Na)	1,0			0,5—0,7	20—40		300—1500
187	СБС-2				4,5 (Na)	0,9—1,1			0,6			300—1500
188	СБС-3				5 (Na)	0,6—1,0			0,5			300—1500
189	СДВ-3				4,5 [4,2]	1,3—1,5			0,5—0,6			300—1500

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержание ДВБ, %	Сорт смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость	
					мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
190	КРС-2п	2	АС	Н	4,8—5,2	
191	КРС-3п	3	АС	Н	4,8—5,2	
192	КРС-4п	4	АС	Н	4,8—5,2	
193	КРС-5п	5	АС	Н	4,8—5,2	
194	КРС-6п	6	АС	Н	4,8—5,2	
195	КРС-7,5п	7,5	АС	Н	4,8—5,2	
196	КРС-8п	8	АС	Н	4,8—5,2	
197	КРС-10п	10	АС	Н	4,7—5,1	
198	КРС-2м	2	АС	Н	4,8—5,2	
199	КРС-3м	3	АС	Н	4,8—5,2	
200	КРС-5м	5	АС	Н	4,8—5,2	
201	КРС-8м	8	АС	Н	4,8—5,2	
202	КРС-10м	10	АС	Н	4,7—5,1	
203	КРС-2пТ-40	2	МП, АС	Н	4,8—5,2	
204	КРС-3пТ-40	3	МП, АС	Н	4,8—5,2	
205	КРС-5пТ-40	5	МП, АС	Н	4,8—5,2	
206	КРС-8пТ-40	8	МП, АС	Н	4,8—5,2	
207	КРС-10пТ-40	10	МП, АС	Н	4,8—5,2	

Примечания. 4. Основная марка. 8, 17. Сорта с зернением мельче см. разд. 77. 28. Сорт смолы повышенного качества. 29—35. Сорта смолы № 27. шенные гидравлические характеристики). 51—54. Смолы для катализа и ионного 79—82, 83, 88, 90. Идентичны соответственно смолам № 56, 57, 59—62, 63, 65, дартизованные сорта смолы с крупным зернением (эффективное зернение 500—высокоскоростная фильтрация (№ 98) и использование в непрерывных процес 99. 103. Смола имеет повышенную специфичность к Са. 105, 106. Используют тивное зернение 450—550 мкм. 115. Особо сильноокислотная смола, с повышен фективное зернение 550 мкм. 126. Гранульная смола, отличается от № 125 боль группы; используют при рН > 5. 130. Кислотоустойчивый сорт. 141. Крупно зования в «кипящем слое». 144. Отличается от смолы № 143 только зернением. 149—158. Гранульные смолы. Степень перевода в указанную ионную форму — 186—188. Смолы на основе стирола и бутадиена, с различной степенью сульфид n- или м-ДВБ. Набухаемость: см. разд. 76.

—AV (H→Na), %	Максимальная рабочая темпе- ратура, °С	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
				меш	мкм
		0,65—0,75			
		0,65—0,75			(≥95%):
		0,65—0,75			600—800
		0,65—0,75			400—600
		0,65—0,75			200—300
		0,65—0,75			80—120
		0,65—0,75			40—60
		0,75—0,85			(≥95%)
		0,55—0,65			600—800
		0,65—0,75			400—600
		0,65—0,75			200—300
		0,65—0,75			80—120
		0,75—0,85			40—60
					(≥95%)
					600—800
					400—600
					200—300
					80—120
					40—60

50 меш получены размолом (гранульные). 27. Основная марка. Набухаемость: 43. Сорт смолы № 38 с узким диапазоном зернения (для водоподготовки: улуч-обмена в неводных средах. См. разд. 75. 66. Смола сильнооситая (?). 67, 68, 66. 93. Основная марка. Шкала селективности: см. разд. 61. 98, 99. Строго стан-600 мкм, по сравнению с 400—450 мкм у основного сорта № 97). Назначение: сах с циркуляцией смолы (№ 99). 101, 102. Соответственно примечанию к № 98, в смешанном слое, для деонизации и для поглощения коллоидов. 112. Эффек-ной устойчивостью к действию свободного хлора. 117. Основная марка. 123. Эф-шей шитостью. 127. Бифункциональная смола, содержит также карбоксильные зернистый сорт для фильтрования с высокой скоростью. 142. Смола для исполь-146, 148. Отличаются от смол соответственно № 139 и 147 большей шитостью, не менее 95%. 165. Основная марка. 180. Устойчива к действию окислителей. рования. Форма зерен — гранулы. 190—207. Синтезированы с использованием

№ п/п	Марки смол и фирма-изготови- тель	Содержание ДВБ, %	Ионная фор- ма	Полная об- менная ем- кость, мг-экв/г	Форма зерен	Зернение	
						меш	мкм
	<b>Aminex [BRL, США]</b>						
1	A-4	8	Na	5,0	MC		16—24
2	A-5	8	Na	5,0	MC		11—15
3	A-6	8	Na	5,0	MC		15,5—19,5
4	A-7	8	Na	5,0	MC		7—11
5	A-8	8		5,0	MC		5—8
6	A-9	Her			MC		11—12
7	Q-15S	8			MC		19—25
8	Q-150S	8			MC		21—35
9	50W-X2	2	Na		MC	200—325	44—74
10		2	NH <sub>4</sub>		MC	200—325	44—74
11	50W-X4	4	H		MC		20—30
12		4	H		MC		30—35
	<b>Durrum [D, США]</b>						
13	DC-1A	8		5,0	MC		12—16
14	DC-2A	8		5,0	MC		9—15
15	DC-3A	8			MC		
16	DC-4A	8	Na	5,0	MC		8,5—9,5
17	DC-5A	8			MC		6—7
18	DC-6A	8		5,0	MC		10—12
19	DC-X4	4			MC		15—25
	<b>Beckman Resins [B, США]</b>						
20	AA-15	8	Na		MC		16—28
21	AA-20	8	Na	5	MC		9,5—11,5
22	AA-27	8	Na		MC		
23	PA-28	7,5	Na	5,0	MC		12—20
24	PA-35	7,5	Na	5,0	MC		8—14
25—28	15A, 50A, 50B, 150A	8			гp		
29, 30	M-Series (M-72, M-81)				MC		
	<b>[SSI, США]</b>						
31	UR-30	7,25			MC		17—29
32	UR-40	7,25			MC		13—17
	<b>Hamilton Chroma- tographic Resins [HC, США]</b>						
33	H-70	8,0	Na	5,2	MC		18—30
34	HP-AN 90	7,0	Na	5,2	MC		16—28
35	HP-B 80	7,75	Na	5,2	MC		10—20
	<b>Ionac [ICC, США]</b>						
36	CGC-240	8	Na	≧4,5	MC	100—200	74—150
37	CGC-241	8	Na	≧4,5	MC	200—400	37—74
38	MFC-6	6	Na	≧4,0	MC		<35 (95%)
39	MFC-10	10	Na	≧4,0	MC		<35 (95%)



№ п/п	Марки смол и фирма-изготови- тель	Содержание ДВВ, %	Ионная фор- ма	Полная об- менная см- кость, мг-экв/г	Форма зерен	Зернение	
						меш	мкм
40	Spherix [PPI, США]		Na		мс		
41	Chromobeads [TCC, США]		Na		мс		
	Amberlite CG, CP [MCW, США]						(-90%):
42	CG-120 Type I	8	Na	4,5	мс?	100-200	50-160
43	CG-120 Type II	8	Na	4,5	мс?	200-400	20-80
44	CG-120 Type III	8	H	4,5	мс?	400-600	<50
45	IR-120 CP	8	Na	4,4	мс	20-50	300-840
46	IR-120 (H) CP	8	H	4,6	мс	20-50	300-840
	Amberlite p. A. [Serva, ФРГ]						
47	IR-120/AS 2835 p. A.	8			гр		28-35
48	IR-120/AS 3545 p. A.	8			гр		35-45
49	IR-120/AS 4560 p. A.	8			гр		45-60
50	CG-120 I p. A.	8	Na		мс?		80-150
51	CG-120 II p. A.	8	Na		мс?		40-80
52	CG-120 III p. A.	8	Na		мс?		<50
	EEL 120 [EEL, Англия]						
53, 54	B 1, B 2	8	Na		мс		
	Zerolit [Zer, Анг- лия]; Zeo-Karb [Perm, Англия]						
55	SRC 1, 2, 3, 4	1	Na				
56	SRC 5, 6, 7, 8	2	Na				
57	SRC 9, 10, 11, 12	4,5	Na				
58	SRC 13, 14, 15, 16	8	Na				
59	SRC 17, 18, 19, 20	12	Na				
60	SRC 21, 22, 23, 24	20	Na				
55-60	SRC 1, 5, 9, 13, 17, 21				мс	14-52	300-1200
55-60	SRC 2, 6, 10, 14, 18, 22				мс	52-100	150-300
55-60	SRC 3, 7, 11, 15, 19, 23				мс	100-200	80-150
55-60	SRC 4, 8, 12, 16, 20, 24				мс	-200	<80
61	Rank Hilger Resin [RH, Англия]				мс		7-9

№ п/п	Марки смол и фирма-изготови- тель	Содержание ДВБ, %	Ионная фор- ма	Полная об- менная ем- кость, мг-экв/г	Форма зерен	Зернение	
						меш	МКМ
62	Lewatit GR [Bay- er, ФРГ]		Na			100—200	70—150
63	S 1020 GR		Na			50—70	200—300
64	S 1080 GR		Na	≧4,0		70—150	100—200
65			Na	≧4,0		100—200	70—150
66	S 1080 G 1 GR		Na	≧4,0		70—150	100—200
67	SP 1080 GR		Na	≧4,0		50—70	200—300
68			Na	≧4,0		70—150	100—200
69			Na	≧4,0		100—200	70—150
70, 71	MN-Chromorex A, B [MN, ФРГ]						
72	Ionex SA [MN, ФРГ]	8		5			8—12
73		8		5			12,5—17,5
74		8		5			17—23
75	LKB Chromax II [LKB, Швеция]				MC		10—12
76	Carlo Erba 3AR [Erba, Италия]						
77	JEOL Resins [JEOL, Япония]				MC		
78	LC-R-1 LC-R-2				MC		
79	Hitachi Resins [Hit, Япония]		Na		MC		
80	No. 2610 No. 3105		Zn		MC		
81	Wofatit KPS [СКВ, ГДР]	2					40—80
82		4					40—80
83		6					40—80
84		8					40—80
85		12					40—80
86		16					40—80
87	Ostion [Sch, ЧССР]				MC		
88	LG KS 0802 LG KS 0803				MC		
89	Chromex-UA [Rean, ВНР]	8			MC		
90	UA 8 UA 2	2			MC		

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержание ДВБ, %	Ионная форма	Полная обменная емкость, мг-экв/г	Форма зерен	Зернение	
						мш	мкм
91	КРС-7,5п [СССР]						
92	I фракция	7,5			мс		13—17
92	II фракция	7,5			мс		18—22
93	III фракция	7,5			мс		23—27

**Примечания.** 1. Смола рекомендована для хроматографии на длинных колонках с применением небольшого давления (6—7 кгс/см<sup>2</sup>). 3. Для хроматографии на длинных колонках с давлением до 21—28 кгс/см<sup>2</sup>. 4—6. Для ВСЖХ. Смола А-9 отличается повышенной жесткостью и улучшенной фильтрационной способностью при высоком давлении. 7, 8. Для препаративных работ. 18. Для работ с давлением до 28—35 кгс/см<sup>2</sup>. 20—28. Предназначены для анализа аминокислот в гидролизатах (№ 20—22) и физиологических жидкостях (№ 23, 24), а также для препаративных работ (№ 25—28). 31, 32. Универсальные высокоэффективные смолы. 41. Однородность зернения  $\pm 2$  мкм. 42—54. На основе смолы Amberlite IR-120. Влажность (в %): 10—15 (№ 42—44), 44—48 (№ 45), 49—55 (№ 46), 50—55 (№ 47—52). Смолы № 50—52 соответствуют смолам № 42—44, дополнительно очищены (АС). 55—61. Сорта смолы Zegolit 225. 62—69. АС, поставляются во влажном состоянии. Сорт смолы № 66 — с добавкой индикатора, смола № 67—69 — макропористая. 77, 78. Предназначены для анализа аминокислот в гидролизатах (№ 77) и в физиологических жидкостях (№ 78). 80. Для использования в аминокислотном анализаторе, работающем по методу лигандной хроматографии. 87, 88. Рекомендованы для работы на малых (№ 87) и больших (№ 88) колонках с давлением соответственно до 3 или до 17 кгс/см<sup>2</sup>.

#### 45. Фенолоформальдегидные сульфокатиониты (верхняя табл. на стр. 102—103)

Эти катиониты синтезируют методами поликонденсации. Зерна обычно имеют гранулярную, нерегулярную форму. Иониты бифункциональны: наряду с сильно-кислотными сульфогруппами ( $pK \leq 1-2$ ) содержатся слабодиссоциирующие фенольные группы ( $pK = 9-10$ ). Различают смолы с группами  $-C_6H_4-SO_3H$  и  $-C_6H_4OH$  (1) и с группами  $-CH_2-SO_3H$  и  $-C_6H_4OH$  (2). Кислотность ионитов (1) несколько выше.

Фенолоформальдегидные смолы недостаточно устойчивы к действию щелочей и окислителей. Рабочая область рН находится в пределах от 0—1 до 8—10. Невысока также термостойкость, особенно в Н-форме (в солевой форме смолы устойчивее). Термостойкость смол (2) немного выше, чем (1). Вследствие больших различий по селективности к щелочным металлам фенольные сульфокатиониты применяют для разделения Li, Na, K, Rb и Cs методом ступенчатой элюции с HCl (Strelow F. W. E. et al., Anal. Chim. Acta, 1968, v. 43, No. 3, p. 465—473)

#### 46. Карбоксильные катиониты полиакриловые (нижняя табл. на стр. 102—103).

Синтезируют на основе метакриловой кислоты  $CH_2=C(CH_3)COOH$  (реже — акриловой  $CH_2=CHCOOH$ ) и ДВБ, обычная форма зерен — бисер. Смолы содержат слабокислотные группы  $\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} CH-COOH$  ( $pK = 4-6$ ). Катионообменные свойства проявляются при рН выше 4—6, устойчивы смолы до рН = 14 (окончание на стр. 106).

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Сорт	Ионная форма	Полная обменная емкость	
					мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
1	Duolite [D-S, США]	2		H	2,9 (H)	1,1 (H)
2	C 3 C 10				2,9 (H)	0,5 (H)
3	Bio-Rex 40 [BRL, США]	2	AC	H	2,9 (H)	1,1 (H)
4			XC	H	2,9 (H)	1,1 (H)
5	Юнас С-200 [ICC, США]	1			2,7—3,0	0,8—0,9
6	Zerolit ZK [Zer, Ан- глия]; Zeo-Karb [Perm, Англия]	2		Na	2,6	0,9—1,0
7	215 Resex W [Cros, Англия]	1		Na	2,6	0,9
8	Ostion KFN [Sch, СССР]			Na	2,2—2,6	0,8—0,9
9	СМОЛЫ [СССР]					
10	KY-1 KY-1r	1 1		H H	4,0 [1,7] ≥4,5 [2,5]	1,4 1,3

Примечания. 1. Смолы селективны к Cs и относительно устойчивы к дей-  
ствию радиации. 2. Широкопористая смола, рекомендуется для сорбции крупных  
молекул (например, алкалоидов). 3. Вырабатывается из смолы № 2. 10. Бисерный  
сорт смолы.

—ΔV (H→Na), %	Максимальная рабочая темпе- ратура, °С	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
				меш	мкм
7	40	0,32—0,38	Сухая „	10—50	300—2000
12	40	0,29—0,35		10—50	300—2000
7	40		60—68	20—50	300—1200
				50—100	150—300
				100—200	75—150
				200—400	40—75
					37—44
				20—50	300—840
	40 (H), 95 (Na)	0,40	Сухая	14—52	300—1200
	40	0,43		14—52	300—1200
	95				300—1500
	90	0,60—0,75	30—50		300—2000
	90	0,65—0,85	30—50		300—2000

ствию радиации. 2. Широкопористая смола, рекомендуется для сорбции крупных  
сорт смолы.

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержа- ние ДВБ, %	Сорт	Ионная форма	Полная обменная емкость	
					мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
1	Amberlite [R & H, США]	5		H	10,0	3,5
2	IRC-50				10,0	3,5
3	IRP-64	5		H	10,0	3,5
4	IRP-64M				10,0	3,5
5	IRP-88	5		K	10,0	3,5
6	IRP-88				10,0	3,5
7	IRC-72			H		2,0
8	DP-1			H		2,5
9	IRC-84			H	10,5	3,5
10	Stratabed 84			H	10,5	3,5
9	Amberlite AR [MCW, США]	5	AC	H (≥98%)	10,0	3,5
10	IRC-50 AR				10,0	3,5
10	Amberlite p. A. [Serva, ФРГ]	5	AC	H		3,5
11	IRC-50 p. A.					4,0
12	IRC-75 p. A.					3,5
13	IRC-84 p. A.		AC	H		3,5
13	Dowex CCR-2 [Dow, США]			H	10,5	4,1

+ΔV (H→Na), %	Максималь- ная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
				меш	мкм
75—100	120 (H, Na)	0,69	43—53	16—50	300—1200
75—100	120 (H, Na)			10—15	100—500
75—100	120 (H, Na)			10—15	<150
75—100	120 (H, Na)			—325	<50
75—100	120 (H, Na)			10—15	100—500
80—85	120 (H, Na)	0,74	71—73	16—50	<150
75—100	120 (H, Na)	0,80	65—70	16—50	300—1200
60—70	120 (H, Na)	0,75	43—50	16—50	300—1200
60—70	120 (H, Na)	0,75	43—50		См. разд. 79
100	150	0,69	40—50	20—50	300—840
	120		43—53	20—50	400—1200
	120		43—53	20—50	300—1200
	120		43—50	20—50	300—1200
			45	16—50	300—1170

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержание ДВБ, %	Сорт	Ионная форма	Полная обменная емкость	
					мл-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
14	Duolite [D-S, США]			H		4,5
15	CC 3		МП	H		3,5
16	C 464	10	МП	H	10,2 (H)	3,3 (H)
17	CS 101	10	МП, АС	Na	10,2 (H)	3,3 (H)
18	Bio-Rex 70 [BRL, США]	10				
18	Permutit Q-210 [Perm, США]			H	6,5	3,5
19	Ionac C-270 [ICC, США]	2,5			7,9—8,2	3,5—3,7
20	Zerolit ZK [Zer, Англия];					
21	Zeo-Karb [Perm, Англия]	2,5		H	9—10	3,5—4,0
22	226			H		
23	236			Na		4,0
24	227					
23	Imac Z-5 [Imac, Нидерланды]		МП	H		3,0
24	Relite CC [RdI, Италия]	10			10,0	3,5
25	Kastei C-100 [ME, Италия]	10		H	≥6,0	
26	Lewatit CNP [Bayer, ФРГ]		МП			3,8
27	Lewasorb CA 9257 (CA 9194)+ [Bayer, ФРГ]		ФС	Na, K, H, Mg, NH <sub>4</sub> (≥95%)	9	
28	Ionenaustauscher IV [Merck, ФРГ]			H	10	6,5
29	Permutit C [Perm, Зап. Берлин]			H	9—10	4,0
30	Wofatit [СКВ, ГДР]					
31	CP			Na	10,0 (H)	3,5 (H)
32	CP rein		АС	H	10,0 (H)	3,5 (H)
33	CA 20			H	9,0 (H)	3,3 (H)
33	Varion [СКВ, ВНР]					
34	KC			Na+Ca	9,9	4,5
35	KCM			Na+Ca	10,1	3,5
35	Ostion KM [Sch, ЧССР]			H	9—10	3—4
36	Карбоксильные катиониты [СССР]					
36	КБ-4	10			8,5	4,2
37	КБ-4П-2	2,5		Na	≥9,5	3,5
38	КБ-41		МП	H	6,0—7,5	

Примечания. 1. Основная марка, рК=6,1. Предназначена для выделения Сорта смолы № 1. 5. По сравнению со смолой № 1 — выше емкость поглощения ристики. 6. Подобна смоле № 1; назначение — водоочистка. 7. Смола (рК=5,3) для ными гидравлическими характеристиками (узкий диапазон зернения). 17. Выраба они получены размолотом бисерного сорта 20—50 меш. 21. Усовершенствованная моди Проявляет повышенную емкость при обработке вод с высокой щелочностью.

+ΔV (H→Na), %	Максимальная рабочая температура, °C	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
				меш	мкм
90	120	0,76	48—53	16—50	300—1200
50	120	0,75	57—62	16—50	300—1200
90	100	0,69		16—50	300—1200
70	100		65—74	20—50	300—1200
				50—100	150—300
				100—200	75—150
				200—400	40—75
				—400	<40
	120	0,75	40—50	16—50	300—1200
	95			10—50	300—2000
	100	0,75	41—50	14—52	300—1200
5—16	100	0,77		14—52	300—1200
	100	0,87		14—52	300—1200
60	100	0,85	48	16—50	300—1200
18—25 (H—Ca)	120	0,75—0,80	46—48	18—50	300—1000
50	110	0,87	50	14—52	300—1200
	80	0,7—0,8		2—5	300—1500
				(Размол)	<50 (≥95%)
55	90	0,7	45—55		300—900
	100			16—50	300—1200
55	100	0,8—0,9			500—2000
55	100	0,8—0,9	50—60		300—1000
55	100	0,75—0,85	45—55		100—1200
	110				300—1100
	110				300—1100
	120			16—50	300—1200
35		0,55—0,6	≤50		300—2000
100		0,68—0,82	≤75		250—1000
	110				300—2000

и очистки антибиотиков, выделения Си и Ni из щелочных растворов и др. 2—4. антибиотиков, лучше кинетика их адсорбции, улучшенные гидравлические характеристики засоленных и сильно минерализованных вод. 8. Сорт смолы № 7 с улучшен- тывается на основе смолы № 16. Сорта с зернением мельче 50 меш — гранульные, фикация смолы № 20. 22. Бифункциональная смола содержит также сульфогруппы.

По сравнению с сульфокатионитами карбоксильные смолы имеют намного более высокую емкость поглощения, но уступают им по кинетическим свойствам. Отличительной чертой карбоксильных катионитов является повышенное сродство к Н-ионам, благодаря чему, в частности, регенерация их происходит намного легче и быстрее, чем у сульфокатионитов.

#### 47. Карбоксильные катиониты полиакриловые — хроматографические сорта

Слабосшитые и МП карбоксильные катиониты применяют для очистки и фракционирования пептидов, белков, ферментов, антибиотиков и других высокомолекулярных оснований. Смолу Bio-Rex 70 в Cu-, Ni- или Cd-форме применяли для разделения амфетаминов методом лигандной хроматографии (de Heuganp-dez C. M., Walton H. F., Anal. Chem., 1972, v. 44, No. 6, p. 890—894).

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержание ДВБ, %	Тип смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость, мг-экв/г	Форма зерен	Зернение	
							меш	мкм
1	Amberlite AR [MCW, США]	5	МП	H	11,3	мс		(≥90%):
2	IRC-50 CP	5	МП	H	10,0	гр?	16—50	300—1200
3	CG-50 Type I	5	МП	H	10,0	гр?	100—200	50—160
4	CG-50 Type II	5	МП	H	10,0	гр?	200—400	20—80
	CG-50 Type III	5	МП	H	10,0	гр?	400—600	<50
5	Amberlite p. A. [Serva, ФРГ]	5	МП	H	10,0	гр		80—150
6	CG-50 I p. A.	5	МП	H	10,0	гр		40—80
7	CG-50 II p. A.	5	МП	H	10,0	гр		<50
8	IRC-50/AS 80100 p. A.	5	МП	H	10,0	гр		80—100
9	Bio-Rex 70 [BRL, США]	10	МП	Na	10,0	мс		37—74
10	Юнас [ICC, США]	2,5		H	≥9,0	мс	100—200	80—150
11	CGC-270	2,5		H	≥9,0	мс	200—400	40—80
12	Zerolit [Zer, Англия]; Zeo-Karb [Perm, Англия]	2,5		H	9—10			
13	SRC 41, 42, 43, 44	4,5		H	9—10			
12—13	SRC 45, 46, 47, 48					мс	14—52	300—1200
12—13	SRC 41, 45					мс	52—100	150—300
12—13	SRC 42, 46					мс	100—200	80—150
12—13	SRC 43, 47					мс	—200	<80
14	SRC 44, 48					мс		
14	Lewatit CP 3050 GR [Bayer, ФРГ]		МП	H	≥12,0		70—150	250—500 100—200

Примечания. 1. Объемная обменная емкость 4,0 мг-экв/см<sup>3</sup>, влажность 43—53%. 2—4. Влажность 10—15%. 5—7. Влажность 50—60%. 8. Выскооцищенная и забуференная смола для хроматографии основных аминокислот по Grassmann—Hannig. 12—13. Сорта смолы Zerolit 226.

#### 48. Карбоксильные катиониты фенолоформальдегидные (верхняя табл. на стр. 108—109)

Слабокислотные катиониты с фенолоформальдегидной матрицей вырабатывают обычно в гранульной форме. Активные группы —COOH ( $pK = 4 - 6$ ) и  $-C_6H_4OH$  ( $pK = 9 - 10$ ). Рабочий диапазон pH ограничен: иониты функционируют при  $pH > 5-6$ , но в щелочных растворах ( $pH > 9$ ) неустойчивы. Смолы этого типа обладают низкой термостойкостью и малой устойчивостью к действию окислителей.

#### АНИОНИТЫ

#### 49. Аниониты сильноосновные (нижняя табл. на стр. 108-109)

В качестве исходных веществ для синтеза сильноосновных анионитов используют стирол, ДВБ и триметиламин или диметилэтанолламин. В первом случае образуются иониты с активными группами  $-N^+(CH_3)_3$  («тип I»), во втором — с группами  $-N^+(CH_3)_2C_2H_4OH$  («тип II»). Активные группы имеют  $pK = 1-2$ , основность групп II несколько меньше. Все смолы, как правило, вырабатывают в бисерной форме.

Полистирольные аниониты обладают высокой химической и термической стойкостью, однако в OH-форме термостойкость смол значительно ухудшается. Аниониты с активными группами типа II характеризуются меньшей термостойкостью и меньшей устойчивостью к действию окислителей, но большей обменной емкостью и лучшими кинетическими данными; они легче регенерируются.

#### 50. Аниониты сильноосновные — хроматографические сорта (табл. на стр. 122)

Среднесшитые сильноосновные аниониты (тип I, 4—8% ДВБ) применяют для разделения и анализа нейтральных углеводов (в виде боратных комплексов) [1]; ди- и трикарбоновых кислот (с ацетатными и формиатными буферными растворами) [2]; нуклеотидов, нуклеозидов и нуклеиновых оснований (с ацетатными и формиатными буферными растворами) [3]; компонентов мочи и других физиологических жидкостей [4]. Для разделения пептидов основного характера применяют слабосшитые (2% ДВБ) и макропористые аниониты [5]. См. также разд. 74.

Лит.: 1. Green J. G., NCI Monograph, 1966, No. 21, p. 447—467; Kessler R. B., Anal. Chem., 1967, v. 39, No. 12, p. 1416—1422; Ohms J. I. et al., Anal. Biochem., 1967, v. 20, No. 1, p. 51—57; Walborg E. F., Lantz R. S., Ibid., 1968, v. 22, No. 1, p. 123—133; Оводов Ю. С., Усп. химии, 1971, т. 40, № 4, с. 764—774;

2. Bengtsson L., Samuelson O., Anal. Chim. Acta, 1969, v. 44, No. 1, p. 217—223; La Noue K. et al., J. Biol. Chem., 1970, v. 245, No. 1, p. 102—111;

3. Hurlbert R. B. et al., J. Biol. Chem., 1954, v. 209, No. 1, p. 23—39; Anderson N. G. et al., Anal. Biochem., 1963, v. 6, No. 2, p. 153—169; Green J. G. et al., NCI Monograph, 1966, No. 21, p. 431—440; Selvendran R. R., Isherwood F. A., Biochem. J., 1967, v. 105, No. 2, p. 723—728; Murthy M. R. V., Panjekar P. K., J. Chromatog., 1973, v. 76, No. 2, p. 337—343; Singhal R. P., Cohn W. E., Biochemistry, 1973, v. 12, No. 8, p. 1532—1537;

4. Scott C. D. et al., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 1967, v. 125, No. 1, p. 181—184; Burtis C. A., Warren K. S., Clin. Chem., 1968, v. 14, No. 4, p. 290—301; Scott C. D., Ibid., No. 6, p. 521—528;

5. Schroeder W. A. et al., Anal. Chem., 1962, v. 34, No. 12, p. 1570—1575; Schroeder W. A., Robberson B., Ibid., 1965, v. 37, No. 12, p. 1583—1585; Liu W.-K. et al., J. Biol. Chem., 1972, v. 247, No. 13, p. 4351—4364, 4365—4381; Benjamin D. C. et al., Biochemistry, 1972, v. 11, No. 19, p. 3641—3647.

См. также сильноосновные аниониты на основе поверхностно-пористых и привитых сорбентов: разд. 113, 115 и 117.

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Ионная форма	Полная обменная емкость	
			мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
1	Ionac C 265 [ИСС, США]	H	2,7	0,9
2	Zerolit ZK 216 [Zer, Англия], Zeo-Karb 216 [Perm, Англия]	H	5,3	1,7
3	Lewatit CNO [Bayer, ФРГ]	H	4,0	1,4
4	Wofatit [СКВ, ГДР]			
5	CN	Na	2,0	0,8
5	CN rein	H	2,0	0,8
6	CV	Na	4,0	1,6

Примечание. 5. Аналитический сорт (АС) смолы № 4.

Максимальная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
			меш	мкм
30	0,29—0,38	≤20	16—50	300—1200
30	0,34	Сухая	14—52	300—1200
40	0,65—0,7			300—1600
30	0,80—0,85			300—1500
30				300—800
				300—1500

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание ДВБ, %	Сорт	Ионная форма	Полная обменная емкость	
						мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
	Dowex [Dow, США]						
1	1-X1	I	1		Cl	3,6	0,4
2	1-X2	I	2		Cl	3,6	0,9
3	1-X4	I	4		Cl	3,5	1,2
4	1-X8	I	8		Cl	3,5	1,4
5	1-X10	I	10		Cl	3,0	1,5
6	1-X16	I	16		Cl	2,0	1,2
7	11	I	4—5		Cl	4,0	1,24
8	21K	I	См. прим.		Cl	4,5	1,2
9	MP-1	I		МП	Cl	4,2	1,2
10	31 (MSA-1)	I		МП	Cl	4,2	1,0
11	2-X1	II	1		Cl		
12	2-X2	II	2		Cl		
13	2-X4	II	4		Cl	3,7	1,2
14	2-X8	II	8		Cl	3,6	1,4
15	2-X10	II	10		Cl		
16	2-X16	II	16		Cl		
	Bio-Rad AG [BRL, США]						
17	AG 1-X1	I	1	АС	Cl	3,2	0,4
18	AG 1-X2	I	2	АС	Cl	3,5	0,8
19	AG 1-X4	I	4	АС	Cl	3,5	1,2
20	AG 1-X8	I	8	АС	Cl	3,2	1,4
21	AG 1-X10	I	10	АС	Cl	3,0	1,5

-AV (OH→Cl), %	Максимальная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение		
				меш	мкм	
17	150 (Cl), 50 (OH)	0,72	84	20—50 50—100 100—200 200—400	См. разд. 80	
	75					
	62					
	43					
	55					
	57					
12	150 (Cl), 30 (OH)	0,72	53	20—50 50—100	См. разд. 80	
	38					
	80—90		20—50 50—100 100—200 200—400 —400			См. разд. 81
	70—78					
	59—65					
	39—45					
34—42						



№ пп	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание ДВВ, %	Сорт	Ионная форма	Полная обменная емкость	
						мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
22	AG 21K	I		AC	Cl	4,5	1,3
23	AG MP-1	I		AC	Cl	4,2	1,2
24	AG 2-X4	II	4	AC	Cl	3,2	1,2
25	AG 2-X8	II	8	AC	Cl	3,2	1,4
26	AG 2-X10	II	10	AC	Cl	3,0	1,5
Bio-Rex RG [BRL, США]							
27	RG 1-X8	I	8	ЯМ	OH (≥90%)		
28	RG 2-X8	II	8	ЯМ	OH (≥90%)		
Dowex p. A. [Serva, ФРГ]							
29	1X1 p. A.	I	1	AC	Cl		
30	1X2 p. A.	I	2	AC	Cl		
31	1X4 p. A.	I	4	AC	Cl		
32	1X8 p. A.	I	8	AC	Cl		
33	21K p. A.	I		AC	Cl		
34	2X4 p. A.	II	4	AC	Cl		
35	2X8 p. A.	II	8	AC	Cl		
36	2X10 p. A.	II	10	AC	Cl		
37	Cholestyramine-Resin	I	2	ФС	Cl		
Amberlite [R & H, США]							
38	IRA-400	I	8		Cl	1,4	
39	IRA-400C	I	8		Cl	1,4	
40	IRN-78	I	8	ЯМ	OH (≥80%)	3,5	0,8
41	IRP-67	I	8	ФС	Cl		1,2
42	IRP-67M	I	8	ФС	Cl		
43	IRA-401S	I	4		Cl	0,8	
44	IRA-402	I	6		Cl	1,25	
45	IRA-425	I	8		Cl	1,35	
46	IRA-430	I	8		Cl	1,1	
47	IRA-410	II	8		Cl	1,35	
48	IRA-458				Cl	1,25	
49	XE-268				Cl	0,76	
50	IRA-900	I	8	МП	Cl	1,0	
51	IRA-900C	I	8	МП	Cl	1,0	
52	IRA-904	I		МП	Cl	0,7	
53	IRA-910	II	4	МП	Cl	1,0	
54	IRA-938			МП	Cl	0,53	
55	Stratabed 402	I	6		Cl	1,25	
Amberlyst [R & H, США]							
56	A26	I		МП	Cl	1,1	
57	A27	I		МП	Cl	0,7	

-AV (OH+Cl), %	Максимальная рабочая температура, °C	Пасынная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернистые	
				меш	мм
	150 (Cl), 50 (OH)		52—62	См. № 8	
			56—64	См. № 9	
	150 (Cl), 30 (OH)		54—60	20—50	
	150 (Cl), 30 (OH)		34—40	50—100	См.
	150 (Cl), 30 (OH)		28—36	100—200	разд. 81
				200—400	
		0,67		20—50	300—840
				20—50	300—840
				См. № 1—4	
				См. № 8	
				См. № 13—15	
				—100	<150
18—22	75 (Cl), 60 (OH)	0,71	42—48	16—50	300—1200
18—22	75 (Cl), 60 (OH)	0,71	42—48		См. разд. 79
18—22	75 (Cl), 60 (OH)		60	16—50	300—1200
18—22	75 (Cl), 60 (OH)		10—15	100—500	30—150
18—22	75 (Cl), 60 (OH)		10—15	—325	<50
5—10	75 (Cl), 60 (OH)	0,69	59—65	16—50	300—1200
20—25	75 (Cl), 60 (OH)	0,69	50—57	14—50	300—1500
18—22	75 (Cl), 60 (OH)	0,69	49—55	14—20	840—1400
18—22	75 (Cl), 60 (OH)	0,69	50—57	14—20	840—1400
10—15	75 (Cl), 40 (OH)	0,71	38—44	16—50	300—1200
10—15	75 (Cl), 40 (OH)	0,72	59—62		
25—30	75 (Cl), 60 (OH)	0,69	70—80		
15—20	75 (Cl), 60 (OH)	0,67	58—64	16—50	300—1200
15—20	75 (Cl), 60 (OH)	0,67	58—64		См. разд. 79
3—5	75 (Cl), 60 (OH)	0,67	56—62	18—50	300—1000
12—17	75 (Cl), 40 (OH)	0,67	55—60	16—50	300—1200
8—10	75 (Cl), 40 (OH)	0,56	69—77	16—50	300—1200
20—25	75 (Cl), 60 (OH)	0,69	50—57		См. разд. 79
	75 (Cl), 60 (OH)	0,62—0,69	61	16—50	300—1200
	75 (Cl), 60 (OH)	0,64—0,67	45	16—50	300—1200

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание ДВВ, %	Сорт	Ионная форма	Полная обменная емкость	
						мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
58	Amberlite p. A. [Serva, ФРГ] IRA-400 p. A.	I	8	АС	Cl	3,7	1,2
59	IRA-401 p. A.	I	4	АС	Cl	3,2	0,8
60	IRA-401 S p. A.	I	4	АС	Cl	3,4	0,8
61	IRA-402 p. A.	I	6	АС	Cl	4,2	1,2
62	IRA-405 p. A.	I	8	АС	Cl	4,2	1,6
63	IRA-425 p. A.	I	8	АС	Cl	4,2	1,3
64	IRA-410 p. A.	II	8	АС	Cl	3,3	1,3
65	IRA-900 p. A.	II	8	МП, АС	Cl	4,4	0,7
66	IRA-904 p. A.	II	8	МП, АС	Cl	2,6	0,8
67	IRA-911 p. A.	II	8	МП, АС	Cl	2,4	1,1
68	Amberlyst p. A. [Serva, ФРГ] A-26 p. A.	I		МП, АС	Cl	4,1—4,4	1,1
69	A-27 p. A.	I		МП, АС	Cl	2,5—2,7	0,7
70	A-29 p. A.	II		МП, АС	Cl	2,6—2,8	1,1
71	Triiodide-Resin [Serva, ФРГ]	I	8	МП, ФС	I <sub>3</sub>		
72	Amberlite AR [MCW, США] IRA-400 AR	I	8	АС	Cl (≥98%)	3,3	1,2
73	IRA-401 AR	I	4	АС	Cl (≥98%)	3,5	0,8
74	IRA-401S AR	I	4	АС	Cl (≥98%)	3,4	0,8
75	Permutit [Perm, США] S-100	I	8		Солевая	3,6	1,0
76	S-101	I	8		ОН	3,5	1,0
77	S-105	I	8		ОН	3,5	1,0
78	S-200	II	8		Солевая	3,5	1,3
79	S-201	II	8		ОН	3,7	1,3
80	Ionac [ICC, США] A-540	I	9		Солевая	3,5—3,6	1,0
81	A-542	I	9		ОН	3,5—3,6	1,0
82	ANGA-542	I	9	АС	ОН	3,5—3,6	1,0
83	NA-30	I	9	ЯМ	ОН	3,5—3,6	1,0
84	A-544	I	9	ФС	(≥80%) Солевая	3,5—3,6	1,0
85	A-548	I	9		»	3,5—3,6	1,0
86	A-546	I	>9		»	3,5	1,3

-AV (OH→Cl), %	Максимальная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
				меш	мкм
16	75 (Cl), 60 (OH)	0,71	45—50	20—50	400—1000
21	75 (Cl), 60 (OH)	0,69	60—65	20—50	400—1000
21	75 (Cl), 60 (OH)	0,69	60—65	20—50	400—1000
18	75 (Cl), 60 (OH)	0,72	53—60	20—50	400—1500
17	75 (Cl), 60 (OH)	0,72	45—49	20—50	400—1000
17	75 (Cl), 60 (OH)	0,69	50—53	20—50	400—1000
11	70 (Cl), 35 (OH)	0,70	45—50	20—50	400—1000
17	75 (Cl), 60 (OH)	0,67	56—62	20—50	400—1000
5	75 (Cl), 60 (OH)	0,69	56—62	20—50	400—1000
3	70 (Cl), 35 (OH)	0,69	45—50	20—50	400—1000
	75 (Cl), 60 (OH)	0,62—0,69	61—65		400—1000
	75 (Cl), 60 (OH)	0,64—0,67	56—62		400—1000
	70 (Cl), 35 (OH)	0,67—0,70	42—48		400—1000
				20—50	300—840
	100 (Cl), 60 (OH)	0,65	42—48	20—50	300—840
	100 (Cl), 60 (OH)	0,67	59—65	20—50	300—840
	100 (Cl), 60 (OH)	0,67	59—65	20—50	300—840
10—15	100 (Cl), 60 (OH)	0,69—0,74	50—60	16—50	300—1200
10—15	100 (Cl), 60 (OH)	0,64—0,72	50—60	16—50	300—1200
10—15	100 (Cl), 60 (OH)	0,64—0,72	50—60	16—50	300—1200
10—15	100 (Cl)	0,69—0,74	45—55	16—50	300—1200
10—15	60 (OH)	0,64—0,72	45—55	16—50	300—1200
10—15	100 (Cl), 60 (OH)	0,69—0,74	50—60	16—50	300—1200
10—15	100 (Cl), 60 (OH)	0,64—0,72	50—60	16—50	300—1200
10—15	100 (Cl), 60 (OH)	0,64—0,72	60—70	16—50	300—1200
10—15	100 (Cl), 60 (OH)	0,64—0,72	50—60	16—50	300—1200
10—15	100 (Cl), 60 (OH)	0,69—0,74	55—60	16—50	300—1200
10—15	100 (Cl), 60 (OH)	0,69—0,74	55—60	16—40	400—1200
	100 (Cl), 70 (OH)	0,77—0,83	50—55	16—50	300—1200

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание ДВВ, %	Сорт	Ионная форма	Полная обменная емкость	
						мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
87	A-935	I			Солевая	3,5	1,0
88	A-936	I			ОН	3,5	1,0
89	A-1P	I	1,8		Солевая	≥4,0	
90	A-641	I	16	МП	»	≥3,7	
91	A-550	II	9		»	≥3,3	1,3
92	A-552	II	9		ОН	≥3,3	1,3
93	A-558	II	9		Солевая	≥3,3	1,3
94	A-2	II	4		ОН		
Duolite [D-S, США]							
95	A 101 D	I		ИП	Cl	4,0	1,3
96	A 101D-Nuclear	I		ИП, ЯМ (≥95%)	ОН		1,3 (Cl)
97	A 121	I		ИП	Cl	4,0	1,3
98	A 140	I		ИП	Cl		1,0
99	A 161	I		МП-ИП	Cl	3,4 (Cl)	1,0 (Cl)
100,	A 161 C,	I		МП-ИП	Cl	3,4 (Cl)	1,0 (Cl)
101	A 161 Cl			ИП			
102	A 171 P	I		МП	Cl		0,8
103	ES-109	I			Cl		
104	ES-104	I/II		ИП	Cl		
105	A 102 D	II		ИП	Cl	3,8—4,2	1,4
106	A 162	II		МП-ИП	Cl	3,35 (Cl)	1,0
107,	A 162 C,	II		МП-ИП	Cl	3,35 (Cl)	1,0
108	A 162 Cl			ИП			
109	Micro-Ionex A-ОН	I		ЯМ	ОН (≥94%)	4,2 (ОН)	
Zerolit DA [Zer, Англия]; De-Acidite [Perm, Англия]							
110	FF-IP	I	(3—5)	ИП	Cl	4,0	1,2
111	FX-IP	I	(3—5)	ИП	Cl	4,0	1,2
112	FF-DVB	I			Cl		
113	TR	I		МП-ИП	Cl		
114	K-MP	I	(3—5)	МП	Cl	2,8	0,8
115	P-IP	I/II	(3—5)	ИП	Cl	3,5—4,0	1,15
116	N-IP	II	(3—5)	ИП	Cl	3,5—4,0	1,1
117	NX	II			Cl		1,1
118	Rezanex HBT [Cros, Англия]	I			Cl	3,5	1,5
Imac [Imac, Нидерланды]							
119	S 5-40	I		МП	Cl	3,8	1,0—1,2
120	S 5-50	I		МП	Cl	3,2	1,2
121	S 5-52	II		МП	Cl	3,0	1,2

$\frac{\Delta V}{V} (\text{OH} \rightarrow \text{Cl}), \%$	Максимальная рабочая температура, °C	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
				меш	мкм
	100 (Cl, OH)	0,64—0,80	55—60	16—50	300—1200
	100 (Cl, OH)			16—50	300—1200
	100 (Cl, OH)		50—60	16—50	300—1200
	70		60—70	16—50	300—1200
10—15	100 (Cl), 40 (OH)	0,69—0,74	45—55	16—50	300—1200
10—15	100 (Cl), 40 (OH)	0,64—0,72	45—55	16—50	300—1200
10—15	100 (Cl), 40 (OH)	0,69—0,74	45—55	16—40	400—1200
	100 (Cl), 40 (OH)			16—50	300—1200
	100 (Cl), 60 (OH)	0,74	50—55	16—50	300—1200
12	100 (Cl), 60 (OH)	0,70		16—50	300—1200
	100 (Cl), 60 (OH)	0,74	54—57	16—50	300—1200
12	100 (Cl), 60 (OH)	0,73	60—65	16—50	300—1200
15	100 (Cl), 60 (OH)	0,73	53—58	16—50	300—1200
17	100 (Cl), 60 (OH)				См. прим.
17	100 (Cl), 60 (OH)				
23	100 (Cl), 60 (OH)		63—68	16—50	300—1200
				16—50	300—1200
				16—50	300—1200
6	75 (Cl), 35 (OH)	0,76	45—50	16—50	300—1200
10	75 (Cl), 35 (OH)	0,745	50—55	16—50	300—1200
10	75 (Cl), 35 (OH)				См. прим.
	100		≈70		5—90
6—14	60 (Cl), 40 (OH)	0,69	52—58	14—52	300—1200
6—14	60 (Cl), 40 (OH)	0,69		14—52	300—1200
	60 (Cl), 40 (OH)			14—52	300—1200
	60 (Cl), 40 (OH)	0,74		14—52	300—1200
	60 (Cl), 40 (OH)	0,74	52—58	14—52	300—1200
	40 (Cl)	0,72	52—57	14—52	300—1200
4—8	40 (Cl)	0,72	50—57	14—52	300—1200
	40 (Cl)	0,69		14—52	300—1200
	60	0,69	50	16—52	300—1000
20	100 (Cl), 50 (OH)	0,73	58	20—40	400—800
15	100 (Cl), 50 (OH)	0,73	53	20—40	400—800
15	80 (Cl), 40 (OH)	0,73	43	20—40	400—800

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание ДВБ, %	Сорт	Ионная форма	Полная обменная емкость	
						мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
122	Asmit [Imac, Нидерланды]	I		МП	Cl		0,5
123	259 N 261						
124	Kastel [ME, Италия]	I	7		Cl	3,0	
125	A-500 P						
126	A-501 D	I	4	МП	Cl	3,0	
127	A-510						
128	A-300	II	7	МП	Cl	3,2	
129	A-300 P						
130	Relite [RdI, Италия]	I		МП	Cl	3,2	1,8
131	3A						
132	3AZ	I		МП	Cl	3,3	2,0
133	2A						
134	2AS	II		МП	Cl	3,3	1,8
135	Diaion [M-I, Япония]	I	8		Cl	3,5	≥1,2
136	SA-10-A						
137	SA-10-B	I	8		Cl	3,5	≥0,9
138	SA-11-A						
139	SA-11-B	I	4		Cl	3,5	≥0,85
140	SA-20-A						
141	SA-20-B	II	8		Cl	3,5	≥1,3
142	SA-21-A						
143	SA-21-B	II	4		Cl	3,5	1,3
144	SA-21-B						
145	Lewatit [Bayer, ФРГ]	I		Инд		4,0	1,6—1,7
146	M 500						
147	M 500 G 2, G 3	I		МП		4,0	1,6—1,7
148	M 500 BG						
149	MP 500	I		ЯМ	OH	4,0	1,2—1,3
150	MP 500 KR/OH						
151	MP 500 A	I		МП	Cl	3,7	1,0
152	M 600						
153	M 600 WS	II		МП	Cl	3,7	1,6
154	MP 600						
155	MP 600 G 2	II		Инд		3,7	1,2
156	Serdolit-Blau p. A. [Serva, ФРГ]	I		AC, Инд	CO <sub>3</sub> (95%)		1,2
157	Ionenaustauscher III [Merck, ФРГ]						
158		I			OH	5	2,7
159							

-AV (OH→Cl), %	Максимальная рабочая температура, °C	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
				меш	мкм
	100 (Cl), 60 (OH)	0,71	72	16—30	600—1200
	100 (Cl), 50 (OH)				
20	60 (OH)	0,70	50	14—52	300—1200
20	60 (OH)				
		0,64	55	14—52	300—1200
	40 (OH)	0,73	45	14—52	300—1200
13	40 (OH)				
18	80 (Cl), 60 (OH)	0,66—0,71	43—45	18—50	300—1000
18	80 (Cl), 60 (OH)				
20	80 (Cl), 60 (OH)	0,65	43	18—50	300—1000
18	80 (Cl), 40 (OH)				
18	80 (Cl), 40 (OH)	0,65—0,70	45	18—50	300—1000
18	80 (Cl), 40 (OH)				
		0,63—0,67	43—47	16—50	300—1200
		0,62—0,66	55—65	16—50	300—1200
		0,60—0,64	55—65	16—50	300—1200
		0,65—0,69	40—45	16—50	300—1200
		0,65—0,69	40—45	20—50	300—840
		0,60—0,65	55—65	16—50	300—1200
		0,60—0,65	55—65	16—50	300—1200
	70	0,70—0,78	16—50	300—1200	300—1200
	70				
	70	0,68—0,75	14—50	См. прим.	300—1500
	70				
	75 (Cl), 40 (OH)	0,62—0,68	62—66	14—50	300—1500
	75 (Cl), 40 (OH)				
	75 (Cl), 40 (OH)	0,67—0,75	48—52	14—50	См. прим.
	75 (Cl), 40 (OH)				
9	75 (Cl), 40 (OH)	0,70—0,78	48—52	14—50	300—1500
	75 (Cl), 40 (OH)				
		0,72	45	≈1000	
5	40 (OH)	0,8	50—60	300—900	
	40 (OH)				

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание ДВБ, %	Сорт	Ионная форма	Полная обменная емкость		$\frac{-\Delta V}{(OH \rightarrow Cl)}$ , %	Максимальная рабочая температура, °C	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернище		
						мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>					меш	мкм	
	Permutit [Perm, Зап. Берлин]													
156	ESB	I		АС	Cl	3,3	1,4		100 (Cl), 70 (OH)	0,6—0,8	50—60	16—50	300—1200	
157	ES	II		АС	Cl	3,2	1,3		100 (Cl), 40 (OH)	0,7	50	16—50	300—1200	
	Wofatit [СКВ, ГДР]													
158	SBW	I			Cl	3,5 (Cl)	0,9 (Cl)	35	60	0,7—0,8	55—65		300—1500	
159	SBW rein	I		АС	Cl	3,5 (Cl)	0,9 (Cl)	35	60				300—1000	
160	RO	I		ЯМ	OH	3,5 (Cl)	0,9 (Cl)	35	60				300—1500	
161	SBT	I			Cl	3,0 (Cl)	0,9 (Cl)			0,65—0,75	53—63		600—2000	
162	EA	I		МП		3,8 (Cl)	0,7 (Cl)	15	70 (90)	0,7—0,8	65—75		300—1500	
163	ES	I	Низк. »			3,5 (Cl)	0,5 (Cl)	35	70 (90)	0,7—0,8	65—75		300—1600	
164	ES rein	I			АС	Cl	3,5 (Cl)	0,5 (Cl)	35	70 (90)	0,7—0,8	65—75		300—1000
165	SBK	II				Cl	3,0 (Cl)	1,2 (Cl)	15	40	0,7—0,8	35—45		300—1500
166	SBK rein	II			АС	Cl	3,0 (Cl)	1,2 (Cl)	15	40				300—1000
	Varion [СКВ, ВНР]													
167	AT-660	I			Cl	4,0	1,4—1,5		60 (Cl)				300—1100	
168	AT-400	I		МП	Cl	4,0	1,3		60 (Cl)				300—1100	
169	ATM	I		МП	Cl				65 (Cl)				350—1000	
170	PAT	I			OH	3,3 (OH)			100 (OH)			(Порошок)	40—100	
171	AD	II			Cl	4,0	1,35—1,5		50 (Cl)	0,6—0,7	48—54		300—1100	
172	ADM	II		МП	Cl				60 (Cl)				350—1000	
173	PAD	II			OH	3,3 (OH)			100 (OH)			(Порошок)	40—100	
	Ostion [Sch, ЧССР]													
174	AT	I			Cl	3,9—4,0	1,5—1,6		90 (Cl), 60 (OH)			20—50	300—840	
175	ATP	I		МП	Cl	4,5	1,45		90 (Cl), 60 (OH)			20—50	300—840	
	Аниониты [СССР]													
176	AB-17-8 (AB-17)	I	8		Cl	3,8—4,5			50	0,66—0,74	40—60		400—1200	
177	AB-17-8 чС	I	8	АС	Cl	3,8—4,5			50	0,66—0,74	40—60		400—1200	
178	AB-17-6	I	6		Cl	≥4,3			50	0,66—0,74	40—60		400—1200	
179	AB-17-2	I	2		Cl				50				400—1200	
180	AB-171	I	8	МП	Cl	3,5—4,0							300—1500	
181	APA-2п	I	2	АС	Cl	3,8—4,2	}						(≥95%): 600—800 400—600 200—300 80—120 40—60	
182	APA-3п	I	3	АС	Cl	3,8—4,2								
183	APA-5п	I	5	АС	Cl	3,7—3,9								
184	APA-8п	I	8	АС	Cl	3,4—3,6								
185	APA-10п	I	10	АС	Cl	3,4—3,6								

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание ДВБ, %	Сорт	Ионная форма	Полная обменная емкость	
						мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
186	АРА-2м	I	2	АС	Cl	3,8—4,2	
187	АРА-3м	I	3	АС	Cl	3,8—4,2	
188	АРА-5м	I	5	АС	Cl	3,7—3,9	
189	АРА-8м	I	8	АС	Cl	3,3—3,7	
190	АРА-10м	I	10	АС	Cl	3,3—3,7	

Примечания. 4, 14. Основные марки. Селективность — см. разд. 65. чивания, с хорошей проницаемостью для крупных ионов и одновременно с повышенного связывания полимера. Первоначально слабосшитую смолу обрабатывают мостики значительно увеличивают жесткость углеводородной сетки смолы. По ионитам с 8% ДВБ. 9. Сорта с зернением мельче 50 меш — гранульные, получены (Hashim S. A., van Itallie T. B., J. Am. Med. Ass., 1965, v. 192, No. 4, смолы № 38. 40. Ионный состав: OH<sup>-</sup> не ниже 80%, Cl<sup>-</sup> до 5%, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> до 15%. 43. 45. Для поглощения урана из пульпы и других противоточных ионообменных систем. чей серной кислотой). Используют в гидрометаллургии урана. 48. Смолы на поливостью к органическому отравлению. 49. Для адсорбции высокомолекулярных Вариант смолы № 50—51, но отличается значительно более высокими относительной механической прочностью. Недостаток: низкая эффективность регенерации. 54. пор 2,5—23 мкм. Применяется для поглощения коллоидов и высокомолекулярных теристиками (отличается узким диапазоном зернения). 56, 57. МП-смолы для аннон более устойчива и легче регенерируется. 68—70. См. прим. к № 56—57. Смолы № 68 эффективный бактерицид для стерилизации жидкостей (Taylor S. L. et al., Cl<sup>-</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. 81—85. Сорта смолы № 80. 87, 88. Смолы для обесцвечивания обладают 95—109. Попереchnосшитые полистироловые ИП-аниониты; синтезируют без исполь селективность: см. разд. 65). 96. Ионный состав: OH<sup>-</sup> не меньше 95%, Cl<sup>-</sup> до 1%, Используются для поглощения органических веществ и для обесцвечивания. 99— стандартизованные для высокоскоростной фильтрации (№ 100) и для использования 103. Смолы гелевого типа, с высокой механической прочностью (слабосшитая?). к № 99—101. 109. Ионный состав: OH<sup>-</sup> не менее 94%, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> до 5%, Cl<sup>-</sup> до 1%. 110— валентно содержанию ДВБ, хотя он при синтезе этих смол не используется. 111. Сорт содержит ДВБ. 113, 114. Смолы-адсорбенты. 115. См. прим. к № 104. 117. Сорт № 119 меньшей порозностью. 122, 123. Обесцвечивающие смолы. 126. Обесцвечиваю чается от смолы № 131 большей порозностью. 136, 138, 140, 142. Сорта с повышенной 149. Смолы-адсорбент. 151. Сорт смолы для использования в «кипящем слое». 158. смолы № 158. 161. Смолы для гидрометаллургии, с высокой механической прочностью 40 мг/см<sup>3</sup>). 162. Смолы-адсорбент. Рабочий диапазон pH от 1—2 до 9—10. 176. Основ в воде — см. разд. 76.

-ΔV (OH <sup>-</sup> →Cl <sup>-</sup> ), %	Максимальная рабочая температура, °C	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
				меш	мкм
					(≥95%): 600—800 400—800 200—300 80—120 40—60

8. Смолы для поглощения высокомолекулярных органических кислот и для обесцвечивания жесткостью. Сочетание этих свойств достигнуто оригинальным способом поперечив набухом состоянии реактивом Фриделя—Крафта; дополнительные метиленовые проницаемости смолы подобна ионитам с 4% ДВБ, а по набухаемости и жесткости — разломом. 37. Сорт смолы № 30 для поглощения желчных кислот в кишечном тракте р. 289—293). 38. Основная марка. Селективность — см. разд. 65. 39—42. Сорта Смолы для поглощения органических кислот и антибиотиков и для обесцвечивания. 46. Вариант смолы № 45 с повышенной стабильностью (возможно элюирование горя- акриловой основе (мостикиобразователь — ДВБ) обладает повышенной устойчи- анионов, например антибиотиков. 52. Смолы для поглощения органических веществ порозностью, размером пор и удельной поверхностью, а также особенно высокой Смолы с особенно высокой порозностью и большой удельной поверхностью. Размер органических веществ. 55. Сорт смолы № 44 с улучшенными гидравлическими харак- ного обмена в неводных средах и для обесцвечивания, см. разд. 75. Смолы № 56 поставляется во влажном состоянии с метанолом. 71. Форма смолы № 50: высоко- Appl. Microbiol., 1970, v. 20, No. 5, p. 720—722). 80. Основная марка. Ионный состав: повышенной термической устойчивостью в OH-форме. 92, 93. Сорта смолы № 91. зования ДВБ. Основные марки № 95 и 105 (эффективное зернение 400—500 мкм, 97, 98. Слабосшитые смолы-адсорбенты (наименьшая степень сшитости у № 98). 101. Однородно-МП смолы (на основе № 95). Сорта № 100 и 101 — крупнозернистые, в непрерывных процессах с циркуляцией смолы (№ 101). 102. Смолы-адсорбент. 104. По основности смолы стоит между анионитами I и II типа. 106—108. См. прим. 117. Для изпористых полистирольных анионитов степень сшитости указана экви- с улучшенными гидравлическими характеристиками. 112. Вариант смолы № 110, смолы № 116 с повышенной механической прочностью. 120. Отличается от смолы шая смолы. Эффективное зернение 400—550 мкм. 127. Смолы-адсорбент. 132. Отли- механической прочностью. 146. Сорт смолы для высокоскоростной фильтрации. Смолы обладают высокой устойчивостью к органическому отравлению. 159, 160. Сорта (применяют для извлечения урана из растворов и пульпы; емкость поглощения урана ная марка. 181—190. Синтезируются с использованием *n*- или *m*-ДВБ. Набухаемость

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержание ДВВ, %	Ионная форма	Полная обменная емкость, мг-экв/г	Форма зерен	Зернение	
						меш	мкм
1	Aminex [BRL, США]						
2	A-14	4		3,4	MC		17—23
3	A-25	8		3,2	MC		15,5—19,5
4	A-27	8		3,2	MC		12—15
5	A-28	8		3,2	MC		7—11
5	A-29	8		3,2	MC		5—8
6	Bio-Rad AG [BRL, США]						
7	AG 1-X2	2	CH <sub>3</sub> COO		MC	200—400	37—75
8	AG 1-X8	8	CH <sub>3</sub> COO		MC	100—200	75—150
8		8	CH <sub>3</sub> COO		MC	200—400	37—75
9		8	HCOO		MC	200—400	37—75
10	Durrum [D, США]						
11	DA-X2	2	Cl		MC		15—25
12	DA-X4	4	Cl	2	MC		15—25
13	DA-X4F	4	Cl	2	MC		10—12
14	DA-X8	8	Cl	4	MC		15—25
15	DA-X8A	8	Cl	4	MC		6—10
15	DA-X8F	8	Cl	4	MC		7—9
16	Hamilton 7800 Series [HC, США]	4		5			15—25
17		6		5			15—25
18		8		5			15—25
19	Ionac [ICC, США]						
20	CGA-540	7	Cl	≧4,0	MC	100—200	75—150
21	CGA-541	7	Cl	≧4,0	MC	200—400	37—75
21	MFA-6	6	Cl+SO <sub>4</sub>	≧2,2	MC		<35 (95%)
22	Amberlite AR [MCW, США]						
23	IRA-400 CP	8	Cl	4,3	MC	16—50	300—1200
24	IRA-401S CP	4	Cl	3,4	MC	16—50	300—1200
25	IRA-410 CP	8	Cl	3,3	MC	16—50	300—1200
26	CG-400 Type I	8	Cl	3,3	MC?	100—200	50—160
26	CG-400 Type II	8	Cl	3,3	MC?	200—400	30—80
27	Amberlite p. A. [Serva, ФРГ]						
28	CG-400 I p. A.	8	Cl				50—150
28	CG-400 II p. A.	8	Cl				50—80
29	Lewatit GR [Bayer, ФРГ]						
30	M 5020 GR		Cl			100—200	70—150
31	M 5080 GR		Cl	≧3,5		50—70	200—300
32			Cl	≧3,5		70—150	100—200
33			Cl	≧3,5		100—200	70—150
34	M 5080 G 3 GR		Cl	≧3,5		70—150	100—200
35	MP 5080 GR		Cl	≧3,0		70—150	100—200
35			Cl	≧3,0		100 200	70—150

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержание ДВБ, %	Ионная форма	Полная обменная емкость, мг-экв/г	Форма зерен	Зернение	
						мш	мкм
36	Юпех SB [MN, ФРГ]	7		3			5—20
	Zerolit [Zer, Англия]; De-Acidite [Perin, Англия]						
37	SRA 61, 62, 63, 64	2—3	Cl				
38	SRA 65, 66, 67, 68	3—5	Cl				
39	SRA 69, 70, 71, 72	7—9	Cl				
37—39	SRA 61, 65, 69				мс	14—52	300—1200
37—39	SRA 62, 66, 70				мс	52—100	150—300
37—39	SRA 63, 67, 71				мс	100—200	80—150
37—39	SRA 64, 68, 72				мс	—200	<80
40	SRA 133	7—9	Cl		мс	100—200	80—150
41	JEOL LC-R-3 [JEOL, Япония]				мс		
42	Hitachi No. 2632 [Hit, Япония]				мс		
43	Wofatit SBW [СКВ, ГДР]				мс		40—80

Примечания. 3—5. Для ВСЖХ. 7—9. Объемная обменная емкость поглощения 1,1—1,2 мг-экв/см<sup>3</sup>. 25, 26. Влажность 10—15%. 27, 28. Дополнительно очищенные смолы на основе № 25, 26. Поставляются во влажном состоянии (50—55%). 33. Смола с добавкой индикатора. 34, 35. МП-смола. 37—39. Сорты смолы FF-IP. 40. Сорты смолы FF-DVB. 41. Рекомендована для анализа углеводов. 42. Рекомендована для разделения нуклеотидов и других веществ.

### 51. Аниониты сильноосновные пиридиновые (верхняя табл. на стр. 124—125)

Полистирольные аниониты с активными группами  $-C_5H_4N^+R$  применяют в гидрометаллургии урана, плутония и золота. Вырабатывают в основном в бисерной форме. Рабочая область pH — в пределах от 1 до 7. В щелочной среде смолы недостаточно стабильны: основность ионита со временем уменьшается из-за раскрытия пиридинового кольца и перехода азота в состояние  $=NH$ . Пиридиновые аниониты отличаются сравнительно высокой радиационной устойчивостью.

### 52. Аниониты слабоосновные полимеризационные (нижняя табл. на стр. 124—125)

Большинство смол этого типа синтезируют на полистирольной, реже — на полиакриловой или поливиниловой основе. Обычная форма зерна — бисер. Активные группы:  $-NH_2$  (1),  $=NH$  (2),  $\equiv N$  (3) и частично  $-N^+R_3$  (4). Рабочая область pH лежит в пределах от 0 до 7—9. По химической и механической стабильности полимеризационные аниониты превосходят конденсационные (разд. 53).



№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Сорт смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость		Максимальная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см³	Влажность, %	Зернение	
				мг-экв/г	мг-экв/см³				меш	мкм
1	Permutit S-180 [Perm, США]			4,3	1,3	100 (C1)	0,77—0,83	45—55	16—50	300—1200
2	Ионас [ICC, США]		Солевая	4,3	1,3	100 (C1)	0,77—0,83	55—65	16—50	300—1200
3	A-580 A-590			4,3	1,3	100 (C1)			10—20	850—2000
4	Bio-Rex 9 [BRL, США]	AC	Cl	3,7	1,3	38		46—54	20—50 50—100 100—200 200—400	300—1200 150—300 75—150 40—75 37—74
5		XC	Cl							
6	Wofatit SBU [СКВ, ГДР]		Cl	3 (C1)	0,9 (C1)		0,65—0,75	50—60		600—2000
7	Varion AP [СКВ, ВНР]		Cl	3,8	1,3	65				800—1200

Примечания. 1, 2. Смолы идентичны. 3. Сорт смолы для использования HNO<sub>3</sub>. Сорта с зернением мельче 50 меш получают разломом бисерного сорта 20—поглощения урана 40 мг/см³.

в пульпе. 4. Смолы устойчивы к действию сильных окислителей, например горячей HNO<sub>3</sub>. 5. Для ВСЖХ. 6. Смолы с высокой механической прочностью. Емкость

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Степень сшивки	Сорт смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость		+ΔV (OH→Cl), %	Максимальная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см³	Влажность, %	Зернение	
						мг-экв/г	мг-экв/см³					меш	мкм
1	Dowex [Dow, США]	3, (1, 2)	4	МП	OH OH	5,5—6,0	2,5—3,0	25	65	0,72	30 58 60	20—50	300—840
2	3					7,5	2,5					16—40	400—1200
3	70 (MWA-1)					4,2	1,1					20—50	300—840
4	Bio-Rad AG [BRL, США]	3, (1, 2)	4	AC AC	Cl Cl	5,5	2,2	25	65	0,72	25—35 40—45	20—50	См. разд. 81
5	AG 3-X4 AG 3-X4A					2,8	1,9					100—200 200—400	
6	Amberlite [R & H, США]	1, 2, 3		МП	OH OH OH OH OH		1,9	8—12 23—28 15—20 15—20 15 23—28	100 (OH) 100 (OH) 100 (OH) 60 (OH) 60 (OH) 100 (OH) 100 (OH)	0,67 0,61 0,62 0,72 0,69—0,75 0,61 0,61—0,67	40—45 46—54 54—58 57—63 46—52 46—54 45—53	16—50	300—1200
7	IR-45					1,25	16—50					300—1200	
8	IRA-93					1,2	16—50					300—1200	
9	IRA-94					1,6	16—50					300—1200	
10	XE-236					3,1	16—50					300—1200	
11	Stratabed 93					1,25	16—50					300—1200	
12	Amberlyst A21	3		МП	OH	4,8	1,3				45—53	18—50	300—1000
13	Amberlite AR [MCW, США]	1, 2, 3		XC AC	OH OH (≥95%)	5,0	2,0	10 10	120 (C1), 100 (OH) 120 (C1), 100 (C1)	0,66 0,67	37—45 37—45	20—50	300—840
14	IR-45 CP IR-45 AR					1, 2, 3	5,0					2,0	20—50

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Степень сшивки	Сорт смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость	
						мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
15	Amberlite р. А. [Serva, ФРГ] IR-45	1, 2, 3		АС	ОН		2,0
16	р. А. IRA-93	3		АС	ОН		1,8
17	р. А. IRA-68	3		АС	ОН		1,6
18	р. А. Amberlyst A-21	3		АС	ОП	4,5—5,0	1,4—1,7
19	р. А.			XC		4,5—5,0	1,4—1,7
20	Юнас [IGC, США] A-315	2			Cl	5,7	2,0
21	A-316		9				
22	ANGA-316		9	АС	ОН	5,0	
23	CGA-315		7	XC	HCl	3,5	
24	CGA-316		7	XC	HCl	3,5	
25	CGA-300	3	7	XC	HCl	3,5	
26	CGA-301	3	7	XC	HCl	3,5	
27	Duolite [D-S, США] A 303	3, 4			ОН	3,7 (Cl)	1,3
28	A 305				ОН	3,6 (Cl)	1,9 (ОН)
29	A 368	3 (90%), 4		МП	ОН		1,6
30	A 368 PR	3 (85%), 4		МП	ОН		1,4
31	Zerolit DA [Zer, Англия]; Deacidite [Perm, Англия] H-IP	3, 4	(3—5)	ИП	Cl	3,8	1,3
32		3, 4	(7—9)	ИП	Cl		
33	HX-IP	3, 4	(7—9)	ИП	Cl		1,3
34	G-IP	3	(7—9)	ИП	Cl	4,0	1,5
35	M-IP	1, 2, 3	(3—5)	ИП	Cl	5,8	1,9
36	J	1, 2, 3	(7—9)	ИП	Cl	5,5	2,4
37	SRA 121, 122, 123, 124	3, 4	(2—3)	XC	Cl		
38	SRA 125, 126, 127, 128	3, 4	(3—5)	XC	Cl	3,8	1,3
39	SRA 129, 130, 131, 132	3, 4	(7—9)	XC	Cl		
37—39	SRA 121, 125, 129						
37—39	SRA 122, 126, 130						
37—39	SRA 123, 127, 131						
37—39	SRA 124, 128, 132						
40	SRA 91, 92, 93, 94	3	(2—3)	XC	Cl		
41	SRA 95, 96, 97, 98	3	(3—5)	XC	Cl		
42	SRA 99, 100, 101, 102	3	(7—9)	XC	Cl	4,0	1,5
40—42	SRA 91, 95, 99						

±ΔV (ОН→Cl), %	Максимальная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
				меш	мкм
			40—48	20—50	400—1100
			50—58	20—50	400—1100
			57—63	20—50	400—1100
	100 (ОН)		45—53	20—50	700—1000
	100 (ОН)		45—53		50—100
	95 (Cl), 40 (ОН)			10—50	300—2000
	95 (Cl), 40 (ОН)		35—45	16—50	300—1200
	95 (Cl), 40 (ОН)			100—200	75—150
	95 (Cl), 40 (ОН)			200—400	40—75
	95 (Cl), 40 (ОН)			100—200	75—150
	95 (Cl), 40 (ОН)			200—400	40—75
15—20	100 (Cl), 60 (ОН)	0,74	50—60	16—50	300—1200
35	100 (Cl), 60 (ОН)			16—50	300—1200
45—50	100 (Cl), 40 (ОН)	0,70	47—53	16—50	300—1200
25	100 (Cl), 40 (ОН)	0,70	47—53	16—50	300—1200
5—10	70	0,75	52—58	14—52	300—1200
	70			14—52	300—1200
	70	0,74		14—52	300—1200
	100	0,68		14—52	300—1200
	60	0,74	50—58	14—52	300—1200
	60	0,74		14—52	300—1200
	70		60—67		
	70		50—60		
	70		38—50		
				14—52	300—1200
				52—100	150—300
				100—200	80—150
				—200	<80
	100				
	100				
	100				
				14—52	300—1200



## 53. Аниониты слабоосновные конденсационные (табл. на стр. 132—133)

Аниониты с эпоксиполиаминовой, фенолоформальдегидной и т. п. матрицей; вырабатываются обычно в гранульной форме. А. тивные группы  $-\text{NH}_2$  (1)  $=\text{NH}$  (2),  $\equiv\text{N}$  (3) и частично  $-\text{N}^+\text{R}_3$  (4). Рабочие пределы pH от 0 до 7—8. Химическая устойчивость конденсационных смол хуже, чем у полимеризационных. Иониты неустойчивы к действию окислителей. Регенерировать их следует слабыми основаниями.

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ СМОЛЫ

### 54. Иминодиацетатные комплексообразующие смолы (верхняя табл. на стр. 136—137)

Иминодиацетатные смолы с активными группами  $-\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2$  обладают, помимо катионообменных свойств, способностью образовывать комплексные связи с переходными металлами (см. разд. 63). Прочность хелатных связей приблизительно на порядок выше, чем связей, образующихся при электростатическом взаимодействии на обычных ионообменных смолах. В кислых и нейтральных средах ионит проявляет амфотерные свойства в соответствии с биполярностью:  $-\text{CH}_2\text{N}^+\text{H}(\text{CH}_2\text{COO}^-)_2$ , а в сильноокислой среде является анионообменником. Недостаток комплексообразующих смол — несколько замедленная кинетика сорбции и трудность регенерации.

Иминодиацетатную смолу в медной форме (медный комплекс) применяют для лигандной хроматографии биогенных веществ: аминов (Shipton и K. et al., Anal. Chim. Acta, 1967, v. 37, No. 1, p. 102—111), аминокислот (Siegel A., Degen s E. T., Sci., 1966, v. 151, No. 3714, p. 1098—1101), компонентов нуклеиновых кислот (Goldstein G., Anal. Biochem., 1967, v. 20, No. 3, p. 477—483). В натриевой или водородной форме смолу применяют для концентрирования из растворов следов металлов: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Pb (Riley J. P., Taylor D., Anal. Chim. Acta, 1968, v. 41, № 1, p. 175—178; Baetz R. A. Kеннер C. T., J. Agric. Food Chem., 1975, v. 23, No. 1, p. 41—45).

### 55. Фосфорнокислотные комплексообразующие смолы (нижняя табл. на стр. 136—137)

Фосфорилированные полистирольные смолы с активными группами  $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{PO}(\text{OH})_2$  являются среднекислотными катионитами со ступенчатой ионизацией ( $\text{pK}_1 = 3 - 3,5$ ,  $\text{pK}_2 = 7$ ), а также селективно поглощают переходные и другие тяжелые металлы (см. разд. 64) с образованием комплексных связей. Катионообменные свойства проявляются при pH выше 4. Недостаток смол — замедленная кинетика поглощения.

### 56. Другие селективные иониты

1. Amberlite XE-243 [R&H, США]: слабоосновный анионит, проявляющий специфичность к борату. Ионная форма  $\text{OH}^-$ , обменная емкость  $1,2$  мг-экв/см<sup>3</sup>, влажность 56—60%. Предельная рабочая температура  $100^\circ\text{C}$ . По-видимому, этому аниониту идентична смола Borasorb [C, США].

2. Srafion NMRR [AWC, Израиль]: комплексообразующая смола с резонирующими аминогруппами  $[\text{R}-\text{C}(=\text{NH})-\text{NH}_2^+]$ , поглощает селективно Au, Pt и другие платиновые металлы (Koster G., Schmuckler G., Anal. Chim. Acta, 1967, v. 38, No. 1/2, p. 179—184; Green T. E. et al., Anal. Chem., 1970, v. 42, No. 14, p. 1749—1753). Смола синтезирована на основе стирола и ДВБ. Емкость поглощения по металлам (ммоль/г): Os 0,49; Ir 0,82; Pt 2,50; Rh 1,85; Pd 2,05; Au 5,58. Другие тяжелые металлы — Ni, Cu, Fe — не адсорбируются. Зернение 20—50 меш (300—840 мкм). Идентична выпускавшейся ранее смоле Ionac SRXL [CC, США].

3. Катиониты в формах  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  способны образовывать комплексы с некоторыми органическими веществами — аминами, карбоновыми кислотами и др. О лигандной хроматографии см. также в разд. 44, 47 и 54.

### 57. Редокс-смолы (верхняя табл. на стр. 138—139)

Редокс-смолы содержат ионы или атомы, способные к обратимому окислению или восстановлению. Применяются большей частью для поглощения из растворов кислорода.

### 58. Смолы-адсорбенты (нижняя табл. на стр. 138—139)

Смолами-адсорбентами, или обеспечивающими смолами, называют ионообменные смолы, которые обладают способностью избирательно поглощать органические вещества по неионному механизму. Обычно в качестве смол-адсорбентов используют иониты с пониженной ионообменной емкостью и высокоразвитой поверхностью. Последнему требованию в наибольшей степени удовлетворяют МП-смолы. Ионообменная способность смол-адсорбентов проявляется, как правило, в ограниченной области рН. Многие смолы-адсорбенты и обесщелачивающие смолы приведены в общем перечне ионитов:

разд. 49 — № 8, 22, 33, 43, 52, 54, 56, 57, 60, 66—70, 74, 87, 88, 97, 98, 113, 114, 122, 123, 126, 127, 149, 162;

разд. 52 — № 12, 18, 19;

разд. 53 — № 7, 23, 29, 35, 36, 40, 41.

### 59. Биполярные смолы (верхняя табл. на стр. 140—141)

Биполярными, или «ионозамедляющими», смолами называют полиэлектролиты, содержащие и кислотные и основные группы. Образуются они в результате полимеризации мономера с активными группами одного знака заряда внутри сополимера с активными группами противоположного знака заряда (смолы типа полимер в сополимере или «змея в клетке»). Смолы Retardion, например, синтезируются посредством полимеризации акриловой кислоты внутри зерен анионита Dowex 1. Биполярные смолы почти не поглощают незлектролиты, но слабо удерживают электролиты, что используют для группового разделения веществ этих двух типов методом «отстающего электролита» (Hatch M. J. et al., Ind. Eng. Chem., 1957, v. 49, No. 11, p. 1812—1819; Heathcote J. G. et al., Clin. Chem. Acta, 1971, v. 32, No. 3, p. 457—463). Метод применяют, например, для обессоливания биохимических веществ.

В отличие от механических смесей катионита и анионита, биполярные смолы можно практически полностью освободить от адсорбированных ионов простой промывкой колонки. Например, смолу Retardion переводят из формы  $\text{Na}^+\text{Cl}^-$  в «самоадсорбирующую» форму (без ионов) промыванием колонки 20 объемами воды на 1 объем смолы. Кислоты адсорбируются прочнее, для их удаления смолу промывают раствором щелочи с последующей отмывкой водой.

### 60. Смесы смол (нижняя табл. на стр. 140—141)

Смесы катионита и анионита применяют для одновременного поглощения катионов и анионов — например, при глубокой деионизации воды, обессоливании растворов и т. п. На смешанном слое катионита в Н-форме и анионита в ОН-форме ионы поглощаются намного эффективней, чем на двух последовательных колонках с теми же смолами. Регенерировать смолы можно после разделения катионита и анионита на основе различий в плотности (средняя плотность набухших катионита в Na-форме и анионита в Cl-форме равны соответственно 1,25—1,30 и 1,05—1,15). Для разделения смол используют насыщенный раствор NaCl или коллоидный раствор полиакриловой кислоты в концентрации 0,6—1 г/л.

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Сорт смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость	
					мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
1	Dowex 44 (WGR) [Dow, США]	3			7,5	2,5
2	Dowex 44 p. A. [Serva, ФРГ]	3	AC	Cl	7,5	2,5
	Amberlite [R & H, США]					
3	IR-4B	1, 2		OH		3,2
4	IRP-58	1, 2	ФС	OH		3,2
5	IRP-58M	1, 2	ФС	OH		3,2
6	IRA-47	4 и др.		HCl		1,7
7	IRA-47S	4 и др.		OH		2,4
8	IRA-49 (XE-295) <sup>+</sup>	3		HCl		2,5
	Amberlite AR [MCW, США]					
9	IR-4B AR	1, 2	AC	OH (≥95%)	10,0	2,5
10	CG-4B Type I	1, 2	XC	OH	8,0	2,5
11	CG-4B Type II	1, 2	XC	OH	8,0	2,5
12	Amberlite IR-4B p. A. [Serva, ФРГ]	1, 2	AC	OH	10	2,5
	Permutit [Perm, США]					
13	S-300	3, 4		Солевая	5,5	1,8
14	S-310	3, 4		»	5,5	1,8
15	S-350	3		»	5,5	1,6
16	S-380	2, 3		»	5,5	1,8
	Ионас [ICC, США]					
17	A-300	3, 4		Солевая	5,5	1,8
18	A-302	3, 4		OH	≥4,2	
19	A-310	3, 4		Солевая	≥6,7	1,8
20	A-330	3		»	6,6	1,9
21	A-260	2, 3		»	≥4,0	1,8
	Duolite [D-S, США]					
22	A 30 B	3, 4		OH	5,5 (Cl)	2,0 (OH)
23	A 6	2, 3		Солевая	5,0	1,5
24	S 37	2, 3		Смешан.		
25	Ионас A-27 P [Imac, Нидерланды]	3, 4, (1, 2)		OH		2,0 [0,3]

+ΔV (OH→Cl), %	Максимальная рабочая температура, °C	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Форма зерен	Зернение	
					меш	мкм
	65	0,65	58	гр	16—40	400—1170
	65			гр	20—50	300—840
75—100	60 (OH)	0,55—0,61	35—50	гр		500—1500
75—100	60 (OH)		≤10	гр	100—500	<150
75—100	60 (OH)		≤10	гр	—325	<50
8—10	75 (OH)	0,67	64—68		16—50	300—1200
8—10	95 (OH)	0,67	66—70		16—50	300—1200
10	75 (OH)	0,64—0,70	66—70		16—50	300—1200
	40 (OH)	0,52	35—50	гр	20—50	300—840
	40 (OH)		5—10	гр	100—200	80—150
	40 (OH)		5—10	гр	200—400	40—80
	40 (OH)	0,56	35—50	гр	20—50	500—1500
	40	0,30—0,34	1—5	гр	16—50	300—1200
	40	0,30—0,34	1—5	мс	16—50	300—1200
	60	0,26—0,32	2—7	гр	16—50	300—1200
		0,24—0,30	2—7	гр	16—50	300—1200
	40	0,30—0,34	1—5	гр	16—50	300—1200
	40	0,65—0,70	55—65	гр	16—50	300—1200
	40	0,56—0,64	50—60		16—50	300—1200
	40	0,26—0,32	1—5	гр	10—50	300—2000
	40	0,24—0,30	1—5	гр	16—50	300—1200
6	40 (Cl), 25 (OH)	0,75	55—60	мс	16—50	300—1200
12	50 (OH, Cl)	0,36	48—54	гр	16—50	300—1200
17	30—40	0,45		гр	16—50	300—1200
15*	100 (Cl), 40 (OH)	0,78	60	мс	10—50	300—2000

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Сорт смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость	
					мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
26	Kastel A-100 [ME, Италия]	4 (10—12%)		ОН+Сl	7,5—8,0	
	Permutit [Perm, Зап. Берлин]					
27	EP	4 и др.	АС	ОН	6,0	2,0
28	E	2, 3	АС	ОН	9	3
29	Lewatit MIN [Bayer, ФРГ]	2, 3			5,5—6	1,4
30	Bio-Rex 5 [BRL, США]	3, 4 (II)	АС	Сl	8,8	2,8
31			ХС	Сl	8,8	2,8
	Wofatit [СКВ, ГДР]					
32	L-150	2, 3, 4		Сl	10	
33	N	2		Сl	4,3	1,2
34	N rein	2	АС	Сl	4,3	1,2
35	EZ			Сl		
36	EZ rein		АС	Сl		
	Аниониты [СССР]					
37	ЭДЭ-10 П	2, 3, 4		Сl	9—10	
38	ЭДЭ-10 П (ОН)	2, 3, 4	АС	ОН	≥8 (Сl)	
39	АВ-16 Г	2, 3, 4		Сl	9,8—10,5	2,3
40	АВ-16 ГС	2, 3, 4		Сl	≥8 (Сl)	
41	АН-1	2, 3		SO <sub>4</sub>	≥4,2	1,9
42	АН-2Ф	2, 3		Сl	9—10,5	3,7
43	АН-2Фг	2, 3		Сl	9—10,5	3,7
44	АН-2П		МП			
45	АН-31	2, 3		Сl	≥9	≥1,4

Примечания. 1, 2. Продукт конденсации эпихлоргидрина и аммиака и очистки аминокислот. 4, 5. Сорта смолы № 3. 7. Вариант смолы № 6 с повью смола. 13, 14. Смола на основе меламина и гуанидина. Солевой состав: Cl<sup>-</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. дегида. 21. Идентична смоле № 16. 22. Эпоксиполиаминовая смола. 23. Фенолофор и обесцвечивающую смолу. Устойчива в присутствии детергентов. 24. Смола-адсорбент. Приготовляют на основе смолы № 22. Сорт № 31 — для ВСЖХ. 32. Эпоксиполиаминовые сильноосновных групп 10—12%. 39, 40. Эпоксиполиаминовая смола. Сорт для обесцвечивания. 44. Полифункциональный анионит, используют для поглоще

+ΔV (ОН→Сl), %	Максимальная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Форма зерен	Зернение	
					меш	мкм
15	45	0,70	60	мс	16—50	300—1200
	100 (Сl), 40 (ОН) 40	0,70	50—60	гр гр	16—50 16—50	300—1200 300—1200
	30	0,7		гр	16—50	300—1200
	60		50—58	гр гр гр гр	20—50 50—100 100—200 200—400	300—1200 150—300 75—150 40—75 37—74
	50	0,6—0,7		гр		300—1500
	30	0,6—0,7		гр		300—1500
	30			гр		300—800
		0,5—0,6	76—84	гр гр		300—1500 300—800
	35—45	0,6—0,7	10	гр		400—1800
	35—45			гр		500—2000
		0,7—0,8		гр		300—1800
		0,7—0,8		мс		300—1800
	40	0,7—0,9		гр		300—2000
	50	0,55—0,6		гр		300—2000
	50			мс		
	100	0,6	≤15	гр		300—2000

3. Используют главным образом в фармацевтической промышленности для выделенной пористостью — для ионного обмена и адсорбции. 8. Эпоксиполиаминовая смола. 17. Идентична смоле № 13. 20. Используют для очистки стрептомицина и формальдегидная смола. Используют для поглощения кислот, а также как адсорбент бент. Рабочая область рН от 2 до 8. 29. Смола на основе фенилендиамин. 30, 31. новая смола. 35, 36. Смола-адсорбент. 37, 38. Эпоксиполиаминовая смола. Содержа № 40 применяют для обесцвечивания. 41. Смола на основе меламина. Применяют для драгоценных металлов.

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Сорт смолы	Ионная форма	Емкость поглощения	
				мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
1	Dowex A-1 [Dow, США]		Na	2,9 (Cu), 3,7 (H)	0,7 (Cu)
2	Chelex 100 [BRL, США]	AC	Na	2,9 (Cu), 3,7 (H)	0,7 (Cu)
3		XC	Na	2,9 (Cu), 3,7 (H)	0,7 (Cu)
4		XC	Cu	2,9 (Cu), 3,7 (H)	0,7 (Cu)
5	Dow Chelating Resin [Serva, ФРГ] A 1 p. A.	AC	Na	2,9 (Cu), 3,7 (H)	0,7 (Cu)
6	A 1 Kupfer-komplex	XC	Cu	2,9 (Cu), 3,7 (H)	0,7 (Cu)
7	Amberlite XE-318 [R & H, США]		Na		1,3
8	Varion CH [CKV, ВНР]		Na	6,0	2,2

Примечания. 1. Синтезируют из стирола, ДВБ (8%) и монохлоруксусной получают размолом. Смолы № 3 — для ВСЖХ. 7. Указано эффективное зернение.

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Содержание ДВБ, %	Тип и сорт смолы	Ионная форма	Полная обменная емкость	
					мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>
1	Duolite ES-463 [D-S, США]	6	МП	H	6,6 (H)	3,1 (H)
2	Bio-Rex 63 [BRL, США]	6	МП, AC	Na	6,6 (H)	3,1 (H)
3		6	МП, XC	Na	6,6 (H)	3,1 (H)
4	Катиониты [СССР]					
5	КРФ-2п	2	AC		9,5—10,5	
6	КРФ-3п	3	AC		9,5—10,5	
7	КРФ-5п	5	AC		9,4—10,2	
8	КРФ-8п	8	AC		9,3—10,1	
9	КРФ-10п	10	AC		9,2—10,0	
10	КРФ-2м	2	AC		9,5—10,5	
11	КРФ-3м	3	AC		9,5—10,5	
12	КРФ-5м	5	AC		9,3—10,3	
13	КРФ-8м	8	AC		9,1—10,1	
14	КРФ-10м	10	AC		9,1—10,1	
15	КРФ-3пТ-40	3	МП, AC		9,5—10,5	
16	КРФ-5пТ-40	5	МП, AC		9,4—10,2	
17	КРФ-10пТ-40	10			9,2—10,0	

Примечания. 2, 3. Вырабатывают на основе смолы № 1. 4—16. Синтезируют с использованием п- или м-ДВБ.

Максимальная рабочая температура, °С	Влажность, %	Форма зерен	Зернение	
			меш	мкм
75	68—76	мс	50—100	150—300
75	68—76	гр	100—200	150—300
75	68—76	гр	200—400	75—150
75	68—76	гр	—400	45—75
75	68—76	гр		10—20
75	68—76	гр		20—30
75	68—76	мс	50—100	150—300
75	68—76	гр	200—400	40—80
75	68—76	гр	200—400	40—80
100	64—72			400—600
45				250—900

кислоты. 2—6. Вырабатывают на основе смолы № 1. Сорта с зернением мельче 100 меш

+ΔV (H→Na), %	Максимальная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
				меш	мкм
75	120	0,70—0,77	38—42	16—50	300—1200
75	100		68—76	20—50	300—840
75	100				37—44
		0,65—0,75			
		0,65—0,75			
		0,6—0,7			
		0,6—0,7			
		0,6—0,7			
		0,65—0,75			
		0,65—0,75			
		0,6—0,7			
		0,6—0,7			
		0,6—0,7			

тезируют с использованием п- или м-ДВБ.



№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Матрица	Активные группы
1	Duolite [D-S, США]	Фенольная Полистирольная » »	—N(R <sub>2</sub> )Cu <sup>0</sup> —N <sup>+</sup> R <sub>3</sub> (тип I) —N <sup>+</sup> R <sub>3</sub> (тип II) —N <sup>+</sup> R <sub>3</sub> (тип II)
2	S 10		
3	A 101D-SO <sub>3</sub>		
4	Permutit S-206 [Perm, США] Ionac A-553 [ICC, США]		

Примечания. 1. Получают обработкой смолы растворами медной соли и при pH не выше 7. Регенерацию Cu<sup>2+</sup> → Cu<sup>0</sup> осуществляют щелочным раствором

Ионная форма	Максимальная рабочая температура, °C	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
				меш	мкм
H	40	0,60		10—50	300—2000
SO <sub>3</sub>	60			16—50	300—1200
SO <sub>3</sub>	60	0,64—0,72	45—55	16—50	300—1200
SO <sub>3</sub>	60	0,64—0,72	45—55	16—50	300—1200

сильного восстановителя. Емкость поглощения O<sub>2</sub> — 6,4 мг/см<sup>3</sup>. Смола применяется NaHSO<sub>3</sub> или Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. 3, 4. Смолы идентичны.

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Матрица	Активные группы	Ионная форма
1	Duolite [D-S, США]	Фенольная » Полистирольная » »	—C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH ≡N, =NH Her » »	H Смешан. Her » »
2	S 30			
3	S 37			
4	S 2 UF			
5	Ionex RVB Micro-Ionex RVP, RVMB			
6	Permutit S-360 [Perm, США]	МП		
7	Ionac D-100 [ICC, США]	МП		
8	Puritan [IWT, США]	МП		
9	Decolorite [Perm, Англия]	МП		OH
10	Asmit [Imac, Нидерланды]	Арилполиамино- вая		OH
11	173 N			
11	173 NP			
12	224	Полиаминовая		OH
13	259 N	Полистирольная, МП	—N <sup>+</sup> R <sub>3</sub> (I)	Cl
14	261	То же	—N <sup>+</sup> R <sub>3</sub> (I)	Cl
15	Ostion [Sch, ЧССР]	Полимеризацион- ная		Cl
16	SL			

Примечания. 1. При pH выше 8,5 проявляет катионообменные свойства. 2. Для поглощения органических веществ и коллоидов. 3. Смолы идентичны. 4. Смола неустойчива к окислителям. Поставляется с раствором щелочи.

Рабочие пределы pH	Максимальная рабочая температура, °C	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Форма зерна	Зернение	
					меш	мкм
0—8	80 (Cl), 40 (OH) 30 70—100 ≥135 ≥135	0,34 } 0,45 } 0,65—0,7	Частично высушены	гр гр мс Хлопья	16—50	300—1200
2—8					16—50	300—1200
					16—50	800—1080
					16—50	300—1200
					16—50	10—40
0—7	30				16—50	300—1200
1—7 (3—5)	100			гр	10—50	300—2000
1—7 (3—5)	100			гр	10—50	300—2000
1—10 (6—9)	100 (Cl), 30 (OH) 100 (Cl), 60 (OH)	0,71	72	мс	10—50	300—2000
3—9					16—30	600—1200
3—9	100 (Cl), 50 (OH)		65	мс	20—40	400—800
0—12	90 (Cl)					500—1500
5,5—9						300—1000

2. Пригодна для адсорбции детергентов из воды. 3. Для использования в противотоке. 4. Смолы для обессоливания и поглощения коллоидов. 5. Смола неустойчива к окислителям.

№ п/п	Марки смол и фирма-изготовитель	Активные группы	Ионная форма
1	Retardion 11 A 8 [Dow, США]	—N <sup>+</sup> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> , —COO <sup>-</sup>	Самоадсорб.
2	Bio-Rad AG 11A8 [BRL, США]	—N <sup>+</sup> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> , —COO <sup>-</sup>	»
3	Retardion 11 A 8 p. A. [Serva, ФРГ]	—N <sup>+</sup> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> , —COO <sup>-</sup>	»
4	BIP <sup>+</sup> [CKV, ВНР]	} —N <sup>+</sup> R <sub>3</sub> , —SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup>
5	BIP <sup>-</sup> [CKV, ВНР]		Na <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup>

Примечание. 2, 3. Высокоочищенные сорта (AC) смолы № 1.

№ п/п	Марки смесей смол и фирма-изготовитель	Марки смол в смеси и их ионная форма		Соотношение смол (по объему)	Сорт смол
		Катионит	Анионит		
1	Amberlite [R & H, США] MB-1	IR-120 (H)	IRA-400 (OH)	1 : 1,5	
2	MB-3	IR-120 (H)	IRA-410 (OH)	1 : 1,5	
3	Amberlite AR [MCW, США] MB-1 AR	IR-120 AR (H)	IRA-400 AR (OH)	1 : 1,5	AC
4	MB-3 AR	IR-120 AR (H)	IRA-410 AR (OH)	1 : 1,5	AC
5	Amberlite p. A. [Serva, ФРГ] MB-1 p. A.	IR-120 p. A. (H)	IRA-400 p. A. (OH)	1 : 1,5	AC
6	MB-2 p. A.	IR-120 p. A. (H)	IRA-410 p. A. (OH)	1 : 1,5	AC
7	MB-3 p. A.	IR-120 p. A. (H)	IRA-410 p. A. (OH)	1 : 1,5	AC
8	MB-6 p. A.	IRC-50 p. A.	IRA-168	1 : 1	AC
9	Amberlite [R & H, США] IRN-150	IRN-77 (H)	IRN-78 (OH)	Эквивал.	ЯМ
10	IRN-154	IRN-163 (Li)	IRN-78 (OH)	»	ЯМ
11	IRN-170	IRN-169 (NH <sub>4</sub> )	IRN-78 (OH)	»	ЯМ
12	IRN-217	IRN-218( <sup>7</sup> Li)	IRN-78 (OH)	»	ЯМ
13	IRN-277	200 (H)	IRA-938 (OH)	»	ЯМ
14	IRN-300	IRN-77 (H)	XE-236 (OH)	»	ЯМ
15	Bio-Rad AG [BRL, США] AG 501-X8	AG 50W-X8 (H)	AG 1-X8 (OH)	Эквивал.	AC
16	AG 501-X8D	AG 50W-X8 (H)	AG 1-X8 (OH)	»	AC
17	Bio-Rex RG [BRL, США] RG 501-X8	RG 50W-X8 (H)	RG 1-X8 (OH)	Эквивал.	ЯМ
18		RG 50W-X8(Li)	RG 1-X8 (OH)	»	ЯМ
19		RG 50W-X8( <sup>7</sup> Li)	RG 1-X8 (OH)	»	ЯМ

Обменная емкость по (+) и (-) зарядам, мг-экв/г		Максимальная рабочая температура, °C	Зернение	
+	-		меш	мкм
1,2	1,2	100	50—100	150—300
1,2	1,2	100	50—100	150—300
1,2	1,2	100	50—100	150—300
1,7—1,9	0,75—0,9	50	20—60	250—840
0,75—0,85	1,6—1,9	50	20—60	250—840

Наличие индикатора	Состав вытекающего раствора	Полная емкость поглощения		Максимальная рабочая температура, °C	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернение	
		мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>				меш	мкм
—	H <sub>2</sub> O	0,46	60	0,69	40—60	16—50	300—1200	
+	H <sub>2</sub> O	0,55	40	0,69	50—60	16—50	300—1200	
—	H <sub>2</sub> O	0,46	60	0,69	50—60	20—50	300—840	
+	H <sub>2</sub> O	0,50	40	0,72	50—60	20—50	300—840	
—	H <sub>2</sub> O	0,6	60		40—50	16—50	300—1200	
—	H <sub>2</sub> O	0,6	40		40—50	16—50	300—1200	
+	H <sub>2</sub> O	0,6	40		40—50	16—50	300—1200	
—	H <sub>2</sub> O	0,3	80		16—50	300—1200		
—	H <sub>2</sub> O	0,55	60		50—60	16—50	300—1200	
—	LiOH	0,5	60		50—60	16—50	300—1200	
—	NH <sub>4</sub> OH	0,45	60		50—60	16—50	300—1200	
—	<sup>7</sup> LiOH	0,45	60		50—60	16—50	300—1200	
—	H <sub>2</sub> O	0,25	40		50—60	16—50	300—1200	
—	H <sub>2</sub> O	1,0	60		≤50	16—50	300—1200	
—	H <sub>2</sub> O	0,7	50	0,69	43—55	20—50	300—840	
+	H <sub>2</sub> O	0,7	50	0,69	43—55	20—50	300—840	
—	H <sub>2</sub> O	0,7	50	0,69		20—50	300—840	
—	LiOH	0,7	50	0,69		20—50	300—840	
—	<sup>7</sup> LiOH	0,7	50	0,69		20—50	300—840	

№ п/п	Марки смесей смол и фирма-изготовитель	Марки смол в смеси и их ионная форма		Соотношение смол (по объему)	Сорт смол
		Катионит	Анионит		
20		RG 50W-X8	RG 1-X8 (OH)	Эквивал.	ЯМ
21	RG 502-X8	RG 50W-X8(H)	RG 2-X8 (OH)	»	ЯМ
Permutit [Perm, США]					
22	M-100	NQH (H)	S-105 (OH)		ЯМ
23	M-106	Q-106(NH <sub>4</sub> )	S-105 (OH)		ЯМ
24	M-107	Q-107(Li)	S-105 (OH)		ЯМ
25	M-108	Q-108( <sup>7</sup> Li)	S-105 (OH)		ЯМ
Ionac [ICC, США]					
26	M-610	C-242 (H)	A-542 (OH)	1 : 2	
27	MI-615	C-242 (H)	A-542 (OH)	1 : 2	
28	ANGM-610	ANGC-242 (H)	ANGA-542 (OH)	1 : 2	АС
29	ANGMI-615	ANGC-242 (H)	ANGA-542 (OH)	1 : 2	АС
30	M-614	C-267 (H)	A-542 (OH)	1 : 2	ФС
31	NM-40	NC-10 (H)	NA-30 (OH)		ЯМ
32	NM-45	NC-15(NH <sub>4</sub> )	NA-30 (OH)		ЯМ
33	NM-50	NC-20(Li)	NA-30 (OH)		ЯМ
34	NM-51	NC-21( <sup>7</sup> Li)	NA-30 (OH)		ЯМ
Zerolit (Bio-Deminrolit)+ [Zer, Perm, Англия]					
35	DM-F	225 (H)	FF-IP (OH)	1 : 2	
36	DM-F (Indicator)	225 (H)	FF-IP (OH)	1 : 2	
Serdolit [Serva, ФРГ]					
37	MB p. A.	S.-Rot (H)	S.-Blau (OH)	1 : 2	АС
Ionenaustauscher [Merck, ФРГ]					
38	V	I (H)	III (OH)	1 : 2	
Wofatit [СКВ, ГДР]					
39	MBW	KPS-MB (Na)	SBW-MB (Cl)	1 : 2	
40	ROH	RH (H)	RO (OH)		ЯМ
41	ROK	RK (K)	RO (OH)		ЯМ
42	ROL	RL (Li)	RO (OH)		ЯМ
43	RON	RN (NH <sub>4</sub> )	RO (OH)		ЯМ
Varion [СКВ, ВНР]					
44	MX-1	KS (H)	AT-660 (OH)		
45	MX-2	KS (H)	AD (OH)		
46	MX-6	KS (H)	ADA (OH)		
47	PMX	KS (смеш.)	ADA (смеш.)		

Наличие индикатора	Состав вытекающего раствора	Полная емкость поглощения		Максимальная рабочая температура, °С	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зернистость	
		мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>				меш	мкм
—	NH <sub>4</sub> OH		0,7	50	0,69		20—50	300—840 (≥98%)
—	H <sub>2</sub> O			30	0,69		20—50	300—840 (≥98%)
—	H <sub>2</sub> O	1,6	0,55	60	0,69—0,77	50—60	16—50	300—1200
+	NH <sub>4</sub> OH	1,4	0,45	60	0,69—0,77	50—60	16—50	300—1200
—	LiOH	1,5	0,49	60	0,69—0,77	50—60	16—50	300—1200
—	<sup>7</sup> LiOH	1,5	0,49	60	0,69—0,77	50—60	16—50	300—1200
—	H <sub>2</sub> O	1,6	0,55	60	0,69—0,70	50—60	16—50	300—1200
+	H <sub>2</sub> O	1,6	0,55	60	0,69—0,70	50—60	16—50	300—1200
—	H <sub>2</sub> O	≥1,55	0,55	60	0,69—0,70	55—65	16—50	300—1200
+	H <sub>2</sub> O	≥1,55	0,55	60	0,69—0,70	55—65	16—50	300—1200
—	H <sub>2</sub> O	≥1,5	0,55	60	0,69—0,70	55—65	16—50	300—1200
—	H <sub>2</sub> O	1,6	0,55	60	0,69—0,77	50—60	16—50	300—1200
—	NH <sub>4</sub> OH	1,4	0,45	60	0,69—0,77	50—60	16—50	300—1200
—	LiOH	1,5	0,49	60	0,69—0,77	50—60	16—50	300—1200
—	<sup>7</sup> LiOH	1,5	0,49	60	0,69—0,77	50—60	16—50	300—1200
—	H <sub>2</sub> O			40		60	14—52	300—1200
+	H <sub>2</sub> O			40		60	14—52	300—1200
+	H <sub>2</sub> O		0,70		0,75	50		≈1000
—	H <sub>2</sub> O	1,5 (—), 2,3 (+)		40	0,6	50—60		300—900
—	NaCl		0,6	60	0,7—0,85	50—60		300—1300
—	H <sub>2</sub> O			60				300—1500
—	KOH			60				300—1500
—	LiOH			60				300—1500
—	NH <sub>4</sub> OH			60				300—1500
—	H <sub>2</sub> O			60				250—1100
—	H <sub>2</sub> O			50				250—1100
—	H <sub>2</sub> O			50				250—1100
—	Соли	1,0—1,2		50			(Порошок)	40—100

Примечания. 8. В состав смеси входит анионит ХЕ-168: полимеризационной группы). 14. Для деионизации без поглощения борной кислоты. 31—34. Идентичны

ного типа, МП, слабоосновный (содержит первичные, вторичные и третичные аминокислоты). 14. Для деионизации без поглощения борной кислоты. 31—34. Идентичны

## СВОЙСТВА ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ

### 61. Шкала селективности полистирольных сульфокатионитов типа Duolite C 20

(константы ионного обмена  $K_H^M$  в разбавленных растворах: 0,01—0,1 н.)

(Duolite. Ion-exchange manual, Redwood City, Diamond Alkali Co., 1960, p. 21)

Ионы	Степень сшивки катионита				Ионы	Степень сшивки катионита			
	X4	X8	X12	X16		X4	X8	X12	X16
Li <sup>+</sup>	0,90	0,85	0,81	0,74	Co <sup>2+</sup>	2,65	2,8	2,9	3,05
H <sup>+</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	Cu <sup>2+</sup>	2,7	2,9	3,1	3,6
Na <sup>+</sup>	1,3	1,5	1,7	1,9	Cd <sup>2+</sup>	2,8	2,95	3,3	3,95
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,6	1,95	2,3	2,5	Ni <sup>2+</sup>	2,85	3,0	3,1	3,25
Mn <sup>2+</sup>	2,2	2,35	2,5	2,7	Ca <sup>2+</sup>	3,4	3,9	4,6	5,8
K <sup>+</sup>	1,75	2,5	3,05	3,35	Sr <sup>2+</sup>	3,85	4,95	6,25	8,1
Mg <sup>2+</sup>	2,4	2,5	2,6	2,8	Cu <sup>+</sup>	3,2	5,3	9,5	14,5
Fe <sup>2+</sup>	2,4	2,55	2,7	2,9	Hg <sup>2+</sup>	5,1	7,2	9,7	14
Rb <sup>+</sup>	1,9	2,6	3,1	3,4	Pb <sup>2+</sup>	5,4	7,5	10,1	14,5
Cs <sup>+</sup>	2,0	2,7	3,2	3,45	Ag <sup>+</sup>	6,0	7,6	12,0	17
Zn <sup>2+</sup>	2,6	2,7	2,8	3,0	Ba <sup>2+</sup>	6,15	8,7	11,6	16,5

### 62. Шкала селективности фенолоформальдегидного сульфокатионита

(Kressman T. R. E., Kitchener J. A., J. Chem. Soc., 1949, No. 5, p. 1190—1201)

Ионы	$K_H^M$	Ионы	$K_H^M$
Li <sup>+</sup>	0,85	Rb <sup>+</sup>	3,62
H <sup>+</sup>	1,00	Cs <sup>+</sup>	5,11
Na <sup>+</sup>	1,43	Ag <sup>+</sup>	6,81
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,13	Ti <sup>+</sup>	27,0
K <sup>+</sup>	2,24		

### 63. Шкала селективности иминодиацетатной смолы Dowex A-1

(константы ионного обмена  $K_{Ca}^M$ : данные для сульфокатионита Dowex 50-X8 приведены для сравнения)

Ионы	Dowex		Ионы	Dowex	
	A-1	50-X8		A-1	50-X8
Mg <sup>2+</sup>	0,7	0,64	Co <sup>2+</sup>	47	0,73
Ca <sup>2+</sup>	1,0	1,00	Zn <sup>2+</sup>	77	0,67
Sr <sup>2+</sup>	1,0	1,26	Pb <sup>2+</sup>	300	1,92
Ba <sup>2+</sup>	1,2	2,23	Ni <sup>2+</sup>	340	0,76
Mn <sup>2+</sup>	1,8	0,79	UO <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	440	0,48
Fe <sup>2+</sup>	10		Cu <sup>2+</sup>	1 · 10 <sup>4</sup>	0,75
Cd <sup>2+</sup>	30	0,75	Hg <sup>2+</sup>	8 · 10 <sup>4</sup>	

## 64. Шкала селективности фосфорнокислотного ионита Duolite ES-463

(константы ионного обмена  $K_{Ca}^M$ ; данные для сульфокатионита Duolite C 20 приведены для сравнения)

Ионы	Duolite		Ионы	Duolite	
	ES-463	C 20		ES-463	C 20
Na <sup>+</sup>	0,07	0,38	Mn <sup>2+</sup>	17	0,60
Ba <sup>2+</sup>	0,67	2,23	Cd <sup>2+</sup>	65	0,76
Sr <sup>2+</sup>	0,67	1,27	Zn <sup>2+</sup>	123	0,69
Mg <sup>2+</sup>	0,77	0,64	Cu <sup>2+</sup>	300	0,74
Ca <sup>2+</sup>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	H <sup>+</sup>	330	0,26
Ni <sup>2+</sup>	5,7	0,77	Pb <sup>2+</sup>	1670	1,92
Co <sup>2+</sup>	7,7	0,72			

## 65. Шкала селективности сильноосновных анионитов типа I и II

(константы ионного обмена  $K_{Cl}^{An}$ )

(Kunin R., McGarvey F. X., Ind. Eng. Chem., 1949, v. 41, No. 6, p. 1265—1268; Wheaton R. M., Bauman W. C., Ibid., 1951, v. 43, No. 5, p. 1088—1093; Duolite. Ion-exchange manual, Redwood City, Diamond Alkali Co., 1960, p. 19)

Ионы	Тип I			Тип II	
	Duolite A 101 D	Dowex 1-X8	Amberlite IRA-400	Duolite A 102 D	Dowex 2-X8
OH <sup>-</sup>	0,05	0,04	0,34	0,44	0,65
F <sup>-</sup>	0,07	0,09	0,39	0,13	0,13
NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COO <sup>-</sup>		0,10			0,10
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> COO <sup>-</sup>	0,12			0,13	
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	0,15	0,17	0,27	0,22	0,18
HCOO <sup>-</sup>	0,21	0,22	0,61	0,22	0,22
IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,25			0,22	
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>		0,25			0,34
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,27	0,32		0,52	0,53
Cl <sup>-</sup>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1,09	1,2		1,30	1,3
BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,23			1,30	1,0
HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,23	1,3		1,30	1,3
CN <sup>-</sup>	1,27	1,6		1,30	1,3
SCN <sup>-</sup>			2,1		
Br <sup>-</sup>	2,27	2,8	2,3	2,61	2,3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,95	3,8	2,9	3,48	3,3
ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,36			5,22	
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	3,86	4,1		6,52	6,1
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sup>-</sup>	5,00	5,2		11,7	8,7
I <sup>-</sup>	7,95	8,7	3,1	7,4	7,3
Цитрат	10,0			10,0	
Салицилат	20,4	32,2		28,2	28
Бензолсульфонат	23,7			32,6	
Сульфолгнин	36,3			52,2	
Дихлорфенолят					53

## 66. Поглощение органических ионов полистирольными сульфокатионитами в зависимости от размера ионов и степени сшивки смолы

(доля реализации полной обменной емкости поглощения смолы, определяемой по поглощению аммония)

(Hale D. K. et al., J. Chem. Soc., 1953, No. 3, p. 844—851)

Ионы	Мол. масса	Ионный радиус, нм	Поглощение ионов (в %) при степени сшивки смолы			
			X2	X5	X10	X15
$\text{NH}_4^+$	18	0,12	100	100	100	100
$(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$	74	0,23	100	90	69	63
$(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{N}^+$	130	0,35	100	87	63	48
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3^+$	150	0,38	100	94	80	58
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{N}(\text{CH}_3)_3^+$	172		100	100	71	38
$(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2)_2\text{N}(\text{CH}_3)_3^+$	226	0,5	100	94	43	15
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{N}(\text{CH}_3)_3^+$	284	1,0	74	48	10	

## 67. Коэффициенты распределения элементов на катионо- и анионообменных смолах в растворах HCl

(1. Strelow F. W. E., Anal. Chem., 1960, v. 32, No. 9, p. 1185—1188; 2. Berman S. S., McBryde W. A. E., Canad. J. Chem., 1958, v. 36, No. 5, p. 835—844; 3. Bunney L. R. et al., Anal. Chem., 1959, v. 31, No. 3, p. 324—326; 4. Wish L., Ibid., p. 326—330)

Марки смол	Элементы	Коэффициенты распределения ( $K_d$ , мл/г) при концентрации кислоты (н.)						
		0,1	0,5	1	2	4	8	12
Dowex 50W-X8 [1]	Li	33	8,1	3,8	2,5			
	Na	52	12	5,6	3,6			
	K	106	29	14	7,4			
	Rb	120	33	15	8,1			
	Cs	182	44	19	10			
	Be	255	42	13	5,2	2,4		
	Mg	1720	88	21	6,2	3,5		
	Ca	3200	151	42	12	5,0		
	Sr	4700	217	60	18	7,5		
	Ba	>10 <sup>4</sup>	590	127	36	12		
	Al <sup>III</sup>	8200	318	61	13	2,8		
	Ti <sup>IV</sup>	>10 <sup>4</sup>	39	12	3,7	1,7		
	V <sup>IV</sup>		44	7,2				
	V <sup>V</sup>	14	5,0	1,1	0,7	0,3		
	Cr <sup>III</sup>	1130	73	27	7,9	2,7		
Mn <sup>II</sup>	2230	84	20	6,0	2,5			
Fe <sup>II</sup>	1820	66	20	4,1	1,8			
Fe <sup>III</sup>	9000	225	35	5,2	2,0			

Марки смол	Элементы	Коэффициенты распределения ( $K_d$ , мл/г) при концентрации кислоты (н.)						
		0,1	0,5	1	2	4	8	12
Dowex 50W-X8 [1]	Co <sup>II</sup>	1650	72	21	6,7	3,0		
	Ni <sup>II</sup>	1600	70	22	7,2	3,1		
	Cu <sup>II</sup>	1510	65	18	4,3	1,8		
	Zn <sup>II</sup>	1850	64	16	3,7	1,6		
	Ga <sup>III</sup>	>10 <sup>4</sup>	260	43	8	0,4		
	As <sup>III</sup>	1,4	2,2	3,8	2,2			
	Se <sup>IV</sup>	1,1	0,8	0,6	1,0	0,7		
	Y <sup>III</sup>	>10 <sup>5</sup>	1460	145	30	8,6		
	Zr <sup>VI</sup>	>10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	7250	425	15		
	Mo <sup>V</sup>	11	0,3	0,8	0,2	0,3		
	Cd <sup>II</sup>	510	6,5	1,5	1,0			
	Sb <sup>III</sup>				2,8			
	La <sup>III</sup>	>10 <sup>5</sup>	2480	265	48	10		
	Ce <sup>III</sup>	>10 <sup>5</sup>	2460	265	48	10		
	Pt <sup>IV</sup>			1,4				
	Au <sup>III</sup>	0,5	0,4	0,8	1,0	0,2		
	Hg <sup>II</sup>	1,6	0,5	0,3	0,3	0,2		
Bi <sup>III</sup>		<1,0	1,0	1,0	1,0			
Th <sup>IV</sup>	>10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	2049	239	67			
U <sup>VI</sup>	5460	102	19	7,3	3,3			
Amberlite IRA-400 [2]	Ru	180	88	40		12	4	0
	Rh	15	12	10		0	0	0
	Pd <sup>II</sup>	4,5·10 <sup>4</sup>	1,5·10 <sup>4</sup>	4300		300	75	35
	Ir <sup>III</sup>	1050	350	60		2	0	0
	Ir <sup>IV</sup>	19·10 <sup>4</sup>	5,9·10 <sup>4</sup>	3,2·10 <sup>4</sup>		6000	3200	960
	Pt <sup>IV</sup>	4,4·10 <sup>4</sup>	2,7·10 <sup>4</sup>	2,0·10 <sup>4</sup>		2100	780	400
Dowex 2-X8 [3, 4]	Zr <sup>IV</sup>				0,1	0,2	2,5	40
	Nb <sup>V</sup>	0,7	0,2	0,1	0,1	0,6	100	900
	Mo <sup>VI</sup>	700	90	15	15	200	100	85
	Ru	7	65	200	350	230	40	20
	Pa	2	1	1	1	2	150	250
	U <sup>VI</sup>	0,2	1	2	12	200	1000	800
	Np <sup>IV</sup>		0,5	0,5	0,5	1	700	2300
	Pu <sup>IV</sup>		1	0,1	0,2	0,4	2000	7000

### 68. Коэффициенты распределения элементов на катионо- и анионообменных смолах в растворах $\text{HNO}_3$

(1. Strelow F. W. E., Anal. Chem., 1960, v. 32, No. 9, p. 1185—1188;  
2. Bunney L. R. et al., Ibid., 1959, v. 31, No. 3, p. 324—326)

Марки смол	Элементы	Коэффициенты распределения ( $K_d$ , мл/г) при концентрации кислоты (н.)						
		0,1	0,5	1	2	4	8	10
Dowex 50W-X8 [1]	Mg			24				
	Ca			40				
	Sr			50				
	Ba			68				
	$\text{Fe}^{\text{III}}$			83				
	$\text{Cd}^{\text{II}}$			13				
	$\text{Hg}^{\text{II}}$			17				
Dowex 2-X8 [2]	Zr			0,1	0,2	0,3	0,9	0,8
	$\text{Mo}^{\text{VI}}$	500	13	5	2	1,5	0,9	0,7
	Ru	180	120	85	50	20	8	5
	Th			<0,1	0,9	12	130	100
	Pa	3	2,5	2,5	3	8	11	12
	$\text{U}^{\text{VI}}$				0,1	2	6	2

### 69. Коэффициенты распределения элементов на анионообменных смолах в растворах $\text{H}_2\text{SO}_4$

(1. Strelow F. W. E., Bothma C. J. C., Anal. Chem., 1967, v. 39, No. 6, p. 595—599 2. Bunney L. R. et al., Ibid., 1959, v. 31, No 3, p. 324—326)

Марки смол	Элементы	Коэффициенты распределения ( $K_d$ , мл/г) при концентрации кислоты (н.)							
		0,01	0,1	0,5	1	2	4	10	30
Dowex 1-X8 [1]	Li—Cs	<0,5				<0,5		<0,5	
	Be, Mg	<0,5				<0,5		<0,5	
	$\text{Sc}^{\text{III}}$	64	21,5	4,8	2,6	1,5	0,5		
	$\text{Ti}^{\text{IV}}$			<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
	$\text{V}^{\text{IV}}$	3,4	0,9	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
	$\text{V}^{\text{V}}$	1 410	6,5	1,6	0,7	<0,5	<0,5		
	$\text{Cr}^{\text{III}}$	5,1	2,1	0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
	$\text{Cr}^{\text{VI}}$	25 000	12 000	4400	2100	800	302		
	$\text{Mn}^{\text{II}}$	<0,5				<0,5		<0,5	
	$\text{Fe}^{\text{III}}$	54	15,6	3,6	1,4	0,9	<0,5		
	$\text{Co}^{\text{II}}$	<0,5				<0,5		<0,5	
	$\text{Ni}^{\text{II}}$	<0,5				<0,5		<0,5	



Марки смол	Элементы	Коэффициенты распределения ( $K_d$ , мл/г) при концентрации кислоты (н)							
		0,01	0,1	0,5	1	2	4	10	30
Dowex 1-X8 [1]	Cu <sup>II</sup>	<0,5			<0,5		<0,5		
	Zn <sup>II</sup>	<0,5			<0,5		<0,5		
	Ga <sup>III</sup>	1,2	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
	As <sup>III</sup>	2,4	0,9	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
	As <sup>V</sup>	1,3	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
	Se <sup>IV</sup>	8,1	1,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
	Y <sup>III</sup>	1,2	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
	Zr <sup>IV</sup>		1350	211	47,3	11,0	2,9		
	Nb <sup>V</sup>		120	3,4	<0,5	<0,5	<0,5		
	Mo <sup>VI</sup>	60 000	533	484	232	52	4,6		
	Rh <sup>III</sup>	39	12,8	0,9	<0,5	<0,5	<0,5		
	Cd <sup>II</sup>	<0,5			<0,5		<0,5		
	In <sup>III</sup>	7,4	2,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
	La <sup>III</sup>	1,2	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
	Ce, Gd, Yb	1,2	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
	Hf <sup>IV</sup>		4700	57	12,0	3,2	1,2		
	Ta <sup>V</sup>		1860	310	138	50	3,9		
	W <sup>VI</sup>		528	337	222	127	110		
	Ir <sup>III</sup>	625	388	218	160	118	75		
	Ir <sup>IV</sup>	1010	450	220	180	160	170		
Tl <sup>I</sup>	<0,5			<0,5		<0,5			
Bi <sup>III</sup>		17,7	2,1	0,9	0,5	<0,5			
Th <sup>IV</sup>	116	34,6	8,3	3,7	2,0	0,6			
U <sup>VI</sup>	1160	521	91	26,6	9,3	2,9			
Dowex 2-X8 [2]	Zr			100	30	15	6	2	0,5
	Nb		2 000	200	100	50	20	7	2
	Mo <sup>VI</sup>		10 000	1 500	300	100	10	2	2
	Ru		10	4	1,5	1,5	3	5	40
	Th		30	2	0,2	0,1	0,1	0,2	10
	Pa		250	150	70	25	10	4	1
	U <sup>VI</sup>		1 500	200	60	10	1	0,2	

**70. Коэффициенты распределения элементов на анионообменной смоле Dowex 2-X8 в растворах  $H_3PO_4$**

(Freiling E. C. et al., Anal. Chem., 1959, v. 31, No. 3, p. 330—331)

Элементы	Коэффициенты распределения ( $K_d$ , мл/г) при концентрации кислоты (н.)						
	0,1	0,5	1	2	4	8	12
Cs	1,6	0,5					
Sr	7,1	4	3	2	2	1,5	1
Zr <sup>IV</sup>	$1,1 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	2000	200	
Nb <sup>V</sup>	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^4$	6000	1000	100	
Mo <sup>VI</sup>	$5,8 \cdot 10^4$	7000	2000	600	200	50	3
Te <sup>IV</sup>	1,0	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4	
Ce <sup>III</sup>	5,8	3	2	2		<1	
Ce <sup>IV</sup>	4,5	4		<1			
U <sup>VI</sup>	2400	2000	1000	400	100	30	2
Np <sup>IV</sup>			2000	500	100	20	

**71. Коэффициенты распределения элементов на анионообменной смоле Dowex 1-X4 в растворах ЭДТА**

(Nelson F. et al., J. Inorg. Nucl. Chem., 1960, v. 15, No. 1/2, p. 140—150)

Элементы	Коэффициенты распределения ( $K_d$ , мл/г) при pH 0,75 мм раствора ЭДТА						
	2	3	4	5	6	7	8
Be			4	21	35	35	
Ca				5	5	5	5
Sr				1	4,5	4,5	
Ba					3	4	4
Ra					1,5	3	3
Mn		6	10	10			
Co	2,5	13	15	15			

## 72. Разделение веществ различных классов на полистирольных сульфокатионитах

Классы веществ	Элюенты	Последовательность выхода разделяемых веществ
Аминокислоты	Цитратные (Na, Li) буферные растворы (одноколоночный метод, градиентная элюция)	Цистеиновая кислота—фосфосерин—таурин—фосфэтаноламин—(таурин)—мочевина—метионинсульфоксид—аспарагиновая кислота—оксипролин—треонин—серин—аспарагин—гомосерин—глутаминовая кислота—глутамин—саркозин— $\alpha$ -аминоадипиновая кислота—пролин—лантанионин—глицин—аланин—цитруллин— $\alpha$ -амино- <i>n</i> -масляная кислота—цистин—валин—(цистин)—пиперолиновая кислота—метионин—цистатионин—(метионин)—диаминопимелиновая кислота—аллоизолейцин—изолейцин—лейцин—норлейцин—тирозин— $\beta$ -аланин—фенилаланин—( $\beta$ -аланин)— $\alpha$ -аминоизомасляная кислота— $\gamma$ -аминомасляная кислота—этаноламин—аммоний—оксилизин—орнитин—креатинин—лизин—(гистидин)—1-метилгистидин—гистидин—3-метилгистидин—ансерин—триптофан—(этаноламин—лизин—орнитин—аммоний)— $\epsilon$ -амино- <i>n</i> -капроновая кислота—карнозин—аргинин
Сахара	Этанол 85%	Тетраметилглюкоза—рамноза—рибоза—ксилоза—арабиноза—манноза—глюкоза—галактоза—мальтоза—лактоза
Нуклеиновые основания	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 0,002—0,2М, рН = 2,5—5 или ацетатный буферный раствор 0,1М, рН = 5,5	Урацил—гипоксантин—гуанин—цитозин—аденин
Нуклеозиды	$\text{HCOONH}_4$ 0,4М, рН = 4,3—4,5 или $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 0,02М, рН = 5	Уридин—инозин—гуанозин—цитозин—аденозин—цитидин
Витамины	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ 0,05М, рН = 7,0	Пантотеновая кислота ( $\text{B}_3$ )—рибофлавин ( $\text{B}_2$ )—пиридоксин ( $\text{B}_6$ )

### 73. Время удерживания сахаров при разделении методом распределительной хроматографии на полистирольных сульфокатионитах

Колонки 22×0,9 см, смола Векстап М-71 (Li<sup>+</sup>), 90 °С, 70 мл/ч, элюент этанол + вода 89 : 11 (а) или изопропанол + вода 89 : 11 (б)

Сахара	Время удерживания, мин		Сахара	Время удерживания, мин	
	а	б		а	б
Дезоксирибоза	19	26	Манноза	51	81
Рамноза	19,5	28	Глюкоза	51	87
Ликсоза		45	Галактоза	57,5	107
Ксилоза	32,5	49	Мальтоза	74	
Рибоза	37	53	Лактоза	106	
Арабиноза	40	64	Сахароза	120	
Фруктоза	46,5	77	Мелибиоза	164	

### 74. Разделение веществ различных классов на сильноосновных анионитах

Классы веществ	Элюент	Последовательность выхода разделяемых веществ
Ди(три)карбоновые кислоты	Ацетат магния 0,3М, рН = 7,0	Щавелевая — малоновая — винная — яблочная — галактоновая — цитраконовая — малеиновая — итаконовая — цис-аконитовая — пробковая
Ди(три)карбоновые и кетокислоты	НСООН 3М — НСООНН <sub>4</sub> 2М, рН = 2,4	Ацетоуксусная — янтарная — яблочная — пировиноградная — лимонная — α-кетоглутаровая — фумаровая
Низшие ненасыщенные кислоты	НСl 0,1М	Уксусная — пропионовая — акриловая — кротоновая — метакриловая — фумаровая — малеиновая
Сахара	Боратные буферные растворы 0,1—0,5М, рН = 8—10 (градиентная элюция)	2-Дезоксирибоза — сахароза — трегалоза — раффиноза — целлобиоза — мальтоза — лактоза — рамноза — (лактоза) — ликсоза — рибоза — манноза — фукоза — арабиноза — фруктоза — галактоза — ксилоза — сорбоза — глюкоза — гентиобиоза — мелибиоза
Нуклеотиды	КН <sub>2</sub> Р <sub>4</sub> 0,01—1М, рН = 3,3—4,3 (градиентная элюция) или NaCl 0,01—0,2М, рН = 2—3 (градиентная элюция)	НАД <sup>+</sup> — ЦМФ — УМФ — АМФ — ИМФ — ГМФ — УДФ — глюкоза — ЦДФ — УДФ, АДФ — рибоза — НАДФ <sup>+</sup> — АДФ — (ЦТФ) — ГДФ — УДФ — глюкоуроновая кислота — ЦТФ — УТФ — АТФ — ГТФ (изомеры нуклеотидов выходят в последовательности: 5'—2'—3')

Классы веществ	Элюент	Последовательность выхода разделяемых веществ
Нуклеотиды	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ 0,015—0,25M + KCl 0—2,2M (градиентная элюция)	НАД—ЦМФ—УМФ—ТМФ—ИМФ—АМФ—ГМФ—цикл. АМФ—ЦДФ—цикл. ГМФ—УДФ—ТДФ—КМФ—АДФ—НАДН—ГДФ—ЦТФ—УТФ—ТТФ—АТФ—ГТФ
Анальгетики	Боратный буферный раствор pH = 9,2 + $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 0,005—0,05M Трис-HCl 1M, pH = 9,0	Кодеинфосфат—кофеин—ацето- <i>n</i> -аминофенол—фенацетин—аспирин—(бензойная кислота)—салициламид—фенобарбитал Кофеин—аспирин—4-оксиацетанилид—фенацетин—салициламид
Барбитураты	NaCl 0,1—1M (градиентная элюция)	Кетогексобарбитал—оксиамобарбитал—амобарбитал—фенобарбитал—оксифенобарбитал

## 75. Свойства макропористых ионитов

Марки смол	Средний диаметр пор, нм	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Порозность, см <sup>3</sup> /см <sup>3</sup>	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г
<b>Катиониты</b>				
Amberlite 200	28,8	43		0,36
Amberlyst 15	20—60	40—50	0,32	
XN-1005		130	0,42	
XN-1010		570	0,47	
Bio-Rad AG MP-50		35	0,30—0,35	
Bio-Rex 70	70—400		0,10	
Ostion KSP		3		0,225
KY-2-12П		4—6		
<b>Аниониты</b>				
Amberlite IRA-93	139	25	0,48	
IRA-900	64,5	63	0,51	0,21
Amberlyst A21	70—120	25	0,48	
A26	40—70	28	0,27	
A27	40—80	65	0,51	
A29	20—80	45	0,35	
Bio-Rad AG MP-1		20—30	0,20	
Lewatit MP 500 A	40	45—50	0,35—0,40	
Ostion ATP, AWP		3		0,225

### Смолы с непрерывно-гелевой структурой (для сравнения)

Amberlite IR-120		<0,1	0,018	
IRA-400		<0,1	0,004	
Dowex 1-X4	3	<0,1		0,003
50W-X16	1	<0,1		0,010
KY-2-X2				0,004
KY-2-X16				0,001
AB-17, AN-2Ф, ЭДЭ-10П		0,1		

## 76. Набухаемость смол КРС, КРФ и АРА в воде

(для ионитов в Н- или Сl-форме)

Марки смол	Содержание ДВВ, %	Набухаемость, мл/мл	Марки смол	Содержание ДВВ, %	Набухаемость, мл/мл
КРС-2п	2	5,8—6,2	КРФ-8п	8	1,25—1,35
КРС-3п	3	3,1—3,3	КРФ-10п	10	1,15—1,25
КРС-4п	4	2,7—2,9			
КРС-5п	5	2,4—2,6	КРФ-2м	2	2,35—2,45
КРС-6п	6	2,3—2,5	КРФ-3м	3	2,05—2,15
КРС-7,5п	7,5	1,9—2,3	КРФ-5м	5	1,55—1,65
КРС-8п	8	1,75—1,85	КРФ-8м	8	1,35—1,45
КРС-10п	10	1,65—1,75	КРФ-10м	10	1,25—1,35
КРС-2м	2	6,1—6,5	КРФ-3пТ-40	3	2,3—2,5
КРС-3м	3	3,3—3,4	КРФ-5пТ-40	5	1,9—2,1
КРС-5м	5	3,0—3,2	КРФ-10пТ-40	10	1,5—1,7
КРС-8м	8	1,85—1,95			
КРС-10м	10	1,75—1,85	АРА-2п	2	2,3—2,5
			АРА-3п	3	1,75—1,85
КРС-2пТ-40	2	9,3—10,3	АРА-5п	5	1,25—1,35
КРС-3пТ-40	3	5,6—6,0	АРА-8п	8	1,15—1,25
КРС-5пТ-40	5	3,8—4,2	АРА-10п	10	1,15—1,25
КРС-8пТ-40	8	1,9—2,1			
КРС-10пТ-40	10	1,85—1,95	АРА-2м	2	2,5—2,7
			АРА-3м	3	1,9—2,1
КРФ-2п	2	2,2—2,4	АРА-5м	5	1,3—1,5
КРФ-3п	3	1,9—2,1	АРА-8м	8	1,1—1,3
КРФ-5п	5	1,45—1,55	АРА-10м	10	1,1—1,3

## 77. Набухаемость смол Amberlite в воде и органических растворителях

(увеличение объема слоя по сравнению с сухим состоянием)

(Водатер G. W., Kunin R., Ind. Eng. Chem., 1953, v. 45, No. 11, p. 2577—2580)

Марки смол Amberlite	Ионная форма	Набухаемость (в %) в различных растворителях							
		Вода	Этанол	Глицерин	Пиридин	Ацетон	Уксусная кислота	Бензол	Петролейный эфир
IR-120	H <sup>+</sup>	43	38	24		18	8	0	0
	Na <sup>+</sup>	73	0	5		0	0	0	0
XE-100 *	Na <sup>+</sup>	264	0			0		7	7
IR-105 **	H <sup>+</sup>	107	100	120		73	55	0	2
	Na <sup>+</sup>	99	5	5		8	7	5	2
IRC-50	H <sup>+</sup>	48	98			0	0	0	0
	Na <sup>+</sup>	202	0	6		1		3	1

Марки смол Amberlite	Ионная форма	Набухаемость (в %) в различных растворителях							
		Вода	Этанол	Глицерин	Пиридин	Ацетон	Уксусная кислота	Бензол	Петролейный эфир
IRA-400	OH <sup>-</sup>	37	63		20	25		18	5
	Cl <sup>-</sup>	45	63		28	20		11	5
IRA-401	OH <sup>-</sup>	220	140		20	40		7	5
	Cl <sup>-</sup>	200	130		32	23		3	3
IRA-410	OH <sup>-</sup>	25	55			38		50	10
IR-45	OH <sup>-</sup>	31	52		50	40		35	15
	Cl <sup>-</sup>	45	30		25	10		0	0
IR-4B	OH <sup>-</sup>	23	18		3	0		3	3
	Cl <sup>-</sup>	73	5		3	0		3	0

\* Новое обозначение марки IR-118.

\*\* Фенолоформальдегидный сульфокатионит, в настоящее время не производится, сходен со смолой Duolite C-3 и Bio-Rex 40.

## 78. Относительный объем слоя смол Bio-Rad в растворах электролитов

(в % от объема в воде)

Марки смол Bio-Rad	Электролит	Относительный объем слоя смол с различной степенью шивки						
		X1	X2	X4	X8	X10	X12	X16
AG 1	1M NaCl	39	78	90	96	97		
AG 2	1M NaCl			92	97	98		
AG 3	1M NaCl			99				
AG 50W	6M HCl	37	55	65	82	86	90	94

## 79. Эффективное зернение смол Amberlite (в мкм)

Марки смол Amberlite	Номинальное зернение	Эффективное зернение
<b>Катиониты</b>		
200	300—1000	400—500
200 C		450—650
252	300—1100	400—500
DP-1	300—1200	400—550
IR-116	300—1200	500—700
IR-118	300—1200	420—570
IR-120	300—1200	450—600

Марки смол Amberlite	Номинальное зернение	Эффективное зернение
IR-120 Plus	300—1200	470—620
IR-122	300—1200	450—600
IR-124	300—1200	420—570
IRC-50	300—1200	330—500
IRC-72	300—1200	400—550
IRC-84	300—1200	380—460
IRN-77, IRN-163, IRN-169, IRN-218	300—1200	450—600
Stratabed 84		390
Stratabed 122		590
XE-318		400—600
<b>Аниониты</b>		
IR-4B	300—1200	350—450
IR-45	300—1200	360—460
IRA-47, IRA-47S	300—1200	350—450
IRA-49	300—1200	380—430
IRA-68	300—1200	350—450
IRA-93, IRA-94	300—1200	400—500
IRA-400	300—1200	380—450
IRA-400C		450—650
IRA-401, IRA-401S	300—1200	400—500
IRA-402	300—1500	390—460
IRA-405	300—1200	350—420
IRA-410	300—1200	370—440
IRA-425, IRA-430	840—1400	900—1150
IRA-458		400—510
IRA-900	300—1200	430—520
IRA-900C		450—550
IRA-904	300—1000	400—500
IRA-910	300—1000	400—500
IRA-911	300—1000	410—480
IRN-78	300—1200	350—450
XE-236	300—1200	350—450
XE-243		400—600
XE-268		400—500
Stratabed 93		480
Stratabed 402		510

Пр и м е ч а н и е. Эффективное зернение определяется для 90% материала.

## 80. Эффективное зернение смол Dowex

Марки смол Dowex	Фактическое зернение гидратированных смол (в мкм) для различных сортов *			
	20—50 меш	50—100 меш	100—200 меш	200—400 меш
1-X1		270—530		
1-X2		230—460	100—270	70—130
1-X4	300—840	200—400	90—230	60—110
1-X8	300—840	200—400	90—230	50—100



Марки смол Dowex	Фактическое зернение гидратированных смол (в мкм) для различных сортов *			
	20—50 меш	50—100 меш	100—200 меш	200—400 меш
2-X4	300—840			
2-X8	300—840	200—400		
50W-X2		300—600	90—200	50—160
50W-X4	300—840	230—460	130—270	70—160
50W-X8	300—840	230—450	110—270	70—130
50W-X10	300—840			
50W-X12	300—840	200—400	90—230	60—110
MP-1, MP-50	300—840	150—300	75—150	40—75

\* Обозначения сортов в мешах даны по рассеву сухих смол.

### 81. Эффективное зернение смол Bio-Rad

Марки смол	Фактическое зернение гидратированных смол (в мкм) для различных сортов *				
	20—50 меш	50—100 меш	100—200 меш	200—400 меш	—400 меш
AG 1-X1		250—840			
X2		250—840	100—250	75—180	45—75
X4	300—840	180—420	100—250	60—150	45—60
X8	300—840	180—420	100—180	45—100	<60
X10		180—420	100—250	45—100	<60
AG 2-X4	300—840				
X8	300—840	180—420	100—250	45—100	
X10		180—420	100—250	45—100	
AG 3-X4A	420—1200		100—250	45—100	
AG 21K	300—840	150—300			
AG 50W-X1		300—840			
X2		300—840	150—300	75—180	
X4	300—840	180—420	100—250	75—150	40—75
X8	300—840	180—420	100—250	60—150	40—60
X10	300—1200				
X12	300—1200	180—420	100—250	50—100	40—60
X16				50—100	
AG 501-X8	300—840				
AG MP-1, -50	300—840	150—300	75—150	40—75	
Bio-Rex 5, 9, 40, 63	300—1200	150—300	75—150	40—75	
Bio-Rex 70	300—1200	150—300	75—150	40—75	< 45
Bio-Rex RG 501-X8	300—840				
Chelex 100		300—840	150—300	75—150	45—75

\* Обозначения сортов в мешах даны по рассеву сухих смол до их сульфирования или аминирования (фактическое зернение — для 95% материала конечного продукта).

## 82. Фракционирование смол Bio-Rad (Dowex) седиментационным методом

Зернение		Скорость оседания в воде, см/мин	
меш (ASTM)	мкм	Катионит 50W-X8	Анионит 1-X8
16	1190	1085	673
20	840	552	336
40	420	135	84
50	297	68	42
80	177	24	15
100	149	17	10
140	105	8,5	5,2
200	74	4,2	2,6
270	53	2,2	1,3
325	44	1,5	0,9
400	37	1,1	0,6
	30	0,7	0,4
	20	0,3	0,2

## 83. Максимальное содержание примесей в товарных ионитах

Марки смол	Сорт	Содержание примесей, млн <sup>-1</sup>						Зольность, %
		Fe	Al	Ni	Cu	Zn	Pb	
Dowex		30	800	15	20		20	4,0
Bio-Rex RG	ЯМ	50			10		1	
Bio-Rad AG								
(кат.)	АС	1	15	0,05	0,8		0,2	0,05
(ан.)	АС	0,5	5	0,05	0,2		0,005	0,06
Amberlite CG	ХС	200		100	100		25	
IRN	ЯМ	200			100		100	
IR	АС	50		25	25		25	
Ионас CG	ХС	500			50		10	
N	ЯМ	50		25	25		25	
ANG	АС	50			25		25	
Duolite NG	ЯМ	200	100		100		100	
Lewatit GR								
(кат.)	ХС	10		2	2	5	2	
(ан.)	ХС	10		2	5	5	2	
KPC	АС	2	0,1	1	0,6		2	0,06
KPФ	АС	8	40	1	0,2		2	
KPФ-ПТ-40	АС	0,1	50	1	0,2		2	
APA	АС	0,1	1	0,01	0,2		0,1	0,06

## V. ДРУГИЕ ИОНООБМЕННИКИ

84. Ионообменные целлюлозы для КЖХ . . . . .	159
----------------------------------------------	-----

### КАТИОНООБМЕННЫЕ АНИОНЫ

#### АНИОНООБМЕННЫЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

85. Ионообменные целлюлозы для ТСХ . . . . .	166
86. Ионообменные сефадексы и агарозные гели . . . . .	167
87. Ионообменные полиакриламидные и полиакрилоилморфолиновые гели . . . . .	169
88. Сульфоугли . . . . .	170
89. Цеолиты-ионообменники . . . . .	170
90. Неорганические фосфатные и циркониевые иониты . . . . .	170
91. Жидкие иониты . . . . .	170
92. Шкала селективности <i>Ecteola</i> -целлюлозы . . . . .	174
93. Емкость поглощения белков ионообменными целлюлозами <i>Whatman</i> . . . . .	175
94. Удельный объем набивки ионообменных целлюлоз <i>Whatman</i> . . . . .	176
95. Удельный объем набивки ионообменных сефадексов . . . . .	176
96. Скорость фильтрации в колонках с ионообменными целлюлозами, сефадексами и агарозами . . . . .	177

### 84. Ионообменные целлюлозы для КЖХ

Эфиры целлюлозы, получаемые в результате химического модифицирования целлюлозных порошков, широко используют в современной биохимии. Вследствие относительно низкой плотности ионогенных групп вероятность денатурирования сложных биохимических соединений при их поглощении на целлюлозах значительно ниже, чем при поглощении на ионообменных смолах. Десорбция поглощенных молекул происходит также в очень мягких условиях. Другим важным обстоятельством является проницаемость целлюлозы для весьма крупных молекул.

Ионообменные целлюлозы сильно набухают в воде, но слой в колонках гораздо меньше подвержен колебаниям в зависимости от ионной силы и рН растворов, чем у ионообменных гелей (см. разд. 94 и 95).

Производные целлюлозы немного уступают исходному материалу по химической стабильности, особенно по устойчивости в растворах щелочей и окислителей. Наименее устойчивы сильнокислотные и сильноосновные иониты. При длительном хранении с нейтральными растворами в результате деструкции целлюлозы в жидкой фазе могут появиться полисахариды в небольшой концентрации ( $\approx 0,003\%$ ). Микробиологическая устойчивость целлюлозо-ионитов обычно немного выше, чем исходной целлюлозы, но при длительных перерывах в колонки все-таки нужно вводить антисептики.

Для хроматографии на целлюлозоэ-катионитах рекомендуется использовать анионные буферные растворы (фосфатные, ацетатные, цитратные, глициновые) с рН приблизительно на единицу ниже ИЭТ поглощаемого вещества, а на целлюлозах-анионитах — катионные буферные растворы (трис-НСI, пиперазин-НСI, этилендиаминовые, пиридиновые, имидазолые) с рН на единицу выше ИЭТ

поглощаемого вещества. Регенерацию выполняют разбавленными, 0,1—0,5 н., растворами кислоты (в случае катионита) или щелочи (в случае анионита).

Широкое применение ионообменных целлюлоз началось с середины 1950-х г. Промышленный выпуск целлюлозных ионитов впервые освоен в 1956 г. фирмой Serva [ФРГ].

Ниже даны краткая характеристика и области применения отдельных ионообменных целлюлоз.

## КАТИОНООБМЕННЫЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

**SE (с у л ь ф о э т и л) - ц е л л ю л о з а.** Активные группы — $\text{OC}_2\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$ , сильнокислотные ( $\text{pK} \approx 2$ ). Оптимальная область  $\text{pH} \approx 3,5$ . Применяется для очистки и хроматографии главным образом низкомолекулярных и неорганических веществ.

**P (ф о с ф о) - ц е л л ю л о з а.** Активные группы — $\text{OPO}(\text{OH})_2$ , бифункциональные: сильно- и слабокислотные ( $\text{pK}_1 = 1-3$ ,  $\text{pK}_2 = 6-7$ ). Из-за гидролиза эфирных связей при промывании растворами щелочей с концентрацией выше 0,2—0,5 н. активность ионита снижается. Применяют для разделения низкомолекулярных веществ — основных пептидов и белков, фосфатов сахаров, нуклеотидов, гормонов, неорганических веществ.

**СМ (к а р б о к с и м е т и л) - ц е л л ю л о з а.** Активные группы — $\text{OCH}_2\text{COOH}$ , слабокислотные ( $\text{pK} = 3,5-4$ ). Рабочая область  $\text{pH} > 4-5$ , оптимальное значение  $\text{pH} \approx 6$ . Применяют для разделения нейтральных и основных белков (альбуминов, гемоглобинов, ферментов), основных аминокислот и пептидов, нуклеиновых кислот, липидов, гормонов, а также клеток и их фрагментов. Используют также для распределительной хроматографии в полярных растворителях.

## АНИОНООБМЕННЫЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

**DEAE (д и э т и л а м и н о э т и л) - ц е л л ю л о з а.** Активные группы — $\text{OC}_2\text{H}_4\text{N}^+\text{H}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ , среднеосновные ( $\text{pK} = 8-11$ , в среднем 9,5). Содержит также небольшое число групп — $\text{OC}_2\text{H}_4\text{N}^+(\text{C}_2\text{H}_5)_2 - \text{C}_2\text{H}_4\text{N}^+\text{H}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$  с  $\text{pK} = 5,7$ . Оптимальная область  $\text{pH}$  около 8—9. Наиболее популярный из целлюлоз-ионитов. Применяют для разделения кислот, нейтральных и основных белков, пептидов, аминокислот, гормонов, нуклеотидов, РНК, полярных липидов и др.

**TEAE (т р и э т и л а м и н о э т и л) - ц е л л ю л о з а.** Продукт реакции DEAE-целлюлозы с этилбромидом. Содержит сильноосновных четвертичных аммониевых групп — $\text{OC}_2\text{H}_4\text{N}^+(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ , по-видимому, небольшое. По основности мало отличается от DEAE-целлюлозы ( $\text{pK} = 8,5-10,5$ ). Применение также аналогично DEAE-целлюлозе, но в некоторых случаях (например, при хроматографии кислых белков и фосфатидов, аминокислот) на TEAE-целлюлозе достигается более четкое разделение.

**QEAЕ (д и э т и л - 2 - о к с и п р о п и л а м и н о э т и л) - ц е л л ю л о з а.** Активные группы — $\text{OC}_2\text{H}_4\text{N}^+(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ , сильноосновные. Рабочий диапазон  $\text{pH}$  от 2 до 12. Обладает слабилофильными свойствами. Применяют для разделения белков, нуклеотидов и других веществ, особенно слабокислых.

**BD (б е н з о и л - D E A E) - ц е л л ю л о з а.** Продукт полного замещения гидроксильных групп DEAE-целлюлозы на бензоил-группы — $\text{OCOC}_6\text{H}_5$ , благодаря чему возрастает роль неионного взаимодействия сорбента с полинуклеотидами. Применяют для разделения РНК, особенно т-РНК (Gillam I. et al., Biochemistry, 1967, v. 6, No. 10, p. 3043—3056; Gillam I. C., Tener G. M., Methods in enzymol., 1971, v. 20, p. 55—70; Kothari R. M., Taylor M. W., J. Chromatog., 1972, v. 73, No. 2, p. 479—501).

**ВND (б е н з о и л н а ф т о и л - D E A E) - ц е л л ю л о з а.** Продукт за-

мещения гидроксильных групп DEAE-целлюлозы на бензоил ( $\approx 91\%$ ) и нафтоил  $-\text{OCOC}_6\text{H}_5$  ( $\approx 9\%$ ). Применение то же, что у ВД-целлюлозы.

**Г Е** (г у а н и д о э т и л) - ц е л л ю л о з а. Активные группы  $-\text{OC}_2\text{H}_4\text{NHC}(=\text{NH})\text{N}^+\text{H}_3$ ; сильноосновные ( $\text{pK} = 10-12$ ). Применяют для разделения белков глобулинового типа и низкомолекулярных веществ.

**А Е** (а м и н о э т и л) - ц е л л ю л о з а. Активные группы  $-\text{OC}_2\text{H}_4\text{NH}_2$ , среднеосновные ( $\text{pK} = 8-9,5$ ). Рабочая область  $\text{pH}$  ниже 9, оптимальное значение  $\text{pH} \approx 4$ . Применение то же, что у DEAE-целлюлозы.

**Е** (Е с т о л а) - ц е л л ю л о з а. Продукт реакции целлюлозы с эпихлоргидрином и триэтанолламином. Активные группы—смешанные амины, средне- и слабоосновные ( $\text{pK} = 6-7,5$ ). При поглощении крупных ионов проявляет молекулярно-ситовые свойства. Кинетика поглощения крупных ионов также сильно замедлена из-за поперечной сшитости Е-целлюлозы. Применяют для разделения нуклеиновых кислот, нуклеотидов, нуклеопротеидов, вирусов, белков, а также пептидов, аминокислот, полисахаридов и др.

**Р Е I** (п о л и э т и л е н и м и н) - ц е л л ю л о з а. Образуется в результате практически необратимой адсорбции высокомолекулярного растворимого полиэтиленимина на простой или слабо фосфорилированной целлюлозе. Активные группы  $[-\text{C}_2\text{H}_4-\text{NH}-]_n$  и  $-\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_2$ , среднеосновные. Применяют для селективного поглощения полианионов—олигонуклеотидов, нуклеозидов, нуклеиновых оснований, фосфатов сахаров.

**Р А В** (п - а м и н о б е з и л) - ц е л л ю л о з а. Активные группы  $-\text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$ , слабоосновные ( $\text{pK} = 3-4$ ). При хранении неустойчива. Применяют для разделения высокомолекулярных нуклеиновых кислот (см. также разд. 119).

Лит.: Рыбáк М., Брада З., Хаис I. М., Saulenchromatographie an Cellulose-Ionenaustauschern, Jena, Fisher, 1966, 531 S., Peterson E. A., Cellulosic ion exchangers, Amsterdam, North-Holland Publ. Co., 1970, p. 223—400; Whatman advanced ion-exchange celluloses. Guide to literature, Maidston, Balston Ltd., 1971, 72 p.; Serva cellulose ion exchangers, Heidelberg, Serva, 1972, 30 p.

№ п/п	Марки ионов и фирма-изготовитель	Активные группы	Ионная форма	Тип порошка	Полная обменная емкость, мг-экв/г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Средний размер влажных частиц, мкм
	Servacel [Serva, ФРГ]						
1	SE 23	SE		г	0,2—0,3	5,5	50—200
2	P 23	P		г	0,8—0,9	4,5	50—200
3	P-FIF	P		г	0,8—0,9	4,5	50—200
4	CM 23	CM		г	0,5—0,7	9,5	50—200
5	CM 32 (CM-NeoCell) <sup>+</sup>	CM		д	1,0	5	100—200
6	CM 52	CM		е	1,0	5	100—200
7	DEAE 23 SN	DEAE		г	0,4—0,55	8,5	50—200
8	DEAE 23 SS	DEAE		г	0,55—0,75	7,5	50—200
9	DEAE 23 SH	DEAE		г	0,75—0,90	6,5	50—200
10	DEAE 32 (DEAE Neo Cell) <sup>+</sup>	DEAE		д	0,9—1,0	5,5	100—200
11	DEAE 52	DEAE		е	1,0	5,5	100—200
12	DEAE SN	DEAE			0,40—0,55	7,5	50—200
13	DEAE SL	DEAE			0,12		

№ п/п	Марки ионитов и фирм-изготовитель	Активные группы	Ионная форма	Тип порошка	Полная обменная емкость, мг-экв, г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Средний размер влажных частиц, мкм
14	DEAE GS	DEAE		а	0,3--0,55	7,5	1000--5000
15	TEAE 23	TEAE		г	0,55--0,75	6	50--200
16	BD	BD		б	0,75--0,85	36	50--300
17	BND	BND		б	0,75--0,85	19,5	50--300
18	ECTEO LA 23	Е		г	0,3--0,4	7,5	50--200
19	PEI	PEI		г	0,1	7	50--100
20	PAB 23	PAB		г	0,15--0,20	9	50--200
Cellulosepulver							
MN [MN, ФРГ]							
21	MN 2100 P	P			0,7		20--75
22	MN 2100 CM	CM			0,7		20--75
23	MN 2100 DEAE	DEAE			0,7		20--75
24	MN 2100 ECTEO LA	Е			0,35		20--75
25	MN 2100 PEI	PEI			0,7		20--75
Merck Cellulose-Ionenaustauscher							
[Merck, ФРГ]							
26	CM (Nr. 2281)	CM	H		0,7	7	20--200
27	DEAE (Nr. 3201)	DEAE	OH		0,7	8	20--200
28	ECTEO LA (Nr. 3198)	Е	OH		0,35		20--200
29	PEI (Nr. 2337)	PEI					20--100
30	DEAE benzoylated (Nr. 3203)	BD					
Selecta [S & S, ФРГ]							
31	133	P	H		0,8--1,0		50--200
32	132	CM	H		1,0		50--200
33	132 gr	CM	H		1,0		100--400
34	130	DEAE			0,5--0,9		50--200
35	130 gr	DEAE			0,5--0,9		100--400
36	134	TEAE	Br		0,5--0,7		50--200
37	131	Е			0,3--0,5		50--200
38	131 gr	Е			0,3--0,5		100--400
Whatman [W, Англия]							
39	P 1 (P 70)+	P	NH <sub>4</sub>	а	7,4 [3,8]		≈ 1000
40	P 11 (P 70)+	P	NH <sub>4</sub>	б	7,4 [3,8]		50--250
41	CM 1 (CM 70)+	CM	Na + H	а	0,6		≈ 1000
42	CM 11 (CM 70)+	CM	Na + H	б	0,6		50--250
43	CM 22	CM	Na	в	0,54--0,66	7	15--300
44	CM 23	CM	Na	г	0,54--0,66	7	50--400
45	CM 32	CM	Na	д	0,9--1,1	5	
46	CM 52	CM	Na	е	0,9--1,1	5	

№ п. п.	Марки ионитов и фирма-изготовитель	Активные группы	Ионная форма	Тип порошка	Полная обменная емкость, мг-экв/г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Средний размер влажных частиц, мкм
47	DE 1 (DE 50) <sup>+</sup>	DEAE	OH	а	1,0		≈ 1000
48	DE 11 (DE 53) <sup>+</sup>	DEAE	OH	б	1,0		50—250
49	DE 22	DEAE	OH	в	0,9—1,1	7	15—300
50	DE 23	DEAE	OH	г	0,9—1,1	7	50—400
51	DE 32	DEAE	OH	д	0,9—1,1	5	
52	DE 52	DEAE	OH	е	0,9—1,1	5	
53	ET 11 (ET 30) <sup>+</sup>	E	OH	б	0,5		50—250
54	Vistec [KLL, Англия] Selectacel [Brown, США]; Mannex [S/M, США]	CM; DEAE		См. прим.			
55	P, Type 20	P			0,7		
56	P, Type 40	P			0,7		
57	P, Regular Low Cap.	P			0,6—0,8		
58	P, Regular Stand. Cap.	P			0,8—1,0		
59	P, Regular High Cap.	P			1,0—1,2		
60	CM, Type 20	CM			0,7		
61	CM, Type 40	CM			0,7		
62	CM, Regular Low Cap.	CM			0,4—0,6		
63	CM, Regular Stand. Cap.	CM			0,6—0,8		
64	CM, Regular High Cap.	CM			0,8—1,0		
65	DEAE, Type 20	DEAE			0,7		
66	DEAE, Type 40	DEAE			0,7		
67	DEAE, Regular Low Cap.	DEAE			0,4—0,6		
68	DEAE, Regular Stand. Cap.	DEAE			0,8—1,0		
69	DEAE, Regular High Cap.	DEAE			1,0—1,2		
70	Ecteola, Type 20	E			0,7		
71	Ecteola, Type 40	E			0,7		
72	Ecteola, Regular Low Cap.	E			0,1—0,3		
73	Ecteola, Regular Stand. Cap.	E			0,2—0,4		
74	Ecteola, Regular High Cap.	E			0,4—0,6		
75	Cellulose-BD [S/M, США]	BD					300—800
76		BD					150—300

№ п/п	Марки ионитов и Фирма-изготовитель	Активные группы	Ионная форма	Тип порошка	Полная обменная емкость, мг-экв/г	Удельный объем в колотке, см <sup>3</sup> /г	Средний размер влажных частиц, мкм
77	Celluloses [Sup, CIIA]						
78	DEAE TEAE	DEAE TEAE	CH <sub>3</sub> COO CH <sub>3</sub> COO				
	Cellux [BRL, CIIA]						
79	P	P	H		0,75—0,95	4,5	20—300
80	CM	CM	H		0,6—0,8	7	20—300
81	D (Low Cap.)	DEAE	OH		0,3—0,5	8	20—300
82	D (Stand. Cap.)	DEAE	OH		0,6—0,8	6,25	20—300
83	D (High Cap.)	DEAE	OH		0,85—0,95 [0,3—0,5]	7,8	20—300
84	T	TEAE	Br		0,4—0,6	6	20—300
85	QAE	QEAE	Br		0,7—0,9	8	20—300
86	BD	BD	OH		0,30—0,46	16	75—150
87	E	E	OH		0,25—0,35	3,5	20—300
	«Baker Analyzed» Cellulose [Baker, CIIA]						
88	CM	CM			0,7		
89	DEAE	DEAE			0,7		
	Cellu Ion [NBCo, CIIA]						
90	SE	SE					
91	Phosphate	P					
92	CM	CM					
93	DEAE	DEAE					
94	TEAE	TEAE					
95	QAE	QEAE					
96	ECTEOLA	E					
97	AE	AE					
98	PEI	PEI					
	Celluloses [ASL, CIIA]						
99	CM	CM	Na		0,6—0,8		
100	DEAE	DEAE	Cl		0,8—1,0		
101	TEAE	TEAE	Br		0,8—1,0		
102	Ionex [Regis, CIIA]						
103	Celusorb [GB, CIIA]						
	Cellulóz [Rean, BHP]						
104	SE-C powder	SE	H				25—80
105	P-C powder	P	H		0,6—0,8	5,0	25—80
106	P-C beads	P	H		0,5—0,6		



№ п/п	Марки ионитов и фирма изготовитель	Активные группы	Ионная форма	Тип порошка	Полная обменная емкость, мг-экв./г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Средний размер влажных частиц, мкм
107	CM-C powder	CM	H		0,6—0,8	7,0	25—80
108	CM-C beads	CM	H		0,5—0,6		100—250
109	DEAE-C powder	DEAE	OH		0,6—0,8	9,0	25—80
110	DEAE-C beads	DEAE	OH		0,5—0,6		30—100
111		DEAE	OH		0,5—0,6		100—250
112	ECTEOAL-C powder	E	OH		0,25—0,45	6,0	25—80
113	AE-C powder	AE					25—80
114	PAB-C powder	PAB					25—80
115	Карбоксиметилцеллюлоза [СССР] волокнистая	CM	H	а	≥0,4	≥17	
116	«сшита»	CM	H	в	≥0,5	≥15	

**Примечания.** Типы порошков: а (floc) — грубоволокнистая целлюлоза. Рекомендуется для использования в статических условиях, но не для КЖХ; б (powder) — порошок для КЖХ; в (new fibrous; cross-linked fibers) — волокнистая целлюлоза, модифицированная посредством поперечного сшивания с помощью диэпоксидов. Химически более однородна, благодаря чему обладает повышенной емкостью поглощения полиэлектролитов и улучшенными кинетическими свойствами; г (new fibrous — fines reduced) — то же, со значительно сниженным содержанием очень тонких частиц, благодаря чему обеспечивается более высокая скорость фильтрации; д (microgranular; neocell) — поперечносшитый микрозернистый порошок. Обладает лучшими кинетическими свойствами и повышенной разделительной способностью; е (microgranular—preswollen) — то же, в набухшем состоянии. 1—20. Производится на основе древесной целлюлозы. Степень очистки (кроме марок № 16 и 17) — аналитическая («р. А.»); целлюлозы промыты растворами соды и кислоты, метанолом и водой. Плотность 0,1—0,2 г/см<sup>3</sup>. 3. Целлюлоза не содержит ионов железа. 5, 6, 10, 11. Микрозернистые сорта, выпускаются с 1964 г. Отличаются более крупным размером частиц и улучшенными фильтрационными свойствами. Целлюлозы № 6 и 11 поставляются в виде 30%-ной суспензии в 50%-ном метаноле. 14. Для использования в статических условиях. 39—53. Приготавливают на основе хлопковой целлюлозы (см. разд. 93, 94, 96). 54. В отличие от других ионообменных целлюлоз, приготовленных на основе естественного волокна или его фрагментов, данные порошки приготавливают посредством растворения и повторного поперечного связывания гелей целлюлозы. 60—64. Производятся на основе хлопковой целлюлозы Whatman. 65—74. Производятся на основе очищенной древесной целлюлозы Solka-Floc. 77, 78. Целлюлозы Selectacel для хроматографии полярных липидов (Rouser G. et al., J. Am. Oil Chem. Soc., 1963, v. 40, No. 9, p. 425—454). 79—87. Производятся на основе хлопковой и древесной целлюлозы. Степень очистки аналитическая: порошки промыты растворами кислоты и щелочи и органическими растворителями. Удельный объем слоя в колонке 3—12 см<sup>3</sup>/г. Скорость фильтрации на колонке 1 × 10 см при гидростатическом давлении 50 см вод. ст. — не ниже 0,3 мл/мин. Целлюлоза № 86 поставляется вместе со спирто-солевым раствором. 90—98. Высокоочищенные целлюлозы. Иониты № 91 и 92 приготавливают на основе хлопковой целлюлозы Whatman. 102, 103. Данных об ассортименте целлюлоз этих фирм не имеется. 106, 108, 110. Бисерные сорта, с улучшенными фильтрационными свойствами. 115, 116. Влажность до 10%. Целлюлоза № 116 «сшита» посредством обработки формальдегидом.

## 85. Ионообменные целлюлозы для ТСХ (см. также разд. 84, 130 и 139).

Для приготовления пластин для ТСХ к ионообменной целлюлозе добавляюг связующее — гипс или порошок микрокристаллической целлюлозы (1 : 4 по массе). Активировать слой, если это нужно, рекомендуют при 50 °С, в течение 40 мин.

Лит.: Кибардин С. А., Лазуркина В. Б., Усп. химии, 1969, г. 38, № 12, с. 2279—2292.

№ п.п.	Марки ионитов и фирма-изготовитель	Активные группы	Полная обменная емкость, мг-экв/г	Добавки	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Средний размер вложенных частиц, мкм
1	Servacel [Serva, ФРГ] CM TLC	CM	0,2	Нет	9,5	<< 28
2	DEAE TLC	DEAE	0,2	»	3	<< 28
3	ECTEOALA TLC	E	0,2	»	5,7	<< 28
4	PEI TLC	PEI		»	4	<< 28
	Cellulosepulver MN [MN, ФРГ]					
5	MN 300 P	P	0,7	Нет		5—25
6	MN 300 G/P	P	0,7	Гипс		5—25
7	MN 300 CM	CM	0,5	Нет		5—25
8	MN 300 G/CM	CM	0,5	Гипс		5—25
9	MN 300 DEAE	DEAE	0,5	Нет		5—25
10	MN 300 G/DFAE	DEAE	0,5	Гипс		5—25
11	MN 300 ECTEOALA	E	0,35	Нет		5—25
12	MN 300 G/ECTEOALA	E	0,35	Гипс		5—25
13	MN 300 PEI	PEI	0,5	Нет		5—25
14	MN 300 G/PEI	PEI	0,5	Гипс		5—25
	Merck Cellulose-Ionen-austauscher [Merck, ФРГ]					
15	CM (Nr. 2280)	CM	0,7	Нет		
16	DEAE (Nr. 3200)	DEAE	0,7	»		
17	ECTEOALA (Nr. 3197)	E	0,35	»		
18	PEI (Nr. 2336)	PEI		»		< 40
	Whatman [W, Англия]					
19	P 41	P	7,4 [3,8]	»		10—30
20	CM 41	CM	0,6	»		10—50
21	DE 41	DEAE	0,9—1,1	»		10—50
22	ET 41	E	0,5	»		10—50
	Selectacel [Brown, США]; Mannex [S/M, США]					
23	(TLC) P	P		»		
24	(TLC) CM	CM		»		
25	(TLC) DEAE	DEAE		»		
26	(TLC) ECTEOALA	E		»		

№ п/п	Марки ионитов и фирма-изготовитель	Активные группы	Полная обменная емкость, мг-экв/г	Добавки	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Средний размер влажных частиц, мкм
27	Cellex for TLC [BRL, США]					
28	P	P	0,75—0,95	Нет		
29	CM	CM	0,6—0,8	»		
30	D	DEAE	0,85—0,95	»		
31	E	E	0,25—0,35	»		
31	PEI	PEI	0,1—0,3	»		
	«Baker TLC» Cellulose [Baker, США]					
32	CM	CM	0,7	»		< 40 (≥ 95%)
33	DEAE	DEAE	0,7	»		< 40 (≥ 85%)
34	ECTEOLA	E	0,35	»		< 40 (≥ 95%)
35	PEI	PEI	1,0	»		< 40 (≥ 90%)
	Cellu Ion [NBCo, США]					
36	CM (TLC)	CM		»		
37	DEAE (TLC)	DEAE		»		
38	QAE	QAE		»		
39	ECTEOLA (TLC)	E		»		
40	PEI	PEI		»		
	Celluloses [ASL, США]					
41	DEAE	DEAE		»		
42	ECTEOLA	E		»		
	Cellulóz [Rean, BHP]					
43	SE-C	SE		»		5—40
44	P-C	P	0,6—0,8	»		5—40
45	CM-C	CM	0,6—0,8	»		5—40
46	DEAE-C	DEAE	0,7	»		5—40
47	ECTEOLA-C	E	0,25—0,45	»		5—40

Примечание. 4. Сорбент не содержит фосфатных групп и проверен на пригодность для ТСХ моно- и олигонуклеотидов. 19—21. Ионная форма: NH<sub>4</sub> (№ 19), Na + H (№ 20), OH (№ 21).

## 86. Ионообменные сефадексы и агарозные гели

Иониты на основе сефадексов G-25 и G-50 (см. разд. 28) и химически-сшитых агарозных гелей (см. разд. 30) по кислотно-основным свойствам аналогичны соответствующим производным целлюлозы, которые описаны в разд. 84. В отличие от ионообменных целлюлоз, ионообменные декстрановые и агарозные гели обладают высокой емкостью обменного поглощения. Неспецифическая необменная поглощательная способность у них невелика.

Ионообменные свойства декстрановых гелей (№ 1—15) проявляются в сочетании с молекулярно-ситовым действием. В связи с этим для хроматографии пептидов и белков небольшого размера (мол. масса до 10 000—30 000) рекомендуется использовать сефадексы марок «-25», а сефадексы марок «-50» — для хро-

матографии белков среднего размера (мол. масса 30 000—200 000). При разделении более крупных белков (мол. масса выше 200 000) целесообразнее использовать сефадексы марок «-25» ввиду их большей механической прочности и лучших фильтрационных свойств. Агарозные гели (№ 16—19) хорошо проницаемы и для макромолекул.

К недостаткам ионообменных сефадексов относится сильная зависимость высоты слоя в колонке от pH, ионной силы и состава растворов (разд. 95). Агарозные ионообменные гели, полученные с использованием химической сшивки, мало изменяют свой объем в зависимости от этих факторов (приблизительно на 2% при изменении pH от 10 до 4).

Принципы подбора буферных растворов для хроматографин на ионитах-гелях те же, что и в случае ионообменных целлюлоз (см. разд. 84). Регенерацию выполняют 0,1—0,5 н. растворами HCl или NaOH или 0,5—1 н. растворами солей.

По химической устойчивости ионообменные сефадексы почти не отличаются от неионных сефадексов (см. разд. 28). Агарозные иониты устойчивы в области pH от 3 до 10, выдерживают присутствие карбамида до концентрации 8 M, а также стерилизацию в автоклаве (до 110—120 °C при pH = 7,0). Рабочая термостойкость до 70 °C. В качестве антисептиков рекомендуется применять 0,02% NaNO<sub>3</sub> при работе с катионитом и хлоретон (1,1,1-трихлор-*трет*-бутанол) — при работе с анионитом.

Катиониты SE и CM и аниониты DEAE и QAE применяют так же, как и соответствующие производные целлюлозы (см. разд. 84). Сульфопропил (SP)-сефадекс (активные группы —OCS<sub>2</sub>H<sub>6</sub>SO<sub>3</sub>H) по свойствам и применению близок к SE-сефадексу. BD-сефадекс (липофильное производное) применяют для хроматографии т-РНК и синтетических олигонуклеотидов в водных и спиртовых растворах (Michniewicz J. J. et al., Biochim. Biophys. Acta, 1970, v. 224, No. 2, p. 626—627).

№ п/п	Марки гелей и фирм-изготовитель	Активные группы	Ионная форма	Полная обменная емкость (по малым ионам), мг-экв/г	Емкость поглощения гелоглобина (мол. масса 67 000), г/г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Зерниность, мкм
1	Sephadex [Ph, Швеция]						
2	CM-Sephadex						
1	C-25	CM	Na	4—5	0,4	6—10	40—120 10—40
2	C-50	CM	Na	4—5	9	32—40	
3	SP-Sephadex						
3	C-25	SP	Na	2,0—2,6	0,2	5—9	
4	C-50	SP	Na	2,0—2,6	7	30—38	
5	DEAE-Sephadex A-25	DEAE	Cl	3—4	0,5	5—9	
6	A-50	DEAE	Cl	3—4	5		
7	QAE-Sephadex A-25	QAE	Cl	2,6—3,4	0,3	25—33	
8	A-50	QAE	Cl	2,6—3,4	6	5—8	
9	BD-Sephadex	BD	Cl	2,4		30—40	
						3,0—3,2 (вода)	40—120
10	Molszelekt [Rean, ВНР]						
10	CM-25	CM	Na	4—5	0,4	5—8	100—320 50—100
11	CM-50	CM	Na	4—5	6	30—50	
12	SE-25	SE	Na	2,0—2,6	0,2	5—8	
13	SE-50	SE	Na	2,0—2,6	3	25—35	
14	DEAE-25	DEAE	Cl	3—4	0,4	5—8	
15	DEAE-50	DEAE	Cl	3—4	3	25—35	

№ п/п	Марки гелей и фирма-изготовитель	Активные группы	Ионная форма	Полная обменная емкость (по малым ионам), мг-экв/г	Емкость поглощения гемоглобина (мол. масса 67 000), г/г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Зернение, мкм
16	Bio-Gel A [BRL, США]	CM	Na	1,5 (а)	5	50—70	75—150
17	DEAE Bio-Gel A	DEAE	Cl	1,0 (б)	5	50—70	75—150
18	Sepharose CL-6B [Ph, Швеция]	CM	Na				40—160
19	CM-Sepharose DEAE-Sepharose	DEAE	Cl				40—160

**Примечания.** Определено в (а) — ацетатном буферном растворе, pH = 5,0, I = 0,01; (б) — трис-HCl, pH = 8,0, I = 0,01; (в) — Na-фосфатом буферном растворе, pH = 6,0, I = 0,06; (г) — трис-HCl, pH = 8,3, I = 0,05. 9. Сорбент получен бензоилированием ионита № 5 (содержание бензоиловых групп 5 мг-экв/г). Емкость поглощения т-РНК на единицу объема колонки 20 мг/см<sup>3</sup>. Удельный объем в 95%-ном этаноле 3,3—3,5 см<sup>3</sup>/г. При крайних значениях pH сорбент неустойчив: возможен гидролиз бензоила. 16, 17. Предел эксклюзии глобулярных белков 10·10<sup>6</sup> (№ 16), 15·10<sup>6</sup> (№ 17). Иониты поставляют в виде суспензии с 0,02% NaN<sub>3</sub>. 18, 19. Объемная обменная емкость (в мг-экв/см<sup>3</sup>): 0,13 ± 0,02 (№ 18), 0,12 ± 0,02 (№ 19), емкость поглощения гемоглобина и альбумина — до 0,1 г/см<sup>3</sup>. Поставляют в виде суспензии с раствором 0,5 M NaCl, к которому добавлен антисептик: 0,01% NaN<sub>3</sub> (№ 18) или 0,01% Hibtane (№ 19).

## 87. Ионообменные полиакриламидные и полиакрилоилморфолиновые гели

Иониты на полиакриловой основе применяют аналогично ионообменным гелям и целлюлозам (см. разд. 84 и 86). К преимуществам этих ионитов относятся высокая химическая устойчивость и лучшие фильтрационные свойства, чем у сефадексов и целлюлоз. Кроме того, полиакрилоилморфолиновые гели могут быть использованы не только в водных, но и в органических растворителях.

№ п/п	Марки гелей и фирма-изготовитель	Активные группы	Полная обменная емкость (по малым ионам), мг-экв/г	Зернение	
				меш	мкм
1	Bio-Gel CM-2 [BRL, США]	—CH <sub>2</sub> COOH	4,5—5,5	100—200	75—150
2	Enzacryl [KLL, Англия]	—COONa	1,0—1,1	100—200	75—150
3	CO <sub>2</sub> H	—COONa	2,0—2,1	100—200	75—150

**Примечания.** 1. Карбоксиметилловое производное геля Bio-Gel P-2 (см. разд. 31). Катионообменные свойства проявляет при pH > 5,5. Предел эксклюзии 7000. Устойчив к действию растворов кислот и щелочей (до концентрации 1 M). Достоинством геля является малая изменчивость его объема при градиентной элюции: удельный объем в фосфатном буферном растворе с концентрацией от 0,01 до 0,4 M изменяется всего от 5,6 до 5,5 см<sup>3</sup>/г. 2—3. Приготавливают на основе полиакрилоилморфолинового геля Enzacryl Gel K2 (см. разд. 34).

## 88. Сульфогли (табл. на стр. 171)

Сульфированные каменные угли являются полифункциональными катионообменниками, содержащими активные группы  $-\text{SO}_3\text{H}$ ,  $-\text{COOH}$  и  $-\text{OH}$ . По ионообменным свойствам сульфогли сходны с сульфокатионитами-смолами, но значительно уступают последним по механической и химической стабильности. Особенно неустойчивы сульфогли в щелочных растворах при  $\text{pH} > 9$ .

Гранулированные сульфогли применяют главным образом для водоумягчения и обесцвечивания растворов.

## 89. Цеолиты-ионообменники (верхняя табл. на стр. 172—173)

Естественные и синтетические алюмосиликаты различного состава проявляют ионообменные (главным образом катионообменные) и молекулярно-сорбционные свойства. Их недостатками являются сравнительно невысокая емкость и неудовлетворительная кинетика поглощения, а также плохие фильтрационные свойства и неустойчивость в кислых растворах. К достоинствам цеолитов относятся дешевизна, высокая термостойкость и большая радиационная устойчивость. Применяют для водоумягчения, очистки и обесцвечивания растворов, дезактивации жидких радиоактивных отходов и т. п.

## 90. Неорганические фосфатные и циркониевые иониты (нижняя табл. на стр. 172—173)

Микрокристаллические гетерополифосфаты и другие неорганические иониты обладают сравнительно высокой емкостью поглощения и отличаются большой термостойкостью и радиационной устойчивостью. В большинстве неорганические иониты являются катионообменниками, но некоторые из них проявляют амфотерные свойства.

Гидроокись циркония поглощает катионы из щелочных растворов и анионы — из кислых и нейтральных растворов. Селективно поглощаются поливалентные анионы и  $\text{F}^-$  (M a e s k W. J., e t a l., Anal. Chem., 1963, v. 35, No. 13, p. 2086—2090). Ионит можно использовать для разделения галогенидов.

Фосфат циркония применяют для поглощения Cs и Rb и для разделения щелочных и щелочноземельных металлов (M a e s k W. J. e t a l., Anal. Chem., 1963, v. 35, No. 13, p. 2086—2090). Термостойкость его достигает  $300^\circ\text{C}$ .

Гидрофосфомолибдат аммония обладает повышенной селективностью к щелочным металлам. Этот ионит устойчив в кислых растворах ( $\text{pH} = 0-6$ ), но растворяется в разбавленных щелочах. Последнее обстоятельство может быть использовано для перевода адсорбированных ионов в раствор без элюции.

Лит.: А м ф л е т т Ч., Неорганические иониты, М., «Мир», 1966, 188 с.

## 91. Жидкие иониты (табл. на стр. 174—175)

Жидкими ионитами называют высокомолекулярные нерастворимые в воде полиэлектролиты. Для применения в колоночной, тонкослойной или бумажной хроматографии ими пропитывают носители — целлюлозу, фторопласт кел-Ф и т. п.

По сравнению с ионообменными смолами жидкие иониты характеризуются более высокой селективностью и большей скоростью обмена. Недостатком их является небольшая, но все же заметная растворимость в воде.

Лит.: K u n i n R., W i n g e r A. G., Angew. Chem. Intern. Ed., 1962, v. 1, No. 3, p. 149—155; C e r r a i E., Chromatog. Revs. (Amsterdam), 1964, v. 6, p. 129—153; C e r r a i E., G h e r s i n i G., Adv. in chromatog., 1970, v. 9, p. 3—189. (Окончание на стр. 174.)

№ п/п	Марки углей и фирм-изготовитель	Ионная форма	Полная обменная емкость		Рабочая область рН	Максимальная рабочая температура, °С	Влажность, %	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Зеренные	
			мг-экв/г	мг-экв/см <sup>3</sup>					меш	мкм
1	Zeokarb-Na [Perm, США]	Na	1,6	0,56	0—8,5	70	10—18	0,38—0,48	16—50	300—1200
2	Zeokarb-H [Perm, США]	H	1,6	0,56	0—8,5	70	10—18	0,38—0,48	16—50	300—1200
3	Ionac C-150 [ICC, США]	Na	1,6	0,56	0—8,5	70	10—22	0,38—0,48	16—50	300—1200
4	Ionac C-151 [ICC, США]	H	1,6	0,56	0—8,5	70	10—22	0,38—0,48	16—50	300—1200
	Zeo-Karb [Perm, Англия]; Zerolit [Zer, Англия]									
5	HI		1,6	0,6	0—8	30		0,87	—16	<1000
6	Na	Na	1,8	0,6		30			14—52	300—1200
7	Soucol [Cros, Англия]		1,8	0,6		30			16—52	300—1000
8	Duolite C [DP, Франция]	H	1,7 (Na)	0,6 (Na)	0—9	60		0,7—0,8	16—50	300—1200
9	Imac C-19 [Imac, Нидерланды]	Na, H		1,3 [0,3]	4—13	80	30	0,96	16—50	300—1200
10	Dusarit S [Imac, Нидерланды]	Na		1,1 [0,7—0,8]	1—5 (0—14)	100			16—50	300—1200
11	Permutit H 53 [Perm, Зап. Берлин]	H	1,7	0,8		40			16—50	300—1200
12	Permutit S 53 [Perm, Зап. Берлин]	Ca	1,7	0,6—0,8		40			16—50	300—1200
	Сульфоугли [СССР]									
13, 14	СК-1, СК-2		2,5—3,6	1,0—1,5		60	20—40	0,68—0,70		500—1200
15, 16	СМ-1, СМ-2		2,5—3,6	1,0—1,5		60	20—40	0,69—0,79		250—700
17	КУ-11		3,0—3,6	1,1—1,4		95				500—2000

Примечания. 3, 4. Идентичны маркам № 1—2. 13—16. Вырабатывают из коксующихся каменных углей. Марки № 13 и 15 — 1-й сорт, № 14 и 16 — 2-й сорт. 17. Вырабатываются из кокса сланцевой смолы.





Сорбент с обращенными фазами «RPC-5», представляющий собой жидкий ионит триоктилметиламмонийхлорид (№ 7, 8) на носителе кел-Ф, часто применяется для выделения и фракционирования т-РНК (Kelmers A. D. et al., J. Biol. Chem., 1965, v. 240, No. 10, p. 3979—3983; Weeren H. O. et al., Biotech. Bioeng., 1970, v. 12, No. 6, p. 889—912; Pearson R. L. et al.,

Biochim. Biophys. Acta, 1971, v. 228, No. 3, p. 770—774; Egan B. Z., Kelmers A. D., Prep. Biochem., 1972, v. 2, No. 3, p. 265—274; Roe B. et al., Biochim. Biophys. Acta, 1973, v. 319, No. 1, p. 25—36) и для хроматографии нуклеотидов (Singhal R. P., Biochim. Biophys. Acta, 1973, v. 319, No. 1, p. 11—24).

№ пп	Марки ионитов и фирма изготовитель	Химическое название	Активные группы
2	LA-2	N-Лаурил-N-триалкил(C <sub>24</sub> —C <sub>27</sub> )метиламин	NH
3	LA-3		—NH <sub>2</sub>
4	Adogen [Ash, США] 364	Три-n-алкил(C <sub>8</sub> —C <sub>10</sub> )амин	≡N
5	368	Три-n-алкил(C <sub>8</sub> —C <sub>12</sub> )амин	≡N
6	462	Диметилдилауриламмин	—N <sup>+</sup> R <sub>3</sub>
7	464	Триоктилметиламмоний	—N <sup>+</sup> R <sub>3</sub> Cl <sup>-</sup>
8	Aliquat 336 [GM, США]	Триоктилметиламмоний	—N R <sub>3</sub> Cl <sup>-</sup>
9	Alamine 336	Триалкил(C <sub>8</sub> —C <sub>10</sub> )амин	≡N
10	Primepe JMT [Org, Япония]	Триалкил (C <sub>18</sub> —C <sub>24</sub> )метиламин	—NH <sub>2</sub>
11	TNOA	Три-n-октиламин	≡N
12	DEHP	Ди(2-этилгексил)фосфорная кислота, динизооктилфосфат	—PH(O)OH

Примечания. 1. Температура заморзания ниже -80 С. 2. По осев

Полная обменная емкость		Мол. масса	Нейтрали- зационный эквивалент	Плотность (25 °С), г/см <sup>3</sup>	Вязкость (25 °С), сП	Растворимость в 1 н. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , мг/л
мг-экв/г	мг-экв/мл					
2,5—2,7	2,1—2,3	351—393	370—400	0,84	72	15—20
2,6—2,8	2,2—2,3	353—395	360—380	0,83	18	≤2
3,3	3,0	300	326	0,83	13	10
		354		0,82		
3,0		322		0,95	53	100

ности несколько сильнее, чем ионит № 1. 12. Катионообменник.

## 92. Шкала селективности Esteola-целлюлозы

(pH = 7,0—7,3)

(Veder H. A., Pascha C. N., Biochim. Biophys. Acta, 1961, v. 47, No. 2, p. 408—410)

Анионы	K <sub>Cl</sub> <sup>Ап</sup>	Анионы	K <sub>Cl</sub> <sup>Ап</sup>
Аскорбинат	0,2	Глутаминат	2,3
I <sup>-</sup>	0,5	Форминат	3,5
Ацетат	0,98	Лаурат	4,4
Лактат	1,0	Сукцинат	9,8
Cl <sup>-</sup>	1,0	Салицилат	10,4
Капронат	1,0	Фталат	11,9
Пируват	1,1	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	12,1
Пропионат	1,2	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	13,3
Br <sup>-</sup>	1,4	Фумарат	18
Бензоат	1,8	Цитрат	155
NO <sub>3</sub>	2,2		

## 93. Емкость поглощения белков ионообменными целлюлозами Whatman

Белки и их мол. масса	Буферный раствор	Емкость поглощения, мг/г				
		DE 11	DE 22, DE 23	DE 32, DE 52	CM 22, CM 23	CM 32, CM 52
Инсулин (12 000)	0,01 M ацетатный, pH - 8,5		750	850		
Сывороточный альбумин (70 000)	0,01 M фосфатный, pH - 8,5	130	450	660		
Лизоцим (14 500)	0,01 M ацетатный, pH = 5,0				600	1260
γ-Глобулин (150 000)	0,08 M фосфатный, pH = 3,5				150	400

## 94. Удельный объем набивки ионообменных целлюлоз Whatman

Буферные растворы	Удельный объем набивки, см <sup>3</sup> /г					
	DE 22	DE 23	DE 32, DE 52	CM 22	CM 23	CM 32, CM 52
0,05M фосфатный, рН = 6,0	7,7	8,3	6,0			
То же, рН = 7,5	7,7	9,1	6,3			
0,05M ацетатный, рН = 5,0				7,7	9,1	6,8
То же, рН = 6,8				7,7	9,1	6,7

## 95. Удельный объем набивки ионообменных сефадексов

Буферные растворы (рН и ионная сила I)	Удельный объем набивки, см <sup>3</sup> /г							
	CM		SP		DEAE		QAE	
	C-25	C-50	C-25	C-50	A-25	A-50	A-25	A-50
Ацетатный I = 0,05 (рН = 4,3)	7	30	7	32				
	0,1	6,5	25	6,5	25			
	0,3	5,5	20	6	19			
	0,5	5,5	17	5,5	16			
Трис-НСl I = 0,05 (рН = 7,6)					5,5	24	6,5	36
	0,1				5	19	6	29
	0,3				5	14	5	21
	0,5				5	13	5	19
Фосфатный рН = 3 (I = 0,05)	7	25	7	36				
	5	8,5	41	7	37			
	7	8,5	46	7	38			
	9	9	46	7	38			
Пиридазол- овый (I = 0,05)	рН = 5				6,5	30		
	7				6	29		
	9				6	26		
	12				6	19		
Этилен- диаминовый (I = 0,05)	рН = 5						6,5	38
	7						6,5	37
	12						6,5	36

Примечание. Определено на колонках 1,5×30 см при гидростатическом давлении 30 см вод. ст.

**96. Скорость фильтрации в колонках с ионообменными целлюлозами, сефадексами и агарозами**

Иониты	Скорость фильтрации [в мл/(см <sup>2</sup> ч)] при гидростатическом давлении (см вод. ст./см высоты колонки)			
	1	2	5	10
Whatman CM 23	40	80	200	400
CM 52	2	4	10	20
DE 23	20	40	100	200
DE 52	5	10	25	50
DEAE-Sephadex (40—120 мкм)				
A-25	30	55		
A-50	28	30	7	
Sepharose CL-6B (40—160 мкм)				
CM-Sepharose	15	30	60	100
DEAE-Sepharose	15	25	55	85

## VI. НОСИТЕЛИ ДЛЯ ГАЗОВОЙ И ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

97	Диатомитовые носители для ГЖХ	178
98	Неглазурованные керамические носители для ГЖХ	188
99	Стеклянные бисерные носители для ГЖХ	190
100	Тефлоновые носители для ГЖХ	191
101	Ке 1 Ф — носители для ГЖХ	193
102	Дендригова соли носитель для ГЖХ	193
103	Кизельгур для жидкостной хроматографии	193
104	Целлюлозные порошки для КЖХ	196
105	Целлюлозные порошки для ТСХ	198
106	Гидрофобизированные целлюлозные порошки для жидкостной хроматографии методом обращенных фаз	200
107	Максимальное содержание примесей в диатомитовых порошках	201

### 97. Диатомитовые носители для ГЖХ (табл на стр 180—181)

Твердые носители на основе диатомитов используют в ГЖХ наиболее часто. Природный диатомит или кизельгур — осадочная порода, состоящая в основном из панцирей одноклеточных диатомовых водорослей с примесью минеральных частиц. Химический состав диатомита 75—95% гидратированного микроаморфного кремнезема  $\text{SiO}_2$ , примеси — главным образом окислы металлов (Al, Fe, Na, K, Mg, Ca, I и других). Панцири диатомовых водорослей имеют сложную пористую структуру с общей удельной поверхностью около  $20 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Носители с высокой механической прочностью гранул получают прокаливанием природного диатомита (с добавлением небольшого количества глинистого материала) при  $900^\circ\text{C}$  и выше. Такие носители, имеющие розовый цвет, называют огнеупорным кирпичом или шамотом. Их удельная поверхность ниже, чем у природных диатомитов. Размер пор небольшой, в основном от 0,4 до 2 мкм, рН 5% водной суспензии составляет 6—7. Термостойкость достигает 1000°C. Носители типа огнеупорный кирпич (тип I) обеспечивают высокую эффективность разделения неполярных и слабополярных веществ, но проявляют большую адсорбционную способность по отношению к сильнополярным соединениям — спиртам, аминам, кислотам и т.п. Последние образуют на хроматограмме размытые, асимметричные пики, а их выход из колонки зачастую бывает неколлективным.

Посредством спекания природных диатомитов с щелочными флюсами (обычно с 2—5% соды) и последующего прокалывания при  $900^\circ\text{C}$  получают носители со значительно сниженной адсорбционной активностью, пригодные для хроматографии полярных соединений. Такие кальцинированные, или белые, носители (тип II)

имеют удельную поверхность 1—3 м<sup>2</sup>/г, рН 5%-ной водной суспензии 8—10. Средний размер пор гораздо больше, чем у носителей типа I, — приблизительно 8—9 мкм. Термостойкость до 1000 °С.

Размывание хроматографических пиков полярных веществ на кальцинированных носителях значительно меньше, чем на огнеупорном кирпиче, но неполярные вещества разделяются лучше на последних. Зерна белых носителей обычно менее прочны, хотя и имеют более однородную форму. Последнее обстоятельство благоприятствует меньшим падениям давления на колонках.

Жидкую фазу наносят на носители с учетом объемной плотности последних. Удельная плотность заполнения колонок равна 0,5—0,7 и 0,25—0,35 г/см<sup>3</sup> для носителей типа I и II. Соответственно различается и количество наносимой жидкой фазы: 5—10% на первых и 10—20% на вторых. Среди кальцинированных носителей выделяются более тяжелые хромосорбы «G» и «750», на которые рекомендуется наносить 5—10% жидкой фазы, как на огнеупорный кирпич.

Большинство кальцинированных носителей изготовляют на основе диатомитов типа Celite 545 или Celatom. Первые добывают на месторождении морского происхождения Ломпак (Калифорния), вторые — в штате Невада, на пресноводном месторождении. Носители на основе диатомитов Celatom отличаются большей инертностью, обеспечивают меньшее размывание пиков и лучшую эффективность по сравнению с носителями на основе Celite 545. В тех случаях, когда исходный материал известен, к типу носителя добавлены обозначения: Па — на основе диатомитов типа Celite 545 и Пб — типа Celatom.

Для повышения эффективности разделения и уменьшения размывания пиков применяют различные методы обработки носителей с целью их деактивации. Промывание кислотой приводит к некоторому уменьшению адсорбционной и каталитической активности, одновременно снижается содержание пылевидных частиц. Промытые кислотой носители рекомендуются в первую очередь для использования с жидкими фазами, чувствительными к щелочам при повышенной температуре (силиконы, сложные эфиры, фазы кислотного характера). Для разделения соединений основного характера (аминов, пиридинов, хинолинов, эпоксисоединений) целесообразно использовать носители, промытые щелочами в водном или спиртовом растворе.

Силанизирование — наиболее эффективный метод деактивации твердых носителей, заключающийся в блокировании активных силанольных групп  $\equiv\text{Si}-\text{OH}$  инертными кремнийорганическими радикалами, например  $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$  или  $(\equiv\text{Si}-\text{O}-)_2\text{Si}(\text{CH}_3)_2$ . Предельная рабочая температура силанизированных носителей 350 °С, рекомендуемая нагрузка жидкой фазой 1—3 (иногда до 5) %.

Приняты следующие обозначения сортов диатомитовых носителей:

NAW — стандартный сорт, необработанный;

AW — промытый кислотой (HCl);

ABW (AW-BW) — промытый последовательно кислотой и основанием — спиртовым раствором KOH;

HMDS — обработанный гексаметилдисилазаном  $(\text{CH}_3)_3\text{SiNHSi}(\text{CH}_3)_3$ ;

DMCS — обработанный диметилдихлорсиланом  $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$ ;

I — подвергнутый специальной жидкостной деактивации (предельная рабочая температура 200 °С).

Сорта носителей улучшенного качества отмечены звездочкой (\*). Производят также наиболее инертные носители высшего качества, деактивированные различными способами жидкостной обработки и сильно силанизированные. Такие носители, отмеченные двумя звездочками (\*\*), предназначены в первую очередь для биомедицинских исследований: хроматографии стероидов, алкалоидов, барбитуратов, пестицидов и т. п.

Лит.: Ottenstein D. M., J. Gas Chromatog., 1963, v. 1, No. 4, p. 11—23; 1968, v. 6, No. 1, p. 129—134; Б е р е з к и н В. Г., П а х о м о в В. П., С а к о д ы н с к и й К. И., Твердые носители в газовой хроматографии, М., «Химия», 1975, 200 с.

№ п.п.	Марки носителей и фирма изготовитель	Тип	Сорт	pII	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Зернистость		
								меш	мкм	
1	Sil-O-Cel C 22 (Silocel C-22) [J-M, США]	I	NAW	7,3	4,9		0,83	30-60	250-600	
2		I	AW					45-60	250-350	
	Chromosorb [J-M, США]							60-80	180-250	
3		P	I	NAW	6,5	4-5	2,1	0,9	80-100	150-180
4			I	AW					100-120	125-150
5			I	HMDS					30-60	250-600
6			I	AW-DMCS					45-60	250-850
				60-80					180-250	
7	W	IIa	NAW	8,5	1,0	4,2	1,8	80-100	150-180	
8		IIa	AW					100-120	125-150	
9		IIa	HMDS					30-60	250-600	
10		IIa	AW-DMCS					45-60	250-850	
11	G	II	NAW	8,5	0,5	1,7	0,36-0,45	60-80	180-250	
12		II	AW					70-80	180-210	
13		II	AW-DMCS					80-100	150-180	
14	W-H.P.* G-H.P.* 750**	IIa	AW-DMCS	}	0,5-1,0			100-120	125-150	
15		II	AW-DMCS					120-140	105-125	
16		II	AW-DMCS					80-100	150-180	
17	A (A'NAW) A-ST	II	NAW	7,1	2,7	2,1	}	100-120	125-150	
18		II	DMCS					20-30	600-840	
19	R-6470-1	IIa			5-6			45-60	250-350	
20	VarAport 30** (Аероpak 30)+ [VA, США]							60-80	180-250	
								80-100	150-180	
								100-120	125-150	
21	GC-22 Super Support [CEL, США]	I	NAW		4		}	30-60	250-600	
22		I	AW					42-60	250-400	
23		I	AW-DMCS					60-80	180-250	
								80-100	150-180	
								100-120	125-150	
24	Gas-Chrom [ASL, США]	I	NAW		4		}			
25		RA	I					AW	30-60	250-600
26		RZ	I					AW-DMCS	42-60	250-400
27		S	II6					NAW	60-80	180-250
28		A	II6					AW	80-100	150-180
29		P	II6					ABW	100-120	125-150
30		Z	II6					AW-DMCS		
31		Q**	II6					ABW-DMCS	60-80	180-250
									80-100	150-180
									100-120	125-150

№ п/п	Марки носителей и фирма изготовитель	Тип	Сорт	рН	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Зернение	
								меш	мкм
32	Anakrom [Ана, США]								
33	C 22	I	NAW	5,5—6,5		1,5—1,8		30—40	420—600
	C 22A	I	AW					40—50	300—420
								50—60	250—300
								60—70	210—250
								70—80	180—210
								80—90	160—180
								90—100	150—160
								100—110	140—150
								110—120	125—140
34	545	IIa	NAW	8—9,5	1,0	3,8		40—50	300—420
35	545A	IIa	AW					50—60	250—300
36	U	IIб	NAW					60—70	210—250
37	A	IIб	AW					70—80	180—210
38	AB	IIб	ABW					80—90	160—180
39	AS	IIб	AW-DMCS					90—100	150—160
40	ABS	IIб	ABW DMCS					100—110	140—150
								110—120	125—140
								120—130	115—125
								130—140	105—115
41	Q*	IIб	AW-DMCS					50—60	250—300
42	SD**	IIб	AW-DMCS					60—70	210—250
								70—80	180—210
								80—90	160—180
								90—100	150—160
								100—110	140—150
								110—120	125—140
43	АнаPrep [Ана, США]	I	NAW					30—60	250—600
44	P	IIб	NAW					40—50	300—420
45	U	IIб	AW					50—60	250—300
46	A	IIб	ABW-DMCS						
47	Gas Pak FS [Regis, США]	II	AW-DMCS						
48	Supelcoport [Sup, США]							60—80	180—250
	Supelcoport*	IIa	AW-DMCS					80—100	150—180
								100—120	125—150
49	Supelcoport-HD**	II						100—120	125—150
50	Kromat [Bur, США]							30—60	250—600
51	FB	I						30—60	250—600
	CE	II							
52	PhaseSep [Phase, Англия]								
	P	I	(NAW)	6—7	4,2—6,0	1,4—1,7		30—44	350—500
53		I	AW					30—60	250—500
54		I	HMDS					44—60	250—350
55		I	AW-DMCS					60—85	180—250
56		I	AW-BW					60—100	150—250
57		I	I					85—100	150—180
								100—120	125—150
				120—150	105—125				

№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Тип	Сорт	pII	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Зернистость							
								меш	мкм						
58	CL (W)	IIa	(NAW)	8—10	1,0—3,0	2,5—3,3		30—44	350—500						
59		IIa	AW												
60		IIa	AW-DMCS												
61		IIa	HMDS												
62		IIa	AW-BW												
63		IIa	AW-BW-DMCS												
64		IIa	I												
65		IIa	I-DMCS												
66		HC	IIa							(NAW)	2,0—2,7			44—60	250—350
67			IIa							AW-DMCS					
68	N	IIa	I				60—100	150—250							
69		IIб	(NAW)												
70		IIб	AW												
71		IIб	AW-DMCS												
72		IIб	AW-BW												
73		IIб	HMDS												
74		IIб	I												
75		IIб	I-DMCS												
76		ABS	IIб						AW-BW-DMCS	2,0—2,7			30—60	250—350	
77			IIa												
78	II		AW-DMCS												
79	Phase Chrom Q* Phase Prep A	IIб					60—100	150—250							
Diatomite [JJ, Англия]															
80	S Non AW	I	NAW				60—70	210—250							
81	S AW	I	AW												
82	S AA	I	ABW												
83	C Non AW	IIa	NAW									100—120	125—150		
84	C AW	IIa	AW												
85	C AA	IIa	ABW												
86	C AW + DMCS	IIa	AW-DMCS												
87	CQ*	IIa	ABW-DMCS									60—70	210—250		
												80—100	150—180		
												100—120	125—150		
88	M Non AW	II	NAW				60—70	210—250							
89	M AW	II	AW												
90	M AA	II	ABW												
91	Diatomaceous Brick Dust [M & B, Англия]	I					60—100	150—250							
92	Embacel Kieselguhr [M & B, Англия]	IIa	AW	1,1			44—60	250—350							
										60—100	150—250				
										120—150	105—125				
93		IIa	ABW				100—120	125—150							
94	Celite for GLC [BDH, Англия]	I?					30—80	200—500							
							80—120	120—200							
95	Supasorb [BDH, Англия]	II	NAW				30—40	400—500							
96		II	AW												
97		II	AW-HMDS												
							40—60	250—400							
							60—80	200—250							
							80—100	150—200							
							100—120	125—150							



№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Тип	Сорг	рН	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Зернение	
								меш	мкм
98	Hylon-P [FI, Англия]	I	NAW						
99		I	AW						
	Shimalite [Shi, Япония]								
100	A	I						10—30	600—2000
101	B	I						30—60	250—600
102	C	I						60—80	180—250
103	D	I						80—100	150—180
104	W	IIa						10—30	600—2000
								60—80	180—250
								80—100	150—180
	Diasolid [Yan, Япония]								
105	L							100—120	125—150
106	M							60—80	180—250
107	Sterchamol [SW, ФРГ]	I	NAW	7,6	8—10			50—70	200—300
	Kieselgur [Merck, ФРГ]								
108	Nr. 9752	I	NAW					30—50	300—600
109	Nr. 9697	I	NAW					45—70	200—300
110	Nr. 9749	I	NAW					70—100	150—200
111	Nr. 9753	I	Силанизир.					30—50	300—600
112	Nr. 9748	I	»					45—70	200—300
113	Nr. 9751	I	»					70—100	150—200
114	Kieselgur [SAMAG, Швейцария]		NAW					38—52	300—400
115			AW					42—60	250—300
116			BW					52—72	200—300
117			ABW					60—72	200—250
								60—100	150—250
								72—100	150—200
								72—150	100—200
								100—120	125—150
								120—150	100—125
118	Diaphorit [BC, ГДР]	II							500—1000
									400—500
									315—400
									200—315
									100—200
									<1000
									<100
	MH [Rean, ВНР]								315—500
119	MH-1	I	NAW		0,8		0,53		315—400
120	MH-2	I	NAW		2,5		0,83		200—315
121	MH-3	I	NAW		4		0,98		100—200
	[LB, СССР]								
122	Chezasorb	I	(NAW)	6,0—7,5	1,4—2,4	1,4—1,7	0,5—0,7	30—45	360—630
123		I	AW	6—7				30—75	200—630
124		I	AW-HMDS					45—60	250—360
								45—75	200—360
								60—150	100—250

№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Тип	Сорт	pH
125	Chromaton N	IIa	(NAW)	9—11
126		IIa	AW	6—8
127		IIa	AW-DMCS	
128	Inerton	II	(NAW)	7,0—8,5
129		II	AW	
130		II	AW-HMDS	
131		II	AW-DMCS	
132	Chromaton N-Super <sup>+</sup>	IIa	ABW-DMCS	
133	Inerton Super <sup>**</sup>	II	ABW-DMCS	
Диатомитовые носители [СССР]				
134	Сферохром-1 (ТНД-ТС-М) <sup>+</sup>	II	NAW	8,8
135	Сферохром-2	I	NAW	7,5
136	Сферохром-3	I	NAW	
137	Порохром-1	II	NAW	8,0
138	Порохром-II	II	NAW	8,0
139	Порохром-III	II	NAW	
140	Диохром-Н	I		7,5—8
141	Диохром-П	II		8—9

Примечания. 3—6. Вырабатывают из огнеупорного кирпича № 1, имеют более высокую, по сравнению с носителями № 7—10, эффективность. 16. Механическая прочность такая же, как у носителей № 11—13. Не рекомендуются для работ, отличается высокой грузочной емкостью по жидким фазам — до 18. Для препаративных работ, используют с небольшой нагрузкой жидкой фазы в колонках со слоем адгезированного на стенках носителя (Ettre L. S. et al., No. 2, p. 335—347; Method. Phys. Anal., 1969, v. 5, No. 2, p. 167—173). 20. На сильно силанизирован. 21—26, 32, 33. Вырабатывают из кирпича № 1. 41. Деноситель сильно силанизирован. 43—46. Для препаративных работ. 58—65, 88—90. С улучшенной механической прочностью. 118. Степень каталитической активности высокая. 12 (№ 119), 25 (№ 120), 30—35 (№ 121). Для препаративных работ рекомендуются. 127. Отличаются низкой каталитической активностью. Загрузка жидкой фазой — по показателям близки к носителю № 11—13. Рекомендуемая загрузка жидкой фазой 5—10%. На основе Джрадорского диатомита (Армения). 140, 141. Более высокая эффективность.

### 98. Незлазурованные керамические носители для ГЖХ

(табл. на стр. 188—189)

Пористые алюмосиликатные носители для ГЖХ вырабатывают из обожженных каолиновых глин (черепицы). Удельная поверхность по БЭТ около 2 м<sup>2</sup>/г. Отличаются очень высокой механической прочностью, превосходя диатомитовые носители. Рекомендуется загрузка жидкой фазой 7—10% (предельная загрузка 18%).

Лит.: Lukes V. et al., J. Chromatog., 1960, v. 3, No. 4, p. 303—307.

№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Зернение, мкм
1	Porovina (Nerapor) <sup>+</sup> [Chema, СССР]	200—400 200—300 100—200

Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Зернение	
			меш	мкм
1	4,25	1,3—1,4	30—40	400—630
0,4—0,65		0,4—0,6	40—50	315—400
			50—60	250—315
			60—75	200—250
			75—90	160—200
			90—120	125—160
			120—150	100—125
			75—90	160—200
0,8—2,1		0,65	90—120	125—160
			120—150	100—125
10—15		1,80	75—90	160—200
			90—120	125—160
			120—150	100—125
0,1—1,5			90—120	125—160
0,5—2		2,16		
2—4				
5—8		0,7		
1,0—1,5		0,6		

влагоемкость 2,5—3,5 мл/г. 7—10. Влагоемкость 4,7—5,2 мл/г. 11—13. Обеспечение разделения; по механической прочности сопоставимы с огнеупорными кирпичами. Рекомендуется использовать с более чем 7% жидкой фазы. 17. Носитель для препаративных работ, отличается высокой грузочной емкостью по жидким фазам — до 25%. Поверхность носителя модифицирована с целью повышения инертности. 19. Специальный сорт тонкодисперсного порошка для применения в газовой хроматографии (J. Gas Chromatog., 1965, v. 3, No. 6, p. 181—185; J. Chromatog., 1966, v. 24, No. 2, p. 335—347; Method. Phys. Anal., 1969, v. 5, No. 2, p. 167—173). 20. На сильно силанизирован. 21—26, 32, 33. Вырабатывают из кирпича № 1. 41. Деноситель сильно силанизирован. 43—46. Для препаративных работ. 58—65, 88—90. С улучшенной механической прочностью. 118. Степень каталитической активности высокая. 119—121. Предельная загрузка жидкой фазой (в %): 10—20—25%. Зерна имеют шарообразную или эллипсоидную форму. 128—131. По фазой 5% (предел — 10%). 134—136. На основе Инзенского диатомита. 137—139. Отличаются высокой механической прочностью. 79. Для препаративных работ. Активность высокая. 119—121. Предельная загрузка жидкой фазой (в %): 10—20—25%. Зерна имеют шарообразную или эллипсоидную форму. 128—131. По фазой 5% (предел — 10%). 134—136. На основе Инзенского диатомита. 137—139. Отличаются высокой механической прочностью. 79. Для препаративных работ. Активность высокая и меньшая каталитическая активность по сравнению с носителем № 134.

№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Зернение, мкм
2	Porolith [BC, ГДР]	500—1000 400—500 315—400 200—315 100—200 <1000 100—500 <100

Примечание. 2. Химический состав (в %): SiO<sub>2</sub> — 60, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 39.

## 99. Стекланные бисерные носители для ГЖХ

Микросферические носители из стекла отличаются очень низкой удельной поверхностью, 0,01—0,1 м<sup>2</sup>/г по БЭТ. На стекланных носителях может удерживаться до 3—4% жидкой фазы, но наилучшие результаты достигаются при нанесении 0,1—0,5% жидкой фазы. При ГЖХ с малыми количествами неподвижных фаз возможно разделение веществ при температурах намного ниже, чем на диатомитах со сравнительно большим количеством жидких фаз (на диатомитах работа с малыми количествами жидких фаз затруднена вследствие влияния адсорбционной активности носителя). На колонках со стекланным бисером можно работать при температуре на 250 °С ниже температуры кипения наиболее летучего компонента анализируемой смеси. В связи с этим стекланный бисер рекомендуется прежде всего для разделения термически нестойких веществ.

К недостаткам носителя, вызывающим снижение эффективности разделения, относятся неравномерная смачиваемость шариков и их слипание при набивке колонок. Кроме того, несмотря на малую поверхность, адсорбционные свойства стекла являются причиной размывания хроматографических пиков полярных веществ. Силиконизирование значительно уменьшает размывание пиков.

Стекланный бисер с травленной поверхностью (так называемые «текстурированные стекла») обеспечивают существенно более высокую эффективность разделения, так как текстурированная поверхность позволяет равномернее наносить жидкую фазу. Размывание пиков на таких стеклах проявляется значительно слабее.

Вследствие работы с малым количеством жидких фаз и соответственно с малыми пробами хроматография на колонках со стекланным бисером обычно требует использования приборов с высокочувствительными детекторами.

Лит.: H i s h t a C. e t a l., Anal. Chem., 1960, v. 32, No. 7, p. 880; No. 13, p. 1730—1733; V e n s E. M., Ibid., 1961, v. 33, No. 2, p. 178—182; O t t e n s t e i n D. M., J. Gas Chromatog., 1963, v. 1, No. 4, p. 11—23; H i s h t a C. e t a l., Adv. in Chromatog., 1970, v. 9, p. 215—242.

№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Обработка	Зернение	
			меш	мкм
1	Corning Code 0201 [CGW, США]	Нет } DMCS }	60—80	180—250
2			80—100	150—180
			100—120	125—150
3	Glass Beads [ASL, США]	Нет } DMCS }	60—80	180—250
4			80—120	125—180
			100—140	105—150
			120—170	90—125
			170—230	60—90
5	Glass Beads [MMM, США]			
6	Anaport Glass Beads [Ana, США]	Нет } DMCS }	50—60	250—300
			60—70	210—250
7			70—80	180—210
			80—100	150—180
			100—120	125—150
			120—140	105—125
			140—170	90—105
8	GLC-100 [CT, США]	Нет } DMCS }	60—80	180—250
9	GLC-110 [CT, США]		80—100	150—180
			100—120	125—150
	(Anaport TGB [Ana, США])		120—140	105—125

№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Обработка	Зернище	
			меш	мм
10 11	CeraBeads [PCC, США]	Нет DMCS	40—50 50—60 60—70 70—80 80—100 100—120 120—140	300—420 250—300 210—250 180—210 150—180 125—150 105—125
12	Glass Beads [P-E, США]	Нет	70 120 140 230 400	210 125 105 60 40
13	Glassport M [H-P, США]	Нет	60—80	180—250
14	Glass Beads [Phase, Англия]		60—85 85—100 100—120 120—150 150—200	180—250 150—180 125—150 105—125 75—105
15	Glass Beads [BDH, Англия]		40 60 80 100	400 250 180 150
16	Glasperlen [BD, Нидерланды]		52—60	250—300
17	GlasKugeln [Serva, ФРГ]	Нет	80—120	125—180
18		DMCS	80—120	125—180
19	Mikroglaskugeln [BC, ГДР]			100—300

Примечания. 8, 9. Текстурированные стекла. Удельная поверхность 0,04—0,08 м<sup>2</sup>/см<sup>3</sup> (ср. с гладкими стеклами: 0,005—0,01 м<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>). Состав (в %): SiO<sub>2</sub> — 89,8; Na<sub>2</sub>O — 10,0; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,2. Отличаются очень низким, порядка 0,01%, содержанием металлических примесей (Fe, Ca, Mg, Ti и др.). До 1971 г. выпускались фирмой CGW по несколько отличающейся технологии. 10, 11. Вырабатываются из известково-натриевого стекла с высоким содержанием алюминия pH = 7,9 — 8,9. Насыпная плотность 1,0 г/см<sup>3</sup>. Термостойкость выше 600 °С. Используют с 0,1—4% жидкой фазы.

## 100. Тефлоновые носители для ГЖХ

Политетрафторэтилен [—CF<sub>2</sub>—CF<sub>2</sub>—]<sub>n</sub> (тефлон, фторопласт-4) обладает исключительно высокой химической инертностью и антиадгезионными свойствами. Зерна тефлоновых носителей имеют вид пористых агломератов, образующихся из пен или эмульсий. Используют тефлон в первую очередь для анализа агрессивных и сильнополярных веществ: кислот, галогенов, аминов, спиртов, гликолей, воды и т. п. (в том числе при анализе следов). Так как адсорбция на носители крайне низка, размывание пиков при хроматографии — минимальное.

Широкому использованию тефлона в ГЖХ препятствуют плохая смачиваемость, недостаточная механическая прочность и склонность к электризации и слипанию частиц из-за трения. Трудностями равномерного нанесения жидкой фазы и набивки колонок обусловлена обычно невысокая эффективность фторо-

пластовых насадок. Наилучшие результаты получены при нанесении на тефлон 2% жидкой фазы (возможно нанесение до 10—20%).

Тефлоновые носители применяют также в жидкостной распределительной хроматографии (с обращенными фазами).

Термостойкость тефлона — до 250—275 °С, практический предел использования в ГЖХ приблизительно 225 °С. При температуре 19 и 30 °С тефлон претерпевает некоторые структурные изменения, выше 350 °С — разлагается с образованием ядовитого газа перфторизобутилена.

Лит.: K i r k l a n d J. J., Anal. Chem., 1963, v. 35, No. 13, p. 2003—2009; Б р а ж н и к о в В. В. и д р., в сб.: Газовая хроматография, М., НИИТЭХим; 1966, № 4, с. 5—16; 1967, № 5, с. 62—71; 1967, № 6, с. 88—94; 1969, № 9, с. 80—86.

№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Удельная поверх- ность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Удельный объем в колонке, см <sup>3</sup> /г	Зернение	
				меш	мкм
1	Chromosorb T [J-M, США]	7—8	2,0	30—60 40—60	250—600 250—420
2	Haloport F [H-P, США]	7—8	2,0	30—60	250—600
3	Fluoropak 80 [Fluor, США]	0,64	1,4	30—60 20—80	250—600 180—840
4	Columpack T [F, США]	4,8		40—60	250—420
5	Gas-Pak F [CRS, США]				
6	Anaport Tee Six [Ana, США]			30—40 40—50 50—60 60—70 70—80 80—90 90—100	420—600 300—420 250—300 210—250 180—210 160—180 150—160
7	Teflon-1 [P-E, США]	0,23		20—60	250—840
8	Teflon-6 [P-E, США]	11—12		20—60	250—840
9	Teflon I [Phase, Англия]	0,23		30—60	250—600
10	Phase Sep T 6 [Phase, Англия]	11—12		30—60	250—600
11	Teflon 6 [Serva, ФРГ]	11—12			250—400
12	Hostafion TF [FH, ФРГ]				
13	Teflonpulver [BD, Нидерланды]			40—60	250—360
14	Shimalite F [Shi, Япония]			20—80	180—840
15	Heydeflon-Pulver [BC, ГДР]				
16	Полихром-1 [СССР]	3—6	1,4		250—500 100—250

Примечания. 1, 2. Вырабатывают из тефлона 6. Насыпная плотность 0,42 г/см<sup>3</sup>. 5. Диатомит с поверхностью, обработанной тефлоном. 10. Тефлон 6. 16. Средний диаметр пор 50—200 нм, удельный объем пор 0,25—0,3 см<sup>3</sup>/г, насыпная плотность 0,7—0,8 г/см<sup>3</sup>.

## 101. Кел-Ф — носители для ГЖХ

Политрифторхлорэтилен  $[-CF_2-CFCl-]_n$  (кел-Ф, фторопласт-3) по свойствам близок к тефлону (см. разд. 100). Применение в ГЖХ, а также в жидкостной распределительной хроматографии в общем аналогично применению тефлона.

Кел-Ф слабо набухает в сильно галогенированных органических растворителях и в некоторых ароматических растворителях. Термостойкость 150—200 °С, предельная рабочая температура в ГЖХ около 160 °С.

№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Зернение	
		меш	мкм
1	Anaport Kel-F 300 LD [Ана, США]	20—30	600—840
		30—40	420—600
		40—50	300—420
		50—60	250—300
		60—70	210—250
		70—80	180—210
		80—90	165—180
		90—100	150—165
		100—110	140—150
		110—120	125—140
2	Kel-F 3081 [МММ, США]		
3	Haloport K [Н-Р, США]		
4	Plascon 2300 [АИ, США]		100—200
5	Hostaflon C [ФН, ФРГ]		
6	Voltalef [УК, Франция]	30—60	250—600

Примечания. 1, 2. Удельная поверхность по БЭТ 2,2 м<sup>2</sup>/г. 4. Предназначен для КЖХ: используют для приготовления сорбента RPC-5 с жидким нонитом (см. разд. 91).

## 102. Дендритовая соль — носитель для ГЖХ

Дендритовой солью называют кристаллическую разновидность NaCl с разветвленной или звездообразной формой, отличающуюся высокой удельной поверхностью. Значительная поверхность кристаллов определяет сравнительно большую загрузочную емкость по отношению к жидким фазам — до 3%. С учетом большой плотности соли (1,1 г/см<sup>3</sup>, т. е. в 2—4 раза больше, чем у диатомитовых носителей), относительное содержание жидкой фазы довольно велико даже при малом проценте загрузки. Дендритовая соль содержит мало пылевидных частиц, благодаря чему колонки оказывают сравнительно низкое сопротивление потоку газа-носителя.

Dendritic Salt [МСС, США]: зернение 250—420, 180—250 и 150—180 мкм (40—60, 60—80 и 80—100 меш).

Лит.: Сгоррегер F. R., Ньювуд А., Nature, 1954, v. 174, No. 4440, p. 1063—1064.

## 103. Кизельгур для жидкостной хроматографии

Кизельгур (см. разд. 97) широко используют в качестве носителя в жидкостной распределительной хроматографии на колонке и в тонком слое. Для ТСХ суспензию для нанесения слоя готовят из расчета 2 мл воды на 1 г кизельгура.

На приготовление 5 пластин форматом 20×20 см со слоем толщиной 250 мкм расходуется примерно 25 г кизельгура (готовые пластины для ТСХ — см. разд. 135).

Для фракционирования нуклеотидов и нуклеиновых кислот часто применяют колонки с кизельгуром, содержащим метилированный альбумин в адсорбированном состоянии (МАК или МАЦ: метилированный альбумин на кизельгуре или целите) (M a n d e l l J. D., H e r s h e y A. D., Anal. Biochem., 1960, v 1, No. 1, p. 66—77; М у р а к а м и В., в кн.: Методы исследования нуклеиновых кислот, М., «Мир», 1970, с. 113—116; С у е о к а Н., Ч е н ь Ц а и - и н ь, Там же, с 122—125; Г у с ь к о в а Л. И., Д е м у ш к и н В. П., Усп. химии, 1974, т. 43, № 7, с. 1241—1281).

№ п/п	Марки носителей и фирм-изготовитель	pH	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Добавки	Средний размер частиц, мкм	Назначение
1	Kieselgur [MN, ФРГ]			Нет		ТСХ
2	N			Нет		ТСХ
3	N/UV <sub>254</sub>			Гипс		ТСХ
4	G			Гипс +		ТСХ
5	G/UV <sub>254</sub>			+ ФИ (254)		
6	MN 106			Нет		Фильтр.
7	Merck Kieselgur [Merck, ФРГ]			Нет		Фильтр.
8	gereinigt (Nr. 8119)	8		Гипс (15%)	5—15	ТСХ
9	G (Nr. 8129) (Nr. 10601)			Нет		КЖХ
10	Selecta 0114 [S & S, ФРГ]			Нет		КЖХ
11	MAK-Cellulose [Serva, ФРГ]			Целлюлоза		КЖХ
12	Celite [J-М, США]	10		Нет		Фильтр.
13	501	10	1,5	»		»
14	503	7		»		»
15	505	7		»		»
16	512	7		»		»
17	535	10		»	10—50	»
18	545	10	1,0	»	20—45	»
19	560	10		»		»
20	Filter-Cel	7	16	»		»
21	Standard Super-Cel	7	5	»	2—15	»
22	Hyflo Super-Cel	10	2,0	»	5—25	»
23	Celatom [E-Р, США]	7—8		Нет	2	Фильтр.
24	FN-2	6,5—7		»	3	»
25	FP-2	6,5—7		»		»
26	FP-22	6,5—7		»		»
27	FP-4	6,5—7		»	5	»

№ п/п	Марки носителей и фирма- изготовитель	pH	Удельная поверх- ность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Добавки	Средний размер частиц, мкм	Назначение
25	FP-6	6,5—		Нет	6	Фильтр
26	FW-6	7—		»	6	»
27	FW-14	8,5—		»	8	»
28	FW-18	9,8—		»	10	»
29	FW-20	9,8—		»	12	»
30	FW-40	9,5—		»		»
31	FW-50	8—		»	15	»
32	FW-60	9,5—		»	19	»
33	FW-80	8—		»		»
		9,5				
	Dicalite Diatomite [Gref, США]					
34	Superaid			Нет	5,0	Фильтр.
35	Speedflow			»	4,9	»
36	Special speed- flow			»	5,5	»
37	Speedplus			»	9,0	»
38	Speedex			»	15,0	»
39	4200			»	17,7	»
40	«Baker TLC» Kie- selguhr [Baker, США]			Нет	<40 (≥95%)	ТСХ
	Clarcel [CECA, Франция]					
41	CB	6		Нет		Фильтр.
42	DC	7		»		»
43	DIP	9		»		»
44	DIF	9,5		»		»
45	DIC	9,5—		»		»
		10				
	Kieselguhr M.F.C. [H & W, Англия]					
46				Нет	<50	ТСХ
47	G preparation			Гипс	<50	ТСХ
48	Kieselguhr [BDH, Англия]			Гипс (13%)		ТСХ



№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	pH	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Добавки	Средний размер частиц, мкм	Назначение
49	Terre silicée composée RS [Erba, Италия]					ТСХ
50	Dia-Chrom [ASL, США]		10		37—44	ВСЖХ
51	Chromosorb LC-1 [J-M, США]		0,5—1,0		37—44	ВСЖХ

Примечания. 6. Очищенный кальцинированный кизельгур. Содержание примесей (в %):  $\text{Cl}$  0,01;  $\text{SO}_4$  0,01;  $\text{Fe}$  0,05;  $\text{Pb}$  и другие тяжелые металлы 0,01; потери от прокаливания 0,2. 7. Содержание примесей (в %):  $\text{Cl}$  0,02;  $\text{Fe}$  0,05. 9. Очищенный кизельгур, с низким содержанием  $\text{Fe}$ . 10. Кизельгур с метилированным альбумином. Для улучшения фильтрационной способности к сорбенту добавлен порошок целлюлозы. 11—20. Вспомогательные фильтровальные порошки на основе диатомов морского происхождения (Ломпак, Калифорния). Широко используют также и для хроматографии. Химический состав, в среднем (в %):  $\text{SiO}_2$  90—93;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  1—5;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1,2—1,5;  $\text{CaO}$  0,4—0,5;  $\text{MgO}$  0,5—0,6;  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  1—3;  $\text{TiO}_2$  0,2;  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,2. 21—33. Вспомогательные фильтровальные порошки на основе диатомитов из пресноводных отложений (в штате Невада). 50. Кальцинированный диатомитовый носитель для ВСЖХ. Отличается очень низким сопротивлением потоку, но эффективность разделения небольшая. Применяется с 10—30% жидкой фазы. Выпускается с 1971 г. 51. Рекомендуемое количество жидкой фазы — 4%.

#### 104. Целлюлозные порошки для КЖХ

Порошки из фрагментов целлюлозного волокна — сильно гидрофильный, набухающий материал с хорошими фильтрационными свойствами. Микрокристаллическую целлюлозу типа «авицел» получают из высокоочищенной целлюлозы посредством недлительного (15 мин) гидролиза с кипящей 2,5 н. соляной кислотой (Battista D. A., Ind. Eng. Chem., 1950, v. 42, No. 3, p. 502—507).

Целлюлоза относительно устойчива при обычных температурах в разбавленных растворах кислот, щелочей и окислителей, а также в органических растворителях. В концентрированных растворах кислот и щелочей разрушается. Во влажном состоянии целлюлозу следует предохранять от действия бактерий с помощью антисептиков.

Порошковые целлюлозы используют в качестве носителей для жидкостной распределительной хроматографии веществ различных классов: сахаров, глицеридов, карбоновых и аминокислот, витаминов, пестицидов, неорганических ионов и многих других веществ.

Для хроматографии белков и пептидов, ассоциированных с ДНК и РНК, рекомендуется этанолизированная целлюлоза (№ 13, 24, 25), все ионогенные группы которой блокированы мостикообразованием (Alberts B. M. et al., Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 1968, No. 33, p. 289—305; Alberts B., Herrick G., Methods in enzymol., 1971, v. 21, p. 198—217; Smith I. et al., Anal. Biochem., 1972, v. 48, No. 1, p. 27—32).

№ п/п	Марки порошков и фирма-изготовитель	Сорт	Удельная поверх- ность, м <sup>2</sup> /г	Средний размер влажных частиц, мкм
	Cellulosepulver MN [MN, ФРГ]			(≥85%)
1	MN 100	Древесная	0,65	20—100
2	MN 2100	То же, промыта кислотой	0,55	20—75
3	MN 2100 ff	То же, и обезжиренная	0,55	20—75
4	MN 2200	Хлопковая, промыта кис- лотой	0,35	20—120
5	MN 2200 ff	То же, и обезжиренная	0,35	20—120
6	Avicel für die SC	Микрокристаллическая		38
	Selecta [S & S, ФРГ]			
7	123	Древесная (?)		20—150
8	123a	То же, промыта кислотой		20—150
9	124	Хлопковая		20—150
10	124a	То же, промыта кислотой		20—150
	Serva Cellulose [Serva, ФРГ]			
11	HBS reinst	Древесная, очищенная		
12	HL reinst	Хлопковая, очищенная		
13	APX p. A.	Этанолизированная		
14	Avicel-PH (Avirin)+	Микрокристаллическая		38
15	Cellulose [TS, ФРГ]			25—50
16	Mikrokristallin (Nr.2331) [Merck, ФРГ]	Микрокристаллическая		20—100
	Whatman Cellulose Pow- ders [W, Англия]			
17	GF 1	Грубоволокнистая		
18	GF 11	Тонковолокнистая		
19	CC 31	Микрозернистая		75—150, 15—40
	Cellulose CT [RA, Англия]			
20	CfO. col	Волокнистая		
21	CmgO. col	Микрозернистая		
	Cellex [BRL, США]			
22	N-1	Стандартная, очищенная		20—300
23	MX	Микрокристаллическая, очищенная		20—300
24	410 (XF-1)+	Этанолизированная		20—300
25	Munktell No. 410 [GP, Швеция]	»		<90
	«Baker Analyzed» Cellu- lose [Baker, США] (No. 1525)			
26				

№ п/п	Марки порошков и фирма-изготовитель	Сорт	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Средний размер влажных частиц, мкм
27	(No. 1526)	Хлопковая, промыта кислотой		
28	Microcrystalline Cellulose LK [LB, СССР]	Микрокристаллическая		75

Примечания. 1—6. Удельная поверхность определена по методу Блэйна (Blaine). Средняя степень полимеризованности 620—680 (№ 1—3), 180—220 (№ 4, 5). 6. рН = 6,5—7,0. 13. Хлопковая целлюлоза, промытая горячим этанолом и пиридином. 16. Влажность 6%, рН = 7. 24. Идентична марке № 25. См. прим. к № 13.

### 105. Целлюлозные порошки для ТСХ (см. также разд. 104 и 137)

Целлюлозные порошки образуют прочные слои без добавления связующего. На получение 5 пластин формата 20×20 см с толщиной слоя 0,25—0,3 мм (во влажном состоянии) расходуется 15—25 г порошка. Суспензию готовят из расчета 30—60 (иногда до 90) мл воды на 10 г целлюлозы. Накатанные пластины высушивают на воздухе. При необходимости пластины активируют 10—15 мин при 105—110 °С.

№ п/п	Марки порошков и фирма-изготовитель	Сорт	Добавки	Средний размер влажных частиц, мкм
	Cellulosepulver MN [MN, ФРГ]			(≥95%)
1	MN 300	Волокнистая	Нет	2—20
2	MN 300 F 254 (300 UV <sub>254</sub> )	»	ФИ (254)	2—20
3	MN 300 G	»	Гипс	2—20
4	MN 300 GF 254 (300 G UV <sub>254</sub> )	»	Гипс + + ФИ (254)	2—20
5	MN 300 HR	Волокнистая, очищенная	Нет	2—20
6	Avicel für die DC	Микрокристаллическая	»	19 (?)
7	Selecta [S & S, ФРГ] 142 dg	Дважды промыта кислотой	Нет	10—50
8	144	Микрокристаллическая	»	19
9	144/LS 254	То же	ФИ (254)	19
10	180	Волокнистая	Нет	2—25
11	180/LS 254	»	3% ФИ (254)	2—25
12	180 a	То же, промыта кислотой	Нет	2—25

№ п/п	Марки порошков и фирма-изготовитель	Сорт	Добавки	Средний размер влажных частиц, мкм
13	Serva Cellulose [Serva, ФРГ] Avicel-SF	Микрокристалличе- ская	Нет	19
14	TLC reinst	То же, очищенная	»	19
15	Merck Cellulose [Merck, ФРГ] native (Nr. 2351)	Волокнистая	Нет	3—40
16	microcrystalline (Nr. 2330)	Микрокристалличе- ская	»	
17	Excoгна Cellulose [Ex, ФРГ]		Гипс	
18	Cellulosepulver [RDH, ФРГ] D		Нет	
19	DF		ФИ (254)	
20	Camag Cellulosepulver [CAMAG, Швейцария] D-O	Микрокристалличе- ская	Нет	
21	DF-O	То же	ФИ (254)	
22	DS-O	То же, более крупно- го зернения	Нет	
23	DSF-O		ФИ (254)	
24	Cellulose [Sup, США]	Микрокристалличе- ская	Нет	10
25	«Baker TLC» Cellulose [Baker, США]	То же	»	<100
26	Cellulose [ASL, США]	»	»	
27	Avicel [FMC, США]	»	»	50
28	Cellulose CT [RA, Англия] CmgO. TLC	Микрозернистая	Нет	
29	CmgOF. TLC	»	ФИ (254)	
30	Whatman CC 41 [W, Англия]	»	Нет	15—20
31	Cellulose LT [LB, ЧССР]	Микрокристалличе- ская		<30

Примечания. 1—5. Удельная поверхность по Блэуну 1,5 м<sup>2</sup>/г, средняя степень полимеризованности 400—500. ФИ — силикат цинка, активированный Mn (см. прим. к № 8, 9). Порошок № 5 промыт кислотой и обезжирен. 6. pH = 6,5—7,0. 8, 9. Целлюлоза типа «авицел», средняя степень полимеризованности 40—200. ФИ — сульфид цинка (3%). При изготовлении пластин, для равномерного распределения индикатора, суспензию рекомбидуется готовить не на воде, а на разбавленном (2 : 1) метаноле. В сильнокислых растворах сульфид цинка неустойчив. 11. ФИ — силикат цинка. 16. Влажность 6%, pH = 7. 25. Влажность 5%. 30. pH = 6,5—7,5.

## 106. Гидрофобизированные целлюлозные порошки для жидкостной хроматографии методом обращенных фаз

Гидрофобные свойства целлюлозным порошкам придают посредством ацетилирования (в некоторых случаях — обработкой силиконом). Ацетилированная целлюлоза неустойчива (растворима) в некоторых органических растворителях: галогенированных углеводородах, диоксане, кетонах, эфирах. Пластины для ТСХ с ацетилированными целлюлозами активируют 5—10 мин при 60 °С (готовые пластины — см. разд. 138).

Гидрофобизированные целлюлозные порошки используют для распределительной хроматографии (с обращенными фазами) липофильных веществ — липидов, стероидов, фенолов, полиароматических соединений, карбоновых кислот, органических перекисей и антиокислителей, инсектицидов.

№ п/п	Марки порошков и фирма-изготовитель	Средняя степень ацетилирования, % $\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}-$	Добавки	Средний размер частиц, мкм	Назначение
	Cellulosepulver MN [MN, ФРГ]				
1	MN 2100 AC-10	10	Нет	20—75	КЖХ
2	MN 2100 AC-20	20	»	20—75	КЖХ
3	MN 2100 AC-30	30	»	20—75	КЖХ
4	MN 2100 AC-40	40	»	20—75	КЖХ
5	MN 2100 WA	Нет	Силикон	20—75	КЖХ
6	MN 300 AC-10	10	Нет	2—20	ТСХ
7	MN 300 AC-20	20	»	2—20	ТСХ
8	MN 300 AC-30	30	»	2—20	ТСХ
9	MN 300 AC-40	40	»	2—20	ТСХ
10	MN 300 G AC-10	10	Гипс	2—20	ТСХ
11	MN 300 G AC-20	20	»	2—20	ТСХ
12	MN 300 G AC-30	30	»	2—20	ТСХ
13	MN 300 G AC-40	40	»	2—20	ТСХ
	Selecta [S & S, ФРГ]				
14	123/21 ac	20—25	Нет	20—150	КЖХ
15	123/45 ac	40—45	»	20—150	КЖХ
16	124/21 ac	20—25	»	20—150	КЖХ
17	124/45 ac	40—45	»	20—150	КЖХ
18	144/21 ac	20—25	»	≈ 20	ТСХ
19	144/45 ac	40—45	»	≈ 20	ТСХ
20	Acetyl Cellulose Woelm [Woelm, ФРГ] Cellulose monoacetate [Merck, ФРГ]	Частично	Нет	100—400	КЖХ
21	Nr.2305	21	Нет		КЖХ
22	Nr.2303	21	»		ТСХ
	Cellulose AC10 [Baker, США]				
23	No.1530	8—12	Нет		КЖХ
24	No.1524	8—12	»	< 40	ТСХ
25	Acetyliert Cellulose [BC, ГДР]				КЖХ

Примечание. Свойства исходных целлюлозных порошков см. в разд. 104 и 105.

107. Максимальное содержание примесей в целлюлозных порошках, %

Марки порошков	Fe (·10 <sup>4</sup> )	Cu (·10 <sup>4</sup> )	P (·10 <sup>4</sup> )	Вещества, экстрагируемые CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	Зольность (850 °C)
MN 100	15	6	7	0,15	0,08
2100	5	4	2	0,13	0,015
2100 ff	5	4	2	0,01	0,015
2200	2	2		0,02	0,01
2200 ff	2	2		0,001	0,01
300	15	6	7	0,12	0,08
300 HR	20	1		0,01	0,01
Avicel					0,01
Selecta 123	5	1			0,15
123 a	4	0,5			0,01
124	15	10			0,07
124 a	10	5			0,01
142 dg	30	1		0,2	0,02
144	3	0		0,01	0,01
180	15	3		0,2	0,1
180 a	3	1		0,05	0,02
Whatman CF	5	2			0,015
CC	5	5			0,01
Merck mikrokristallin	5	3	1	0,11	0,01
Serva APX p. A.					0,01
Cellulose [TS, ФРГ]	20	10			0,19
Baker TLC	10			0,05 (MeOH)	0,05
Munktell No. 410, Cel- lex 410					0,007
Cellex N-1					0,02
Cellulose LK, LT (ЧССР)	4				0,05

## VII. ПОВЕРХНОСТНО-ПОРИСТЫЕ СОРБЕНТЫ (ППС)

108. ППС с активным силикатным слоем . . . . .	202
109. ППС с неактивным силикатным слоем (носители жидких фаз) . . . . .	203
110. ППС с оксидом алюминия . . . . .	204
111. ППС с активным углем . . . . .	204
112. ППС со слоем полимера . . . . .	204
113. ППС-ионообменники . . . . .	205

Поверхностно-пористые сорбенты (ППС; синонимы: поверхностно-слоевые, пелликулярные или пленочные, тонкослойно-пористые, сорбенты с контролируемой поверхностной пористостью) состоят из сплошного непористого ядра и тонкого пористого слоя сорбента на его поверхности. Ядро зерна выполнено обычно из стекла или стекловидного материала и имеет, чаще всего, правильную сферическую форму. Пористый слой толщиной приблизительно 1 мкм прочно связан с ядром.

ППС обладают свойствами исключительно ценными с точки зрения жидкостной хроматографии, и особенно высокоскоростной жидкостной хроматографии (ВСЖХ). Главное преимущество ППС перед обычными пористыми (объемно-пористыми) сорбентами состоит в чрезвычайно благоприятных условиях для быстрого массопереноса в процессах сорбции — десорбции, что позволяет проводить хроматографические разделения с высокой скоростью без потерь в эффективности и разрешении. ВЭТТ на колонках с ППС достигает 0,1—0,3 мм. ППС регенерируются очень быстро. ППС имеют отличные механические и гидравлические характеристики: высокую механическую прочность, несжимаемость и малое сопротивление потоку при большом давлении. Заполнение колонок не сложно. Некоторые ППС производят с нерегулярной формой частиц; это почти не сказывается на эффективности, но приводит к небольшому увеличению сопротивления потоку по сравнению с микросферическими сорбентами.

Невысокая емкость ППС (не более 0,1 мг/г) обуславливает их применение только в работах аналитического назначения. Для препаративных целей более пригодны объемно-пористые сорбенты (при ВСЖХ предпочтение отдается микрозернистым сорбентам — см. разд. 2, 6 и др.). По совокупности свойств ППС наилучшим образом удовлетворяют условиям хроматографии с применением градиентной элюции.

Впервые ППС были испытаны в 1962 г. (Халас и Хорваш). В это же время отечественные ученые исследовали поверхностно-травленные стекла. Стекланные сорбенты, полученные путем выщелачивания в различных режимах, обладали большей эффективностью, чем объемно-пористые стекла. Первые высокоэффективные ППС («Зипакс») получил Киркленд в 1969 г.

Лит.: Жданов С. П. и др., ЖФХ, 1962, т. 36, № 5, с. 1118—1120; Там же, 1963, т. 37, № 6, с. 1432—1434; Halász I., Horgvath C., Anal. Chem., 1964, v. 36, No. 7, p. 1178—1186; No. 12, p. 2226—2229; Kirkland J. J., Ibid., 1969, v. 41, No. 1, p. 218—220; Idem, J. Chromatog. Sci., 1969, v. 7, No. 1, p. 7—10; No. 6, p. 361—365; Березкин В. Г., Никитина Н. С., Усп. химии, 1971, т. 40, № 5, с. 927—942.

### 108. ППС с активным силикатным слоем

Поверхностно-пористые сорбенты с адсорбционно-активным слоем силиката ( $\text{SiO}_2$ ) используют как высокоэффективные сорбенты того же характера, что и силикагель. С целью достижения требуемой селективности их можно модифици-

ровать нанесением небольшого количества жидкой фазы. Оптимальным количеством считается 0,5—2%, предельная загрузка жидкой фазой — 3—4%. ППС с тонким пористым слоем рекомендуются для высокоскоростной хроматографии, тогда как сорбенты с более толстым слоем обладают повышенной емкостью и более высокой разделительной способностью.

Применение силикатных ППС очень разнообразно: на них разделяют амины, амиды, простые и сложные эфиры, спирты, фенолы, альдегиды, кетоны, нитросоединения и нитрилы, стероиды, витамины, наркотики, пестициды и другие вещества.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма изготовитель	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Зернение, мкм
1	Corasil [WA, США]		
2	I	15	37—50
	II	30	37—50
3	Pellosil [RA, США]		
4	HS (NN) <sup>+</sup>	4	37—53
	HC (NK) <sup>+</sup>	8	37—53
5	Vydac SC Adsorbent (101) [SG, США]	12	30—44
6	Chromasep-SCA [Chr, США]	12	30—40
7	Sil-X-II [N/F, США]	12	37—52
8	Chromosorb LC-2 [J-M, США]	15—30	37—44
9	Perisorb A [Merck, ФРГ; EML, США]	10—14	30—40
10	Silica-V [Woelm, ФРГ]	11	37
11	Jascosil WC-01 [Jasco, Япония]		

Примечания. 1, 2. Рекомендованы для ВСЖХ в неполярных и умеренно полярных растворителях. Получены ВЭГТ до 0,2 мм со скоростью 40 ЭГТ/с. Марка № 2 — с пористым слоем двойной толщины. Производится с 1970 г. 3, 4. Толщина пористого слоя 0,5 и 1 мкм соответственно; плотность набивки в колонках 1,4—1,6 г/см<sup>3</sup>. 5. Средний диаметр пор 5,7 нм. Рекомендован для ВСЖХ в органических растворителях не более полярных, чем метанол. Регенерация выполняется метанолом. Выпускается с 1972 г. 6. Идентичен № 5. 9. Средний диаметр пор 6 нм, толщина пористого слоя менее 1 мкм, удельный объем пор 0,05 см<sup>3</sup>/г. 10. Средний диаметр пор 6 нм.

### 109. ППС с неактивным силикатным слоем (носители жидких фаз)

№ п/п	Марки носителей и фирма изготовитель	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Рекомендуемая загрузка жидкой фазой, %	Зернение, мкм
1	Zipax (Zipax CSP) [duP, США]	0,83	0,5—1,5 (до 2)	63—74 37—44 20—37
2	Liqua-Chrom [ASL, США]	<10	3 (1—6)	44—53
3	Perisorb B [Merck, ФРГ]			
4	Jascosil WC-03 [Jasco, Япония]			

Примечания. 1. Выпускается с 1969 г. 2. Носитель с гранулами нерегулярной формы. ВЭГТ до 0,4—1 мм. Производится с 1971 г.



## 110. ППС с окисью алюминия

Используют как адсорбенты или как носители жидких фаз. Рекомендуемая загрузка жидкой фазой 0,5—1,5%, наилучшие результаты получены при 1%.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Зернение, мкм
1	Pellumina [RA, США] HS (DN) <sup>+</sup>	4	37—53
2	HC (DK) <sup>+</sup>	8	37—53

Примечание. Окись алюминия ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, рН = 7) химически связана с поверхностью ядра. Перед использованием сорбент рекомендуется активировать 2—3 ч при 100 °С. Плотность набивки в колонках 2,5—2,7 г/см<sup>3</sup>.

## 111. ППС с активным углем

Pellicarb [RA, США]: зернение 37—53 мкм.

## 112. ППС со слоем полимера

Используют как сорбенты и носители жидких фаз.

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Материал пористого слоя	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Зернение, мкм
1	Zipax [duP, США] -Polyamide (РАМ)	Полиамид	1	25—37
2	-АНН	Цианоэтилсиликоновый полимер (1%)	1	37—44
3	-НСР	Насыщенный углеводородный полимер	1	25—37
4	Pellamidon (Pellidon) <sup>+</sup> [RA, США]	Полиамид 66 (1,5%)	1	37—63
5	Perisorb PA 6 [Merck, ФРГ; EML, США]	Полиамид 6 (8%)	0,6	30—40
6	Sepcote-PM40 [ST, США]	Полистирол		40

Примечания. 1—3. На основе носителя Zipax (см. разд. 109). Неполярный сорбент № 3 предназначен для хроматографии с обращенными фазами в нейтральных или слабокислых средах (в сильноокислых и щелочных средах пористый слой может отщепляться), предельная рабочая температура 50 °С. 4. Толщина пористого слоя 1 мкм, плотность набивки в колонках 1,4—1,6 г/см<sup>3</sup>. Полимер обладает небольшой ионообменной способностью вследствие слабой гидролизованности поверхности. О применении см. R a b e l F. M., Anal. Chem., 1973, v. 45, No. 6, p. 957—962. 5. Толщина пористого слоя 2 нм.

### 113. ППС-ионообменники

(см. также разд. 115 и 117)

Микросферические зерна поверхностно-пористых или пелликулярных ионитов имеют сплошное непористое стеклянное ядро (с модифицированной поверхностью), покрытое слоем ионообменной смолы. Впервые они получены Хорвашем и Киркландом (Hogvath C. G. et al., Anal. Chem., 1967, v. 39, No. 12, p. 1422—1428; Hogvath C. G., Lipsky S. R., J. Chromatog. Sci., 1969, v. 7, No. 2, p. 109—116; Kirkl and J. J., Ibid., No. 6, p. 361—365).

Пелликулярные иониты обладают высокой механической прочностью. Колонки легко набиваются сухим способом. Гранулы ионитов не сжимаются под действием высокого давления и не растрескиваются при резких изменениях ионной силы раствора. Сопротивление потоку низкое; так, на колонке размером  $0,2 \times 100$  см потеря давления составляет приблизительно  $50 \text{ кгс/см}^2$  при скорости фильтрации 1 мл/мин. Устойчивость к действию органических растворителей, а также растворов с крайними значениями pH несколько снижена по сравнению с аналогичными ионообменными смолами.

В практике ВСЖХ чаще всего применяют сильнокислотные катиониты и сильноосновные аниониты на основе стирол-дивинилбензолных смол. В тех случаях, когда на полистирольной матрице проявляется неспецифическая адсорбция полярных веществ (по неионному механизму), предпочтительно использовать ионообменники на алифатической или полиэфирной основе. Слабоосновные аниониты более эффективны для разделения высокомолекулярных гетерофункциональных оснований типа полипептидов, нуклеиновых кислот и т. п.

Катионообменные ППС применяют для хроматографии нуклеиновых кислот, нуклеозидов, нуклеиновых оснований, ароматических аминов, аминокислот, катехоламинов, красителей, неорганических катионов (см. разд. 72). Анионообменные ППС применяют для хроматографии нуклеиновых кислот и их компонентов (особенно хорошие результаты получаются при разделении нуклеотидов), органических кислот, белков, полипептидов, стероидов, витаминов, гормонов, барбитуратов, анальгетиков, пестицидов, фенолов, ПАВ, пластификаторов, антиокислителей (см. разд. 74).

№ п/п	Марки ионитов и фирма-изготовитель	Тип смолы	Активные группы и ионная форма	Полная обменная емкость, мкг-экв/г	Рабочая область pH	Термостой- кость, °С	Зернистость, мкм
1	Vydac SC [SG, США] Cation Exchange (401 SA)	Стирол-ДВБ	$-\text{SO}_3\text{H}$	100	(1—2)— (9—10)	80—100	30—44
2	Anion Exchange (301 SB)	Стирол-ДВБ	$-\text{N}^+ \text{R}_3 \text{Cl}^-$	100	(1—2)— (9—10)	80—100	30—44
3	Zirax [duP, США] -SCX	F-содержащий поли- мер, M 1000	$-\text{SO}_3\text{Na}$	3,2			25—37
4	-SAX	Лаурилметакрилат, M 500	$-\text{N}^+ \text{R}_3 \text{Cl}^-$	12	4—10		25—37
5	-WAX	Полиамид	$-\text{NH}_2 \cdot \text{HCl}$	12			25—37
6	Pellionex [RA, США] HC-SCX (CP-109)+	Стирол-ДВБ	$-\text{SO}_3\text{H}$	60	2—10	80 (40?)	37—53
7	HS-SCX (CP-128)+	Стирол-ДВБ	$-\text{SO}_3\text{H}$	8—10	2—10	80 (40?)	37—53
8	AE-SAX (AT-79)+	Ароматический поли- эфир	$-\text{N}^+ \text{R}_3 \text{Cl}^-$	10	2—10	85 (70?)	37—53
9	AS-SAX (AP-218)+	Стирол-ДВБ (8%)	$-\text{N}^+ \text{R}_3 \text{Cl}^-$	10	2—12	85 (70?)	37—53

10	AL-SAX	Алифатическая смола	Сильноосновные			37—53
11	AL-WAX	»	—NH <sub>2</sub>		2—7	75 37—53
12	Ion-X [N/F, США] -SC		—SO <sub>3</sub> H	100	2—(9—10)	37—52
13	-SA		—N <sup>+</sup> R <sub>3</sub>	100	2—(9—10)	37—52
14	Pellicular [VA, США] Cation		—SO <sub>3</sub> Na	10		30—50
15	Anion		—N <sup>+</sup> R <sub>3</sub> Cl <sup>-</sup>	10		30—50
16	Sepcote [ST, США] -CA		—SO <sub>3</sub> H			40
17	-AN		—N <sup>+</sup> R <sub>3</sub>			40
18	-WAN		—NH <sub>2</sub>			40
19	Jascorex [Jasco, Япония] C V-01		Кислотные			
20	A V-02		Основные			

Примечания. 1, 2. На основе Vydac SC Adsorbent (см. разд. 108), производят с 1972 г. Оптимальные условия хроматографии: температура 60 °С, ионная сила растворов 0,01—0,1 М. 3—5. На основе Ziraх (см. разд. 109). 6—11. Плотность набивки в колонках 1,4—1,6 г/см<sup>3</sup> (кроме № 8: 1,1—1,4 г/см<sup>3</sup>).

## VIII. СОРБЕНТЫ С ПРИВИТЫМИ ФАЗАМИ

114. Объемно-пористые сорбенты с привитыми фазами . . . . .	210
115. Объемно-пористые сорбенты с привитыми фазами-ионообменниками . . . . .	214
116. Поверхностно-пористые сорбенты с привитыми фазами . . .	216
117. Поверхностно-пористые сорбенты с привитыми фазами-ионообменниками . . . . .	217
118. Примеры разделения веществ методом ВСЖХ на сорбентах с привитой фазой октадецилсиликоном . . . . .	217

Селективные сорбенты можно получить в результате закрепления на поверхности носителя (посредством ковалентных связей) мономолекулярного слоя жидкой фазы. Такие сорбенты с ориентированным расположением молекул фазы называют иногда «щетками». Химическое связывание неподвижной фазы устраняет или значительно уменьшает все проблемы, связанные с частичным вымыванием жидкой фазы из колонки при традиционной распределительной хроматографии, как-то: дрейф нуля при ГЖХ с программированием температуры или жидкостной градиентной хроматографии, загрязнение продукта жидкой фазой при препаративном выделении вещества, трудности (по той же причине) совмещения газового хроматографа с масс-спектрометром в связи с весьма высокой чувствительностью последнего, и т. п.

Сорбенты с привитыми фазами изготовляют на основе объемно-пористых (обычных) или поверхностно-пористых сорбентов (носителей). Первые обладают повышенной емкостью, однако по эффективности разделения преимущество у вторых.

Сорбенты типа «дурапак» получают при взаимодействии активных гидроксильных групп кремнеземов со спиртами. Однако гидролитическая и термическая стабильность силикат-эфирной связи  $\text{>Si-O-C<}$  недостаточна. Вследствие этого этерифицированные силикатные носители имеют ограниченное применение в жидкостной хроматографии: не допускается использование растворов, содержащих воду, спирты (больше 10%) и другие полярные растворители, а также растворы кислот и оснований.

В настоящее время более распространены сорбенты с силоксановой связью  $\text{>Si-O-Si<}$ , которые получают посредством взаимодействия активных гидроксидов (силанолов) поверхности с органохлорсиланами или алкоксисиланами, часто с последующей полимеризацией. Такие сорбенты отличаются повышенной стабильностью, их можно применять для хроматографии в водных (pH = 2÷9) и спиртовых растворах при температуре до 80 °С. Очень популярны сорбенты с привитой гидрофобной фазой октадецилсиликоном  $\text{>Si-(CH}_2\text{)}_{17}\text{CH}_3$  («фаза C<sub>18</sub>»).

Их применяют для жидкостной хроматографии с обращенными фазами при использовании смесей метанол—вода, ацетонитрил—вода и других полярных растворителей. Сорбенты с фазой  $C_{18}$  применяют для разделения алифатических и ароматических углеводов, галогенпроизводных, стероидов, пестицидов, простых и сложных эфиров, альдегидов, кетонов, высших жирных кислот, амидов, нитросоединений, жирорастворимых витаминов (см. разд. 118). Весьма эффективны такие сорбенты и для извлечения и концентрирования следов органических веществ из водных растворов (пестицидов и других веществ, загрязняющих природу, лекарственных препаратов и их метаболитов).

Сорбенты на основе пористого стекла с привитыми углеводами (CPG/Glycophase, CPG/Dextran) предназначены для ГПХ высокомолекулярных веществ в водных растворах и других полярных растворителях. Эти сорбенты сочетают гидрофильный характер поверхности с механической прочностью и жесткостью внутренней структуры пористого стекла, позволяющими работать при давлении выше  $350 \text{ кгс/см}^2$ . Мономолекулярный слой декстрана имитирует поверхность мягких гелей на углеводной основе — сефадексов и агароз. Сорбенты с модифицированной гидрофильной поверхностью могут быть использованы также в качестве носителей биоспецифических сорбентов для аффинной хроматографии (см. разд. 123). Пористые стекла устойчивы к действию кислот (кроме фтористоводородной) и органических растворителей, выдерживают термическую стерилизацию, однако продолжительное использование при  $\text{pH} > 9$  и температуре выше  $30^\circ \text{C}$  не рекомендуется из-за возрастающей растворимости стекла в воде. Под воздействием сильных окислителей глицириловые группы привитых фаз могут превращаться в соответствующие альдегиды.

Агарозные гели с привитыми углеводородными радикалами (алкил- и фенил-агарозы) предложены недавно для хроматографического разделения и очистки белков на основе неспецифического взаимодействия с гидрофобной поверхностью («гидрофобная хроматография» — см. Йон, 1972 и Хофсти, 1973). Фенил-агароза наряду с гидрофобным взаимодействием проявляет специфичность к ароматическим веществам (например к белкам с фениловыми и тирозиловыми группами) на основе  $\pi$ - $\pi$  взаимодействия ароматических остатков. Элюирование веществ при гидрофобной хроматографии достигается изменением ионного состава раствора, понижением его ионной силы или полярности (например посредством включения этиленгликоля в состав элюента) или с помощью детергентов.

Лит.: Abel E. W. et al., *J. Chromatog.*, 1966, v. 22, No. 1, p. 23—28; Stewart H. N. M., Perry S. G., *Ibid.*, 1968, v. 37, No. 1, p. 97—98; Hálász I., Sebestian I., *Angew. Chem. Internat. Ed.*, 1969, v. 8, No. 6, p. 453—454; Kirkland J. J., DeStefano J. J., *J. Chromatog. Sci.*, 1970, v. 8, No. 6, p. 309—314; Yon R. J., *Biochem. J.*, 1972, v. 126, No. 3, p. 765—767; Hofstee V. H. J., *Analyt. Biochem.*, 1973, v. 52, No. 2, p. 430—448.

## 114. Объемно-пористые сорбенты с привитыми фазами

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Основа сорбента	Привитая фаза	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Максимальная рабочая температура, °С	Форма зерна	Назначение	Зернение	
								меш	мм
1	Durapak [WA, США]		Оксидипропионитрил	50	135—150	мс	ГЖХ	80—100	150—180
2	OPN/Porasil C		»	50		мс	ВСЖХ	200—400	37—75
3	n-Octane/Porasil C	Porasil C (см. разд. 36)	n-Октан	50	160—175	мс	ГЖХ	120—150	100—125
4			»	50		мс	ВСЖХ	120—200	75—125
5	Phenylisocyanate/Porasil C		Фенилизоцианат	50	60	мс	ГЖХ	80—100	150—180
6	Carbowax 400/Porasil C		Carbowax 400	50	150—175	мс	ГЖХ	100—120	120—150
7			» 400	50		мс	ВСЖХ	200—400	37—75
8	Carbowax 400/Porasil F (Low K')	Porasil F (см. разд. 36)	» 400	1,5	200—230	мс	ГЖХ	100—120	120—150
9	Bondapak [WA, США]								
10	C <sub>18</sub> /Porasil B	Porasil B (см. разд. 36)	C <sub>18</sub>	200		мс	ВСЖХ		37—75
11	Phenyl/Porasil B		Дифенилсилан	200		мс	ВСЖХ		37—75
12	μ Bondapak C <sub>18</sub>	μ Porasil (см. разд. 2)	C <sub>18</sub>	350	300	мс	ВСЖХ		8—12
13	μ Bondapak CN		Цианопропилсилан	350		мс	ВСЖХ		8—12
14	μ Bondapak NH <sub>2</sub>		Аминопропилсилан	350	300	мс	ВСЖХ		8—12
15	Carbohydrate Bondapak		То же?	350		мс	ВСЖХ		8—12
	GC Bondapak C <sub>18</sub> /Porasil C	Porasil C	C <sub>18</sub>	50	350	мс	ГЖХ	120—150	100—125
16	Sil-X [N/F, США]								
17	Octadecyl Sil-X-I (Sil-X-I-ODS; Sil-X-PR)	Sil-X-I (см. разд. 2)	C <sub>18</sub>	300—400		гр	ВСЖХ		37—52 (8—18?)
18	Phenyl Sil-X-I		Фенил	300—400		гр	ВСЖХ		37—52 (8—18?)
19	Fluoro ether Sil-X-I (Sil-X-I-Fe)		Гептафторизопропокси-пропиловый эфир	300—400		гр	ВСЖХ		37—52 (8—18?)
20	Amino-Sil-X-I		Алкиламин	300—400		гр	ВСЖХ		37—52 (8—18?)
21	Cyano-Sil-X-I		Алкилнитрил	300—400		гр	ВСЖХ		37—52 (8—18?)
22	Allylphenyl Sil-X-I		n-Аллилфенил	300—400		гр	ВСЖХ		37—52 (8—18?)
23	LiChrosorb [EML, США]								
	RP-2 (Si 60 Silanized)+	LiChrosorb SI 60 (разд. 2)	DMCS	>200		гр	ВСЖХ		5, 10, 30
	RP-8		Углеводород C <sub>8</sub>	>200		гр	ВСЖХ		5, 10
24	MicroPak [VA, США]								
25	-CH	То же	C <sub>18</sub>	200		гр	ВСЖХ		10
26	-CN		Алкилнитрил	200		гр	ВСЖХ		10
	-NH <sub>2</sub>		Алкиламин	200		гр	ВСЖХ		10
27	Vydac TP [SG, США]								
28	201 Reverse Phase	Vydac101 TP (см. разд. 2)	C <sub>18</sub>	100		мс	ВСЖХ		10
	501 Polar Bonded Phase		Алкилнитрил	100		мс	ВСЖХ		10
29	C <sub>18</sub> Reverse Phase-Bonded Supports [ASL, США]								
	HI-EFF Micropart	HI-EFF Micropart (см. разд. 2)	C <sub>18</sub>	250		гр	ВСЖХ		5
30	HI-FLOSIL	HI-FLOSIL (см. разд. 2)	C <sub>18</sub>			гр	КЖХ		44—75, 150—180
31	Zorbax-ODS [duP, США]	Zorbax-SIL (см. разд. 2)	C <sub>18</sub>	300		мс	ВСЖХ		5—8





**Примечания.** 1—8. Содержание привитой фазы 3—5%. 1. Достигнута скорость разделения легких углеводов со скоростью 23 ЭТТ/с. 7. Рекомендован для хроматографии металлоорганических веществ, ВЭТТ до 0,7 мм. 9. Устойчив при  $pH = 2 \div 9$ , ВЭТТ до 3 мм. 10. Рекомендуются для разделения сильнополярных веществ, например аминов и оксисоединений. Устойчив при  $pH = 2 \div 9$ . 11. Устойчив при  $pH = 1 \div 8$ , ВЭТТ до 0,1 мм. 12. Среднеполярный сорбент, пригоден для разделения неполярных и полярных веществ (соответственно методами распределительной хроматографии нормальной или с обращенными фазами), ВЭТТ до 0,1 мм. 13. Для разделения сильнополярных веществ, ВЭТТ до 0,1 мм. Устойчив в области  $pH$  от 2 до 8—9, в кислых средах проявляет анионообменные свойства с обменной емкостью 0,3—0,4 мг-экв/г. Сорбент не пригоден для хроматографии перекисей и веществ с карбонильными группами (аминогруппы окисляются первыми и образуют шиффовы основания со вторыми). 14. Для разделения сахаров и полиоксисоединений (возможно, подобен сорбенту № 13), ВЭТТ до 0,5 мм. В сильнокислой и сильнощелочной средах неустойчив. 18. Рекомендуются для разделения биологически активных веществ. 19. Селективен к ароматическим и нитросоединениям. 24—28. Поставляются только в колонках. 26. Устойчив при  $pH = 2 \div 9$ . 31. ВЭТТ до 0,06 мм. 33. Термостойкость 70 °С. 34—39. Поверхность пористого стекла со средним диаметром пор от 4 (№ 34) до 250 (№ 39) нм покрыта мономолекулярным (толщиной 1,8 нм) слоем углевода. Удельный объем пор (в  $см^3/г$ ) не менее 0,1 (№ 34), 0,4 (№ 35), 1,0 (№ 36, 37), 1,2 (№ 38), 1,5 (№ 39). 40. На основе стекла со средним диаметром пор 55 нм. 41, 42. Хелатные сорбенты с высокой специфичностью к неорганическому иону. Приготовлены на основе аминированного пористого стекла с диаметром пор 55 нм; для закрепления лиганда на стекле использована реакция диазотирования. Сорбент № 41 применяют для концентрирования и разделения Co, Ni, Cu, Fe, Al, Zr, Ti, V и других металлов. 44—48. Содержание привитой фазы 10—40  $мкмоль/см^3$ , емкость поглощения белков до 10  $мг/см^3$ . Поставляют в 50%-ной водной суспензии с антисептиком (1% толуола). 49—52. Предназначены для разделения полароматических (№ 49) и галогенированных (№ 50) соединений, эфиров нитроцеллюлозы (№ 51) и биогенных веществ (№ 52). 57—58. Устойчивы при  $pH = 2 \div 9$ . 59, 60. Содержание привитых фаз около 40  $мкмоль/см^3$ .

## **115. Объемно-пористые сорбенты с привитыми фазами-ионообменниками (см. также разд. 113 и 117)**

Высокоэффективные микрозернистые иониты на основе силикагелей (см. разд. 2) получают реакцией с органосиланами, которые содержат ионогенные группы или группы, способные к конверсии в ионогенные. Силоксановые связи обеспечивают прочное присоединение мономолекулярного слоя ионита к силикатной основе сорбента, что позволяет не опасаться отщепления ионита при резких изменениях ионной силы или  $pH$  раствора. Устойчивость к действию органических растворителей у привитых ионитов выше, чем у ионитов, имеющих адгезионное покрытие смолой на поверхности стеклянного ядра. Так как силикагель растворяется при  $pH > 10$  и  $< 1$ , иониты на этой основе рекомендуется использовать в диапазоне  $pH = 2 \div 9$ .

Обменная емкость данных ионитов на 2—3 порядка выше, чем ППС-ионитов (см. разд. 113 и 117). По сравнению с обычными микросферическими ионообменными смолами (см. разд. 44 и 50) привитые иониты обладают значительно большей механической прочностью и применимы при более высоких давлениях (ВСЖХ). Кроме того, благодаря высокой скорости массопереноса, хроматография на привитых ионитах обычно не требует применения повышенной температуры.

Ионообменники на модифицированном пористом стекле Glucosphere G заменяют аналогичные ионообменники на основе органических гелей — сефадексов, агароз и т. п. (см. разд. 86, 87). Преимущества таких ионитов обусловлены жесткостью структуры пористого стекла.

№ п/п	Марки ионитов и фирм-изготовитель	Активные группы и ионная форма	Полная обменная емкость, мг-экв/г	Рабочая область рН	Зерниение, мкм
1	Vydac TP [SG, США] 401 Cation Exchange	$-\text{SO}_3\text{H}$			10
2	301 Anion Exchange	$-\overset{+}{\text{N}}\text{R}_3$			10
3	Partisil-10 [RA, США] SCX	$-\text{SO}_3\text{H}$	15 (?)	1,5—7,5 (10)	9—15
4	SAX	$-\overset{+}{\text{N}}\text{R}_3 \text{H}_2\text{PO}_4^-$	15 (?)	1,5—7,5 (10)	9—15
5	Glycophase [CGW, США] CM-	$-\text{OCH}_2\text{COOH}$	0,1	4—8	74—125
6	SP-	$-\text{OC}_3\text{H}_6\text{SO}_3\text{H}$	0,05	1—8	74—125
7	DEAE-	$-\text{OC}_2\text{H}_4\overset{+}{\text{N}}\text{H}(\text{C}_2\text{H}_5)_2 \text{Cl}^-$	0,1	1—8	74—125
8	QAE-	$-\text{OC}_2\text{H}_4\overset{+}{\text{N}}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{C}_3\text{H}_6\text{OHCl}^-$	0,05	1—8	74—125
9	Nucleosil [MN, ФРГ] -SA	$-\text{SO}_3^-$	1	0—9	5; 10
10	-SB	$-\overset{+}{\text{N}}(\text{CH}_3)_3$	1	0—9	5; 10
11	LiChrosorb [EML, США] $\text{NH}_2$	$-\text{NH}_2$			10

Примечания. 3, 4. Предельная рабочая температура 70 °С. 5—8. Иониты на основе Glycophase G/CPG-250 (см. разд. 114) — пористого стекла, модифицированного мономолекулярным слоем углевода:  $\text{>Si}-(\text{CH}_2)_3\text{OCH}_2-\text{CHON}-\text{CH}_2\text{OR}$ , где R — активные ионогенные группы. Исходное стекло имеет средний диаметр пор 25 нм, объем пор не менее 1,0 см<sup>3</sup>/г, удельную поверхность приблизительно 130 м<sup>2</sup>/г. Емкость поглощения гемоглобина (в мг/см<sup>3</sup>): 40 (№ 5, 7), 20 (№ 6, 8). Производят с 1976 г.

## 116. Поверхностно-пористые сорбенты с привитыми фазами

№ п/п	Марки сорбентов и фирма-изготовитель	Основа сорбента (см. разд. 108 и 109)	Привитая фаза	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Зерни- ные, мкм
1	Vydac SC Reverse Phase (201) [SG, США]	Vydac SC	C <sub>18</sub>	12	30—44
2	Chromasep-RPV [Chr, США]	» SC	C <sub>18</sub>	12	30—40
3	Vydac Polar Bonded Phase [SG, США]	» SC	—Si—R—O—C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> CN	12	30—44
4	Permaphase [duP, США]				
5	ODS	Zipax	C <sub>18</sub> (≈ 1%)	<1	25—37
5	ETH	»	Силиконовый эфир (≈ 1%)	<1	25—37
6	Durapak/Corasil [WA, США] Carbowax 400	Corasil	Carbowax 400	15	37—50
7	Bondapak/Corasil [WA, США]	»			
8	C <sub>18</sub> (Corasil ODS) <sup>+</sup>	»	C <sub>18</sub>	15	37—50
8	Phenyl	»	Дифенилсилан	15	37—50
9	Octadecyl Sil-X-II (Sil-X-II-PR) [N/F, США]	Sil-X-II	C <sub>18</sub>		37—52
10	Co-Pell (CBP) <sup>+</sup> [RA, США]				
11	1 (ODS)	Pellosil	C <sub>18</sub>		37—53
11	2 (PAC)	»	Нитрил (≈ 1%)		37—53
12	Perisorb RP [Merck, ФРГ; EML, США]				
13	RP-2 (A silanized) <sup>+</sup>	Perisorb A	DMCS	10—14	30—40
14	RP-8	»	C <sub>8</sub>		30—40
14	RP-18	»	C <sub>18</sub>		30—40
15	Silica-V-RP [Woelm, ФРГ]	Silica-V	C <sub>18</sub> (?)	11	37
16	Jascodac S V-02 [Jasco, Япония]	Jascosil	Неполярная		

Примечания. 1. Термическая стойкость 80 °С, рабочий диапазон рН = 2÷10. 2. Идентичен сорбенту № 1. 3. Для разделения умеренно полярных соединений, например ароматических спиртов. Производит с 1974 г., в первой версии сорбента привитой фазой был эфир (селективность его приблизительно та же). 5. Привитая фаза среднеполярная (—Si—C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>?). В сильноокислых и основных растворах сорбент неустойчив, термическая стойкость 75 °С. 6. Рекомендован для разделения металлоорганических веществ; ВЭТТ до 0,3 мм. 7. ВЭТТ до 0,7 мм, рабочий диапазон рН = 2÷9. 8. Рекомендован для разделения аминов, оксисоединений и других сильно полярных веществ; ВЭТТ до 0,7 мм. 10. Термическая стойкость 75 °С. 11. Слой привитой фазы немного толще мономолекулярного.

## 117. Поверхностно-пористые сорбенты с привитыми фазами-ионообменниками (см. также разд. 113 и 115)

№ п/п	Марки ионитов и фирма-изготовитель	Активные группы и ионная форма	Полная обменная емкость, мкг-экв/г	Рабочая область рН	Термостойкость, °С	Зерниность, мкм
1	Bondapak/Corasil [WA, США] CX	$-\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3$	30—40	2—8	60	37—50
2	AX	$-\overset{+}{\text{N}}\text{R}_3$	10—15	2—7	60	37—50
3	Permaphase [duP, США] AAX	$-\overset{+}{\text{N}}\text{R}_3$	10	2—9	75	37—44
4	ABX	$-\overset{+}{\text{N}}\text{R}_3$	10	2—9	75	37—44
5	Perisorb [Merck, ФРГ; EML, США] KAT	$-\text{SO}_3^-$	50	2—9		30—40
6	AN	$-\overset{+}{\text{N}}\text{R}_3$	30	1—9		30—40
7	Silical-V [Woelm, ФРГ] -V-C	Кислотные Основные				37
8	-V-A					37

Примечание. Основа ионитов — Corasil (№ 1, 2), Perisorb A (№ 5, 6), Silica-V (№ 7, 8), см. разд. 108. На ионитах № 1, 2 получают ВЭТТ до 1 мм.

## 118. Примеры разделения веществ методом ВСЖХ на сорбентах с привитой фазой октадецилсиликоном (см. разд. 114, 116)

Классы веществ	Элюент	Последовательность выхода разделяемых веществ
Хлорбензолы	Метанол + вода 50 : 50	Бензол—моноклорбензол—о-дихлорбензол—1, 2, 3-трихлорбензол—1, 3, 5-трихлорбензол—1, 2, 4-трихлорбензол—1, 2, 3, 4-тетрахлорбензол—1, 2, 4, 5-тетрахлорбензол—пентахлорбензол—гексахлорбензол
Фталаты	То же 90 : 10	Диметил—диоктил—дидецил—дидодецил—
Полициклические соединения	То же от 75 : 25 до 55 : 45	Бензол—толуол—нафталин—дифенил—(антрон—флуорен)—фенантрен—антрацен—флуорантен—пирен—хризен—бенз[e]пирен—бенз[a]пирен

Классы веществ	Элюент	Последовательность выхода разделяемых веществ
Производные нафталина	То же 25 : 75	1-Нафтиламин—1-нафтонитрил—1-нитронафталин—нафталин—1-метокси-нафталин—1-метилнафталин
Хиноны	То же 60 : 40	Бензохинон—антрахинон—2-метил-антрахинон—2-этилантрахинон
Барбитураты	То же 25 : 75	Барбитал—фенобарбитал—амобарбитал
Стероиды	То же 30 : 70	Тестостерон—андростерон—прогестерон
	То же 60 : 40	Кортизол—кортизон—кортикостерон
	То же 60 : 40	Эстриол—эстрон—прогестерон
Витамины	То же 85 : 15	К—А ацетат—Д <sub>2</sub> —Е ацетат—А пальмитат
	То же 60 : 40/15 : 85 (градиентная элюция)	А—А ацетат—Д <sub>2</sub> —К
Аминокислоты	Вода	Ала—Вал—Мет—Лей—Тир—Фен—Три
ФТГ-аминокислоты	Ацетонитрил + + 0,01M ацетат натрия рН = 4,0; 10 : 90/90 : 10 (градиентная элюция)	Асп—Цис—Сер—Тре—Асн—Глу—Гли—Глн—Ала—Про·ОН—Тир—Мет—Иле—Лей—Лиз; Цис—Гис—Арг

## IX. БИОСПЕЦИФИЧЕСКИЕ СОРБЕНТЫ (БСС) И НОСИТЕЛИ ДЛЯ НИХ

119. Целлюлозные носители для БСС . . . . .	221
120. Агарозные носители для БСС . . . . .	222
121. БСС на основе агарозных носителей . . . . .	222
122. Полиакриламидные носители для БСС . . . . .	228
123. Носители для БСС на основе пористых стекол . . . . .	228
124. Другие носители для БСС . . . . .	228
125. Методы иммобилизации лигандов на носителях . . . . .	233

Биоспецифические сорбенты (БСС) образуются в результате закрепления на поверхности носителя веществ (лигандов) с определенной биохимической специфичностью. Связанный с носителем лиганд сохраняет, по крайней мере частично, способность к взаимодействию со строго определенными веществами. Результатом этого взаимодействия является адсорбция веществ на БСС. Адсорбция имеет обратимый характер: вещество можно десорбировать посредством изменения ионной силы раствора или же специфическими элюентами. Первые БСС получены Аксеном, Поратом и Эрнбаком в 1967 г. (Axén R., Porath J., Ernback S., *Nature*, 1967, v. 214, No. 5095, p. 1302—1304).

Лигандами БСС могут быть ферменты, коферменты, субстраты, активаторы, ингибиторы, гормоны и другие вещества. Эффективные иммуносорбенты получают закреплением на носителе антигенов — белков или гаптен. Такие иммуносорбенты отличаются высокой активностью и стабильностью (Imman J. K., Dintzis H. M., *Biochemistry*, 1969, v. 8, No 10, p. 4074—4082; Weetall H. H., in: *The chemistry of biosurfaces*, ed. by M. L. Hair, N. Y., Dekker, 1972, v. 2, p. 597—631). Близко к БСС стоят так называемые инсолюбилизованные, или водонерастворимые ферменты (Epton R., Thomas T. H., *An introduction to water-insoluble enzymes*, Colnbrook, Koch-Light Labs. Ltd., 1971, 28 p.; Weetall H. H., *Res./Develop.*, 1971, v. 22, No. 12, p. 18—22; Кёстнер А. И., *Усп. химии*, 1974, т. 43, No 8, с. 1480—1511). Закрепление на носителе, т. е. перевод фермента или другого биологически активного вещества в водонерастворимое состояние, создает большое удобство манипулирования с ним. Например, можно быстро остановить реакцию, инициируемую ферментом, простым выведением активного вещества из среды инкубирования (фильтрованием, центрифугированием и т. п.) без повреждения фермента или потери его активности и без изменения субстрата. Многократность использования инсолюбилизованных ферментов дает большой экономический эффект, если учесть высокую стоимость многих ферментов. Весьма ценно также то, что «водонерастворимые» ферменты (или другие активные вещества) можно использовать не только в статических, но и в динамических условиях, для проведения реакции на колонках.

При переводе лиганда в ковалентно-связанную форму активность его в некоторой мере снижается. Так, активность иммобилизованных ферментов составляет 10—90% от исходной активности свободного фермента в растворе. Константа Михаэлиса, оптимальное значение pH и некоторые другие показатели также могут немного измениться. В отдельных случаях возможно проявление молекулярно-ситового эффекта: емкость поглощения или активность БСС по отношению к крупным молекулам может оказаться ниже, чем по отношению к сравнительно небольшим молекулам.

Стабильность иммобилизованных лигандов обычно не хуже, а часто даже лучше, чем у тех же лигандов в свободном состоянии. Так, иммобилизация ферментов в большинстве случаев приводит к повышению устойчивости к нагреванию, действию окислителей и к крайним значениям рН, а также снимает автокаталитическое действие у протеолитических ферментов (например, у трипсина).

Главная область применения БСС — аффинная хроматография: селективное выделение и очистка ферментов, гормонов, белков, пептидов, нуклеиновых кислот, антител, антигенов (L e r m a n L. S., Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1953, v. 39, No. 4, p. 232—236; C u a t r e c a s a s P. e t a l., Ibid., 1968, v. 61, No. 2, p. 636—643; W o f s y L., B u r r V., J. Immunol., 1969, v. 103, No. 2, p. 380—382; P o o n i a n M. S. e t a l., Biochemistry, 1971, v. 10, No. 3, p. 424—427; C u a t r e c a s a s P., Adv. in enzymol., 1972, v. 36, p. 29—89; Ч е р к а с о в И. А., Усп. химии, 1972, т. 41, № 10, с. 1911—1934).

Специфичность БСС может быть направлена на одно единственное или несколько веществ определенного строения. Например, пористое стекло с ковалентно закрепленным дипептидом глицил-*D*-фенилаланином, ингибитором карбокси-пептидазы А, использовано для очистки этого фермента (R o b i n s o n P. J. e t a l., Biochim. Biophys. Acta, 1971, v. 242, No. 3, p. 659—661). Другой БСС на основе агарозы с иммобилизованным АМФ предложен в качестве сравнительно универсального (вернее, группового) сорбента для аффинной хроматографии ферментов,

**В таблице указаны носители для БСС на различной основе с однотипными активными группами:**

Активные группы носителей	Номера носителей по разделам				
	119	120	122	123	124
—CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> (аминоалкил)	7	2, 6, 7, 14, 15, 22—27, 29	1, 2, 6	5—8, 11, 27	4
—C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NH <sub>2</sub> (аминоарил)	4, 5	10	9	9, 10	2, 3
=C=NH (имид)		1			
—C(=NH)NH <sub>2</sub> (амидин)	10				
—CONHNH <sub>2</sub> (ацилгидразин)	6	20	3, 4, 8, 10		
—C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NHNH <sub>2</sub> (фенилгидразин)				13	
—C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> N <sub>3</sub> <sup>+</sup> (фенилдиазоний) <sup>+</sup>				14	
—CON <sub>3</sub> (ацилазид)	1, 2				
—OH (гидроксил)				19—25, 29	
—COOH (карбоксил)	1, 8, 9	3, 8, 9, 16, 17, 21, 28, 30	5, 7	12, 28	
—OC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NO <sub>2</sub> (нитрофенилэфир)				16	
—ONC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> (сукцинимидэфир)		4, 13		15, 26	
—CH(OCN <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (диметилацеталь)			13		
—CH—CH <sub>2</sub> (эпоксид)		5			
—COCH <sub>2</sub> Br (бромацетил)	3				
—CH <sub>2</sub> SH (тиол)		11, 18	11	17	
—C(O)S— (тиолактон)			12		
—C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> V(OH) <sub>2</sub> (бензбенборная кислота)	11				
—COC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Hg <sup>+</sup> (ртутьбензойная кислота)		12, 19			

# 119. Целлюлозные носители для БСС

№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание активных групп, мг-экв/г
1	Enzite СМС-Hydraside [Ser, Англия] [Serva, ФРГ]	$-\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CON}_3$ и $-\text{COOH}$	0,6 0,06—0,09
2	Servachrom S-CMA	$-\text{CH}_2\text{CON}_3$	
3	Servachrom S-BAC (BA-Cellulose)*	$-\text{COCH}_2\text{Br}$	
4	Servacel PAB 23 (PAB-Cellulose)*	$-\text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$	0,15—0,20
5	Cellex PAB [BRL, США] [Merck, ФРГ]	$-\text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$	0,1—0,3
6	Carbomethoxycellulose hydraside	$-\text{OCH}_2\text{CONHNH}_2$	
7	Aminohexylcellulose (AHC)	$-\text{OCH}_2\text{CONH}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$	0,12—0,14
8	Aminohexylcellulose succinylated (SAHC)	$-\text{OCH}_2\text{CONH}(\text{CH}_2)_6\text{NHCO}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	0,12—0,14
9	Aminododecylcellulose succinylated (SADC)	$-\text{OCH}_2\text{CONH}(\text{CH}_2)_{12}\text{NHCO}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	0,12—0,14
10	4-Aminobenzamidine bound on SADC	$-\text{OCH}_2\text{CONH}(\text{CH}_2)_{12}\text{NHCO}(\text{CH}_2)_2\text{CONHC}_6\text{H}_4\text{C}(\text{NH})\text{NH}_2$	0,12—0,14
11	3-Aminobenzeneboronic acid bound on SADC	$-\text{OCH}_2\text{CONH}(\text{CH}_2)_{12}\text{NHCO}(\text{CH}_2)_2\text{CONHC}_6\text{H}_4\text{B}(\text{OH})_2$	0,12—0,14
12	Trypsininhibitor on SADC		

Примечания. 1, 2. Ацилазид приготовлен из СМ-целлюлозы. При хранении на холоду в темноте активность сохраняется в течение нескольких месяцев. Иммунизация лигандов — по реакции Курциуса (см. разд. 125/9). 3. Бромацетилцеллюлоза, применяют для приготовления нерастворимых белков (J a g e n d o r f A. T. e t a l., Biochim. Biophys. Acta, 1963, v. 78, No. 3, p. 516—527; R o b b i n s J. B. e t a l., Immunochemistry, 1967, v. 4, No. 1, p. 11—27). Поставляется во влажном состоянии, при высушивании разрушается. 4, 5. PAB-целлюлоза, используют для приготовления БСС посредством образования азосоединений с белками, ферментами, антигенами, нуклеиновыми кислотами, гистонами и т. п. (см. разд. 125/8). (C a m p b e l l D. H. e t a l., Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1951, v. 37, No. 9, p. 575—578; L e r t a n L. S., Ibid., 1953, v. 39, No. 4, p. 232—236). При хранении неустойчива. 6. См. разд. 125/9. 7—12. Удельный объем в колонке 1,2—1,4 см<sup>3</sup>/г влажного носителя (содержание активных групп указано также на массу влажного материала). Носители № 8 и 9 получены методом 7 (см. разд. 125). Емкость поглощения трипсина на сорбенте № 12—15—20 мг/см<sup>3</sup>.



так как АМФ является ингибитором большого числа НАД-зависимых дегидрогеназ и других ферментов (O h l s s o n R. e t a l., FEBS Letters, 1972, v. 25, No. 2, p. 234—238). Использование лигандов группового действия — по-видимому, одно из перспективных направлений развития аффинной хроматографии.

Вследствие недостаточной устойчивости большинство активированных носителей рекомендуется хранить при температуре не выше 4—8 °С.

## 120. Агарозные носители для БСС (табл. на стр. 223)

Агарозные гранулированные гели (см. разд. 29) можно непосредственно использовать для приготвления биоспецифических сорбентов, применив бромциановый метод для активации носителя (см. разд. 125/1). Более надежные результаты, однако, получаются при использовании аминированных и других носителей, снабженных алифатической пространственной группой (подробно об этом см. в разд. 125). Одно из существенных преимуществ агарозных гелей как носителей для БСС является их практически неограниченная проницаемость для высокомолекулярных веществ.


Фирма **BRL** производит носители для БСС на основе агарозного геля Bio-Gel A-15m, матрица которого сшита химическими поперечными связями (в отличие от обычных гелей для ГПХ, сшивка которых осуществляется водородными связями). Химическая сшивка приводит к значительному повышению стабильности геля без уменьшения его порозности или гидрофильного характера. Такие носители применимы в широком диапазоне рН (от 2 до 12), они устойчивы в спиртах, диметилформамиде и диоксане, их можно стерилизовать в автоклаве. Полное растворение носителя возможно в кислотах: кипящей 1 М уксусной или холодной 10 М соляной. Предел эксклюзии геля-носителя равен  $15 \cdot 10^6$ .

## 121. БСС на основе агарозных носителей

№ п/п	Марк сорбентов и фирма-изготовитель	Лиганд	Специфичность
1	[Ph, Швеция] Poly (U)-Sephарose 4B	Полнуридиловая кислота	Информационная РНК
2	Lysine-Sephарose 4B	L-Лизин	Рибосомальная РНК, плазминоген
3	5'AMP-Sephарose 4B	Аденозинмонофосфат (АМФ)	НАД-зависимые ферменты
4	2',5'ADP-Sephарose 4B	Аденозин-2'5'-дифосфат (АДФ)	НАДФ-зависимые ферменты
5	Con A-Sephарose	Конканавалин А	Углеводы
6	Wheat germ Lectin-Sephарose 6MB	Лектин	Углеводы
7	Activated Thiol-Sephарose 4B	—S—S—C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	Тиолсодержащие белки
8	Protein A-Sephарose CL-4B	Белок А	Иммуноглобулины IgG, антигены
9	Blue Sephарose CL-6B	Краситель Cibacron Blue	Различные ферменты и другие белки

1. Специфический сорбент для выделения информационной РНК. Лигандом сорбента является синтетическая полиуридиновая кислота (поли-У). Часть полинуклеотидной цепи фиксирована на носителе ковалентными связями, тогда как остаток молекулы свободен и способен селективно гибридизировать с полнанденилатом нуклеиновой кислоты.

Сорбент производится в виде лиофилизированного порошка с добавкой лактозы и декстрана. Набухаемость приблизительно 5 см<sup>3</sup>/г. Содержание полиуридилата 0,5 мг/см<sup>3</sup> набухшего геля. Сорбент отличается высокой стабильностью. Выпускается с 1974 г. (Продолжение см. на стр. 226.)

№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание активных групп, мкмоль/см <sup>3</sup>	Набухае- мость, см <sup>3</sup> /г	Зернение, мкм
	<b>[Ph, Швеция]</b>				
1	CNBr-activated Sepha- rose 4B	$\begin{array}{c} \text{—O} \diagdown \\ \text{—O} \diagup \end{array} \text{C=NH (?)}$			40—190
2	AH-Sepharose 4B	$\text{—NH(CH}_2)_6\text{NH}_2$	6—10	4,0	40—190
3	CH-Sepharose 4B	$\text{—NH(CH}_2)_5\text{COOH}$	10—14	4,0	40—190
4	Activated CH-Sepharose 4B	$\text{—NH(CH}_2)_5\text{COONC}_4\text{H}_4\text{O}_2$	5—7	3,0	40—190
5	Epoxy-activated Sep- harose 6B	$\text{—OCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{O(CH}_2)_4\text{OCH}_2\text{—CH—CH}_2$ 		3,3	40—190
	<b>Servachrom [Serva, ФРГ], Affinity Chromatography Gels [ICN, США]</b>				
6	A-A 1 (Aminoalkyl)	$\text{—NH(CH}_2)_2\text{NH}_2$	6—12		50—150
7	A-A 2 (Aminoalkyl)	$\text{—NH(CH}_2)_3\text{NH(CH}_2)_3\text{NH}_2$	6—12		40—150
8	A-C (Carboxylic acid)	$\text{—NH(CH}_2)_2\text{NHCO(CH}_2)_2\text{COOH}$	6—12		50—150
9	A-C 2 (Carboxylic acid)	$\text{—NH(CH}_2)_3\text{NH(CH}_2)_3\text{NHCO(CH}_2)_2\text{COOH}$	6—12		50—150
10	A-PAB (Aminophenyl)	$\text{—NH(CH}_2)_3\text{NH(CH}_2)_3\text{NHCOC}_6\text{H}_4\text{NH}_2$	6—12		50—150
11	A-SH (Sulfhydryl)	$\text{—NH(CH}_2)_3\text{NH(CH}_2)_3\text{NHCOCH(NHCOCH}_3\text{)(CH}_2)_2\text{SH}$	6—12		50—150
12	A-Hg (Organomercurial)	$\text{—NH(CH}_2)_3\text{NH(CH}_2)_3\text{NHCOC}_6\text{H}_4\text{HgOH}$	6—12		50—150

п/п №	Марки носителей и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание активных групп, мкмоль/см <sup>3</sup>	Набухае- мость, см <sup>3</sup> /г	Зернение, мкм
13	Affi-Gel [BRL, США] 10	—O(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NHCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COONC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	6—12	10—15	75—150
14	101	—O(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	6—12		75—150
15	102	—OCH <sub>2</sub> CONH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	6—12		75—150
16	201	—O(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NHCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH	6—12		75—150
17	202	—OCH <sub>2</sub> CONH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NHCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH	6—12		75—150
18	401	—OCH <sub>2</sub> CONH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NHCOCH(NHCOCH <sub>3</sub> )C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> SH	6—12		75—150
19	501	—O(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NHCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> HgCl	6—12		75—150
20	Agarose Gels [Miles, Англия] Adipic Hydrazide Aga- rose	—OCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CONHNH <sub>2</sub>	8—15		
21	Succinyl Adipic Hydra- zide Agarose	—OCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CONHCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH	8—15		
22	ω-Amino Ethyl Agarose	—(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	10—40		
23	ω-Amino Butyl Agarose	—(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> NH <sub>2</sub>	10—40		
24	ω-Amino Hexyl Agarose	—(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> NH <sub>2</sub>	10—40		
25	ω-Amino Octyl Agarose	—(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> NH <sub>2</sub>	10—40		

26	$\omega$ -Amino Decyl Agarose	$-(\text{CH}_2)_{10}\text{NH}_2$	10—40
27	PL-Agarose	$-\text{NH}_2$ (поли- <i>L</i> -лизин)	8—15
28	SPL-Agarose	$-\text{COOH}$ (сукцинил-поли- <i>L</i> -лизин)	8—15
29	PAL-Agarose	$-\text{NH}_2$ (поли- <i>DL</i> -аланин, поли- <i>L</i> -лизин)	8—15
30	SPAL-Agarose	$-\text{COOH}$ (сукцинил-поли- <i>DL</i> -аланин, поли- <i>L</i> -лизин)	8—15

**Примечания.** 1. Носитель, активированный бромциановым методом (см. разд. 125/1). Рекомендуется для связывания только крупных лигандов (белков). Поставляется в виде лиофилизированного порошка, содержащего стабилизаторы — лактозу и декстран (перед употреблением их можно отмыть 0,001*M* соляной кислотой). 2, 3. Носители, получаемые на основе носителя № 1 присоединением 1,6-диаминогексана или 6-аминогексановой кислоты. Пригодны для иммобилизации лигандов небольшого размера. Поставляются в виде лиофилизированного порошка, содержащего лактозу и декстран (отмываются 0,5 н. раствором NaCl). 4. Носитель с активными *N*-оксисукцинимидными эфирными группами (см. разд. 125/5), получаемый этерификацией носителя № 3. Более стабилен в кислых, чем в щелочных растворах. Поставляется в виде лиофилизированного порошка. Перед употреблением рекомендуется промыть 0,001*M* соляной кислотой. 5. Активированный носитель с оксирановыми группами; образован реакцией агарозного геля с 1,4-бис(2,3-эпоксипропокс)бутаном. Используют для связывания углеводов через OH-группы, а также других лигандов с гидроксильными, первичными amino- и меркаптогруппами (S u n d b e r g L., P o r a t h J., J Chromatog., 1974, v. 90, No. 1, p. 87—98; V e t t l a d P., FEBS Letters, 1974, v. 47, No. 1, p. 86—89). Реакцию выполняют при pH = 9÷13 и температуре 25—40 °C. 6—12. Поставляют в виде суспензии с 0,02% NaN<sub>3</sub>. Хранение рекомендовано при температуре ниже +8 °C, но без замораживания. Пространственные цепи, содержащие диаминодипропиламинные группировки  $-\text{NH}(\text{CH}_2)_3\text{NH}(\text{CH}_2)_3\text{NH}$  — имеют менее гидрофобный характер и поэтому менее склонны к липофильному взаимодействию, чем сегменты, образованные гексаметилендиамином  $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ . 6, 7. Получены реакцией 2%-ного агарозного геля с CNBr и этилендиамином или 3,3'-диаминодипропиламином. 8, 9. Образованы из носителей № 6 и 7 посредством реакции с янтарным ангидридом (см. разд. 125/7). 10. Получают из носителя № 7 реакцией с азидом *n*-нитробензойной кислоты и последующим восстановлением. Методы иммобилизации лигандов см. в разд. 125/8,13. 11. Получен из носителя № 7 реакцией с *N*-ацетилгомоцистеинтиолактоном. Методы иммобилизации лигандов см. в разд. 125/3,12. 12. Получен реакцией носителя № 7 с карбодимидом и *n*-оксиртутьбензойной кислотой (см. также разд. 125/16). 13—19. Носители поставляют в сухом виде (№ 13) или в виде водной суспензии с 0,02% NaN<sub>3</sub>. Длина пространственной группы (в нм): 0,6 (№ 14), 1,0 (№ 13, 15, 16), 1,5 (№ 17—19). См. также прим. к № 4, 11 и 12 (касательно марок № 13, 18 и 19, соответственно). 20—30. Поставляют в виде 50%-ной водной суспензии с 1% толуола. Об иммобилизации лигандов на носителе № 20 см. в разд. 125/9.

Лит.: Kates J., Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 1970, No. 35, p. 743—752; Philipson L. et al., Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1971, v. 68, No. 11, p. 2806—2809; Sheldon R. et al., Ibid., 1972, v. 69, No. 2, p. 417—421; Hile J. N. et al., J. Biol. Chem., 1974, v. 249, No. 1, p. 38—42.

2. БСС для фракционирования рибосомных РНК (в соответствии с размером молекулы) и для выделения плазмидного. Является продуктом иммобилизации *L*-лизина на агарозном геле (с использованием бромцианового метода). Связь лизина с матрицей осуществляется через  $\alpha$ -аминогруппы, тогда как  $\epsilon$ -аминогруппы и  $\alpha$ -карбоксильные группы остаются свободными. Содержание лизина в сорбенте 16—20 мкмоль/г, набухаемость геля 4 см<sup>3</sup>/г. Поставляют в виде лиофилизированного порошка (с добавками стабилизаторов). Устойчив не менее 1 года при хранении на холоду. Производится с 1976 г.

3. №- (6-аминогексил) аденозин-5'-фосфат (т. е. АМФ и пространственная цепь С<sub>6</sub>), иммобилизованный на агарозе бромциановым методом. Групповой БСС для разделения НАД-зависимых дегидрогеназ и некоторых АТФ-зависимых киназ. Содержание связанного лиганда 2 мкмоль/см<sup>3</sup> набухшего геля. Поставляют в виде лиофилизированного порошка. Набухаемость 4,0 см<sup>3</sup>/г.

Лит.: Guilford H. et al., Chem. Scripta, 1972, v. 2, No. 4, p. 165—170; Mosbach K. et al., Biochem. J., 1972, v. 127, No. 4, p. 625—631; Brodelius P., Mosbach K., FEBS Letters, 1973, v. 35, No. 2, p. 223—226; Crane D. B. et al., Eur. J. Biochem., 1974, v. 41, No. 2, p. 329—333; Harvey M. J. et al., Ibid., p. 335—340, 353—357; Lowe C. R. et al., Ibid., p. 341—345, 347—351.

4. Иммобилизованный на агарозе аденозин-2',5'-дифосфат (вместе с пространственной группой —NH(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>NH—). Групповой БСС со специфичностью по отношению к НАДФ-зависимым дегидрогеназам и другим ферментам. Поставляют в виде лиофилизированного порошка со стабилизирующими добавками, которые перед употреблением отмывают нейтральным фосфатным буферным раствором. Набухаемость 4,0 см<sup>3</sup>/г, содержание лиганда в набухшем геле около 2 мкмоль/см<sup>3</sup>. При pH > 10 фосфатные группы могут отщепляться.

Лит.: Brodelius P. et al., Eur. J. Biochem., 1974, v. 47, No. 1, p. 81—89; Morelli A., Venatti U., Ital. J. Biochem., 1974, v. 23, p. 279—291.

5. Групповой сорбент для аффинной хроматографии полисахаридов, гликопротеидов и гликопептидов, а также моносахаридов. Лиганд сорбента — конканавалин А — гем-агглютинирующий металлопротеин растительного происхождения, выделенный из канавалии мечевидной. Лиганд специфически реагирует в присутствии Mn<sup>2+</sup> и Ca<sup>2+</sup> с углеводами, содержащими терминальные  $\alpha$ -D-гликозильные,  $\alpha$ -D-маннозильные или стерически сходные группы. В качестве элюентов при хроматографии используют растворы метил- $\alpha$ -D-глюкопиранозиды или метил- $\alpha$ -D-маннопиранозиды, а также боратные буферные растворы.

Сорбент устойчив при pH не ниже 3. Поставляют в набухшем состоянии с 0,1 М ацетатным буферным раствором (pH = 6), 1 М по NaCl, 0,02%-ным по мертиолату, 0,001 М по CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> и MnCl<sub>2</sub> (этот же раствор можно использовать для регенерации). Содержание лиганда около 8 мг/см<sup>3</sup>.

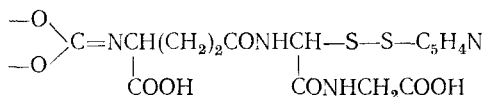
Лит.: Allan D. et al., Nature N. Biol., 1972, v. 236, No. 62, p. 23—25; Bessler W., Goldstein I. J., FEBS Letters, 1973, v. 34, No. 1, p. 58—62; Kennedy J. F., Rosevear A., J. Chem. Soc. Perkin Trans. I, 1973, No. 19, p. 2041—2046; Cuatrecasas P., Tell G. P. E., Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1973, v. 70, No. 2, p. 485—489.

6. БСС для аффинной хроматографии углеводсодержащих веществ (гликопротеидов, полисахаридов), а также клеток и субклеточных частиц. Разделение основано на специфическом взаимодействии лектина (белка из зародышей пшеницы) с *N*-ацетил-*D*-глюкозаминовыми группами углеводов. Агглютинирующее действие лектина на некоторые клетки (например, на лимфоциты) используют для хроматографического фракционирования клеток. Сорбент получен иммобилизацией лектина на геле Sepharose 6В, активированном бромцианом. Постав-

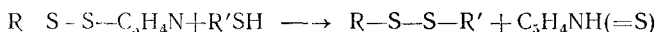
ляют в виде суспензии с 0,9%-ным раствором NaCl (в присутствии антисептика — 0,01% мертиолага), зернение 200—300 мкм. Использовать сорбент при pH < 3,5 не рекомендуется, хранить следует на холоду (от +3 до +8 °C). Выпускается с 1976 г.

Лит.: Gombos G. et al., Biochem. Soc. Trans., 1974, v. 2, p. 627—630; Gudd J. W., Mahler H. R., Biochemistry, 1974, v. 13, No. 25, p. 5193—5198.

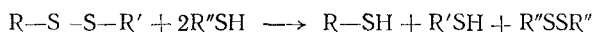
7. Тиол — специфический сорбент для ковалентной хроматографии. Образуется в результате закрепления на агарозе, активированной бромцианом, вначале глутатиона, а затем 2,2'-дипиридилсульфида; активные группы —



Ковалентная хроматография основана на ковалентном связывании поглощаемого вещества. Активированный сорбент в мягких условиях, без участия посторонних реагентов, взаимодействует с веществами, которые содержат меркаптогруппы:



Поглощенное вещество элюируется с помощью раствора восстановителя например цистеина (0,05—0,2 M, pH = 8):



Сорбент можно также использовать для поглощения тиол-содержащих белков и ферментов с целью предохранения меркаптогрупп от блокирования или окисления, которые обычно приводят к инактивации этих веществ.

Поставляют в виде лиофилизованного порошка со стабилизирующими добавками (отмываются водой перед использованием сорбента). Устойчив при хранении на холоду. Набухаемость 4 см<sup>3</sup>/г, содержание активных групп 1 мкмоль/см<sup>3</sup>. Выпускается с 1975 г.

Лит.: Brocklehurst K. et al., Biochem. J., 1973, v. 133, No. 3, p. 573—584; Carlsson J., Svensson A., FEBS Letters, 1974, v. 42, No. 2, p. 183—186; Carlsson J. et al., Eur. J. Biochem., 1974, v. 44, No. 1, p. 189—194.

8. БСС для аффинной хроматографии антител типа IgG и антигенов. Белок А (мол. масса 42 000, выделен из Staphylococcus aureus) иммобилизован на поперечно-шитом агарозном геле (см. разд. 30) бромциановым методом. Белок специфически взаимодействует с молекулами иммуноглобулинов IgG некоторых подтипов. Так как взаимодействие белка А с IgG не затрагивает у последних той части молекулы, посредством которой связываются антитела, возникает возможность выделения и очистки антигенов на БСС с адсорбированным IgG соответствующего типа. Элюирование комплекса антиген — антитело выполняют с помощью 3 M раствора изотиоцианата калия.

Поставляют сорбент в виде лиофилизованного порошка с примесью декстрана и лактозы (стабилизаторов). Содержание белка А в сорбенте 7 мг/г, емкость поглощения человеческого IgG приблизительно 90 мг/г. Набухаемость геля 3,5 см<sup>3</sup>/г. БСС устойчив в области pH от 2 до 11. Активность сохраняется не менее 2 лет при хранении на холоду (от +3 до +8 °C). Производится с 1975 г.

9. Групповой БСС с аффинностью к большому числу ферментов (киназ, дегидрогеназ, трансфераз, редуктаз, мутаз) и других белков. Образован иммобилизацией на поперечно-шитом агарозном геле красителя Cibacron Blue F3G-A, содержащего полициклические хромофоры и первичные, вторичные и третичные

аминогруппы. Содержание лиганда около 2 мкмоль/см<sup>3</sup>, емкость поглощения сывороточного альбумина — 5 мг/см<sup>3</sup> (для набухшего геля). Поставляют в виде лиофилизированного порошка, набухаемость 3,6 см<sup>3</sup>/г.

Лит.: В ö h m e Н.-J. e t a l., J. Chromatog., 1972, v. 69, p. 209—214.

## 122. Полиакриламидные носители для БСС (табл. на стр. 229)

Модифицированные полимеры на акриламидной основе (см. разд. 31, 87) намного превосходят по инертности целлюлозные носители; неспецифическая адсорбция белков проявляется на них значительно слабее. Для иммобилизации крупных лигандов применяют также исходные, немодифицированные полиакриламидные гели (см. разд. 31) — посредством реакции с глутаровым альдегидом (см. разд. 125/11).

## 123. Носители для БСС на основе пористых стекол (табл. на стр. 230)<sup>1</sup>

Аминированные и другие носители с привитыми активными группами предназначены для связывания лигандов через ковалентные связи. Сорбентам, полученным на основе пористых стекол, присущи все основные преимущества, связанные с физическими свойствами этих носителей (см. разд. 35). Для получения БСС можно также использовать неактивированные пористые стекла, используя их сорбционные свойства. Посредством водородных и ионных связей лиганды довольно прочно адсорбируются на стекле, но высушивать такие сорбенты нельзя.

Простой способ введения реакционноспособных аминогрупп состоит в обработке стекла 3-аминопропилтриэтоксисилоном (в виде 2%-ного раствора в ацетоне). Полимеризация в течение 24—36 ч при 45 °С дает аминоалкилсилановый носитель с содержанием аминогрупп 80—90 мкмоль/г (Wee t a l l Н. Н., Ва u n G., Biotechnol. Bioeng., 1970, v. 12, No. 3, p. 399—407; R o b i n s o n Р. J. e t a l., Biochim. Biophys. Acta, 1971, v. 242, No. 3, p. 659—661). Ю. А. Эльтеков с сотр. применили этот же метод для аминирования макропористых кремнезёмов (аэросилогелей) и использовали полученные сорбенты для хроматографии основных белков (E l t e k o v У. А. e t a l., Chromatographia, 1973, v. 6, No. 4, p. 187—189).

## 124. Другие носители для БСС

1. Servachrom S-EMA 61 [Serva, ФРГ]: сополимер малеинового ангидрида и этилена, мол. масса 20 000. Реагирует с аминогруппами белков (L e v i n У. e t a l., Biochemistry, 1964, v. 3, No. 12, p. 1905—1913).

2. Servachrom S-MDA [Serva, ФРГ]: метилنديанилиновая смола — продукт конденсации диальдегидного производного крахмала (образующегося при окислении крахмала периодатом) с *n,n'*-диаминодифенилметаном с последующим восстановлением. Белки могут быть закреплены на смоле посредством диазотирования (G o l d s t e i n L. e t a l., Biochemistry, 1970, v. 9, No. 11, p. 2322—2334).

3. APS, Aminopolystyrene Resin [Pc, США]: полистирольная смола с активными группами —C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>NH<sub>2</sub>. Зернение мельче 37 мкм (400 меш). Применяется для связывания белков и пептидов с помощью *n*-фенилендиизоцианата (L a u r s e n R. A. e t a l., FEBS Letters, 1972, v. 21, No. 1, p. 67—70).

4. TETA, Triethylenetetramine Polystyrene Resin [Pc, США]: полистирольная смола с активными группами —C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>CH<sub>2</sub>NH(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>NH(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>NH(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>. Зернение мельче 37 мкм (400 меш). Применяется для связывания пептидов с терминальными COOH-группами (H o r n M. J., L a u r s e n R. A., FEBS Letters, 1973, v. 36, No. 3, p. 285—288).

№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание активных групп, мг-экв/г	Предел эксклюзии	Набухаемость, см <sup>3</sup> /г	Зернение, мкм
1	Bio-Gel P [BRL, США]					
2	Aminoethyl Bio-Gel P-2	—CONH(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	1—2	2 000	5	75—150
3	Aminoethyl Bio-Gel P-150	—CONH(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	1—2	150 000	30	75—150
4	Hydrazide Bio-Gel P-2	—CONHNH <sub>2</sub>	0,7—1,3	2 000	3,3	75—150
5	Hydrazide Bio-Gel P-150	—CONHNH <sub>2</sub>	0,7—1,3	150 000	20	75—150
6	Bio-Gel CM-2	—CH <sub>2</sub> COOH	4,5—5,5	7 000	6	75—150
	Affi-Gel [BRL, США]					
7	701	—CONH(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>		6 000		1—3
8	702	—CONH(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NHCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH		6 000		1—3
9	703	—CONHNH <sub>2</sub>		6 000		1—3
	Enzacryl [KLL, Англия]					
10	AA	—CONHC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NH <sub>2</sub>				
11	AH	—CONHNH <sub>2</sub>				
12	Polythiol	—CONHCH(COOH)CH <sub>2</sub> SH				
13	Polythiolactone	—CONHCH(CO)SCH <sub>2</sub>				
	Polyacetal	—CONHCH <sub>2</sub> CH(OCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>				

Примечания: 1—5. Поставляют в сухом виде. Зернение указано для гидратированных сорбентов. Имобилизацию лигандов на носителях № 3, 4 проводят по реакции Курциуса (разд. 125/9). 6—8. Микросферические носители, рекомендованы для использования в статических условиях. Устойчивы в области pH от 4 до 9. Поставляются в 10%-ной водной суспензии с 0,02% NaN<sub>3</sub>. Хранить на холоду, но без замораживания. 9. Мелкодисперсный порошок, рекомендован для применения только в статических условиях. Методы иммобилизации лигандов см. в разд. 125/8, 13. 10. Носитель можно использовать в статических условиях и в колонках. Иммобилизация лигандов — см. в разд. 125/9. Устойчивость иммобилизованного лиганда к нагреванию, по сравнению с носителем № 9, существенно выше вследствие большей гидрофильности носителя. 11. Поперечносшитый сополимер акриламида и акрилоилцестеина. Методы иммобилизации лигандов см. в разд. 125/3, 12. 12. Метод иммобилизации лигандов см. в разд. 125/14. 13. Сополлимер диметилацетата N-акрилоиламиноацетальдегида и N, N'-бис(акриламидо)метана, не содержит терминальных (незамещенных) амидных групп —CONH<sub>2</sub> (в отличие от полимеров № 9—12). Поставляют в виде 5%-ной водной суспензии. Метод иммобилизации лигандов см. в разд. 125/15.



№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание активных групп, мг-экв/г	Средний диаметр пор, нм	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Зернение, мкм
1	Corning Biomaterial Supports [CGW, США] CPG	Нет	Нет	55	70	>1,68	177—840
2		»	»	150	40	>1,25	177—840
3	Zir-Clad/CPG	»	»	55	70	>1,0	177—840
4		»	»	150	40	>1,2	177—840
5	APG, Amino Propyl/CPG	$\text{>Si(CH}_2\text{)}_3\text{NH}_2$	0,17	55	70	>1,0	177—840
6		$\text{>Si(CH}_2\text{)}_3\text{NH}_2$	0,06	150	34	>1,2	177—840
7	Zir-Clad Amino Propyl/CPG	$\text{>Si(CH}_2\text{)}_3\text{NH}_2$	0,14	55	82	>0,9	177—840
8		$\text{>Si(CH}_2\text{)}_3\text{NH}_2$	0,08	150	41	>0,9	177—840
9	Amino Aryl/CPG	$\text{>Si(CH}_2\text{)}_3\text{NHCOC}_6\text{H}_4\text{NH}_2$	0,10	55	70	>1,0	177—840
10	Zir-Clad Amino Aryl/CPG	$\text{>Si(CH}_2\text{)}_3\text{NHCOC}_6\text{H}_4\text{NH}_2$	0,08	55	70	>1,0	177—840
11	Long Chain Alkylamine/CPG	$\text{>Si(CH}_2\text{)}_9\text{NH}_2$	0,10	55	70	>1,0	125—177
12	Carboxyl/CPG (Succinylated CPG)	$\text{>Si(CH}_2\text{)}_3\text{NHCO(CH}_2\text{)}_2\text{COOH}$	0,10	55	70	>1,0	125—177
13	Phenylhydrazine · HCl/CPG	$\text{>Si(CH}_2\text{)}_3\text{NHCOC}_6\text{H}_4\text{NHNH}_2 \cdot \text{HCl}$	0,05	55	70	>1,0	125—177

14	Stable Diazonium Salt/CPG	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{NHCOC}_6\text{H}_4\text{-N}=\overset{+}{\text{N}}\text{BF}_4^-$	0,07	55	70	>1,0	125—177
15	N-Hydroxy Succinimidy Ester CPG (NHS/CPG)	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{NHCO(CH}_2)_2\text{COONC}_4\text{H}_4\text{O}_2$	0,10	55	70	>1,0	125—177
16	p-Nitrophenyl Ester CPG (PNP/CPG)	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{NHCO(CH}_2)_2\text{COOC}_6\text{H}_4\text{NO}_2$	0,05	55	70	>1,0	125—177
17	Thiol/CPG	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{NHCOCH(NHCOCH}_3)_2\text{CH}_2\text{SH}$	0,03	55	70	>1,0	125—177
18	Dihydrolipoamide CPG	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{NHCO(CH}_2)_4\text{C}_3\text{H}_5(\text{SH})_2$	0,10	55	70	>1,0	125—177
19	Dextran/CPG	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{NHC(=NH)-O-Dext-OH}$	0,05	55	70	>1,0	125—177
Glycophase G/CPG [CGW, CHA]							
20	CPG-40	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{OCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OH}$	0,06— 0,09	4	190	0,1	} 74—125 37—74 5—10
21	CPG-100	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{OCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OH}$	0,06— 0,09	10	170	0,4	
22	CPG-250	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{OCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OH}$	0,06— 0,09	25	130	1,0	
23	CPG-550	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{OCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OH}$	0,06— 0,09	55	70	1,0	
24	CPG-1500	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{OCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OH}$	0,06— 0,09	150	40	1,2	
25	CPG-2500	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{OCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OH}$	0,06— 0,09	250	10	1,5	37—74

№ п/п	Марки носителей и фирма-изготовитель	Активные группы	Содержание активных групп, мг-экв/г	Средний диаметр пор, нм	Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Зернение, мкм
26	NHS-Glycophase CPG  Servachrom G [Serva, ФРГ]	$\text{>Si(CH}_2)_3\text{OCH}_2\text{CHONCH}_2\text{ONC}_4\text{H}_4\text{O}_2$	0,1	55	70	1,0	125—177
27	G-550 Aminopropyl	$\text{—(CH}_2)_3\text{NH}_2$		55	70		150—200
28	G-550 Carboxyl	$\text{—COOH}$		55	70		150—200
29	G-550 Glyceryl	$\text{—OH}$		55	70		150—200

Примечания: Носители на основе этих стекол рекомендуется использовать при pH от 3 до 5, непродолжительное время — до pH=7. Удельный объем в колонке 3 см<sup>3</sup>/г. 3, 4, 7, 8, 10. Пористо-стеклянные носители с циркониевым покрытием (плакировкой). Устойчивы в пределах pH от 5 до 10, непродолжительное время выдерживают pH до 3,5. 11. Длина пространственной группы 2 нм. 12. Длина пространственной группы 1 нм. 13. Метод иммобилизации лигандов см. в разд. 125/10. Активированный носитель рекомендовано хранить при отрицательной температуре. 14. Активированный носитель устойчив при хранении в сухом состоянии. Метод иммобилизации лигандов см. в разд. 125/8. 15, 16. Длина пространственной группы 1 нм. При хранении в сухом состоянии носители не теряют активности по крайней мере 6 месяцев. Методы иммобилизации лигандов см. в разд. 125/5. 17. Рекомендован для использования в качестве твердофазного восстановителя и в качестве сорбента для поглощения из растворов тяжелых металлов. Перед применением носитель должен быть восстановлен β-меркаптоэтанолом, боргидридом натрия, реактивом Келланда и т. п. Хранение — при отрицательной температуре. 18. Липоевая кислота, иммобилизованная на аминоалкилированном носителе. Первоначальное назначение — БСС для липоамиддегидрогеназы (Scouten W. H. et al., Biochim. Biophys. Acta, 1973, v. 309, No. 2, p. 521—524). После обработки HgCl<sub>2</sub> носитель можно использовать для иммобилизации ферментов ртуть-тиолятым методом (см. разд. 125/16). По-видимому, более широкое применение иммобилизованный липоамид найдет в качестве мягко работающего восстановителя (окислительно-восстановительный потенциал: —0,300 В), например для восстановления цистина, глутатиона, белков с дисульфидными мостиками. Восстановитель можно хранить в колонке в течение нескольких месяцев (при 4 °С, в темноте) и регенерировать 5 М раствором β-меркаптоэтанол в 0,2 М фосфатном буферном растворе (pH=7,0). 19. Мономолекулярный слой декстрана (Dext) имитирует поверхность гелей на углеводной основе — сефадексов и агароз. Может быть использован для получения БСС аналогично агарозным носителям. 20—25. См. разд. 114. 26. По характеру активных групп подобен носителю № 15. Метод иммобилизации лигандов см. в разд. 125/5.

## 125. Методы иммобилизации лигандов на носителях

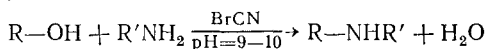
Молекулы лигандов фиксируются на поверхности носителя за счет ковалентных связей. При непосредственном присоединении лиганда к матрице носителя редко получаются полноценные БСС, особенно если лиганды невелики по размеру или при низкой специфичности в системе сорбат—лиганд ( $K \geq 10^{-4} M$ ). Гораздо лучшие результаты получаются на сорбентах, у которых связь лиганда с поверхностью осуществляется посредством «пространственной группы» (называемой также «ветвью» или «ножкой»). Пространственная группа обычно представляет собой линейную алифатическую группировку из 2—10 атомов углерода, которая удерживает молекулу лиганда на расстоянии 0,6—1,5 нм от поверхности носителя и таким образом обеспечивает ей некоторую «пространственную свободу» (Cuatrecasas P., J. Biol. Chem., 1970, v. 245, No. 12, p. 3059—3065; Cuatrecasas P., Anfinsen C. B., Ann. Rev. Biochem., 1971, v. 40, p. 259—278; Cuatrecasas P., in: Biochemical aspects of reactions on solid supports, ed. by G. R. Stark, N. Y., Acad. Press, 1971, p. 79—109; Idem, Adv. Enzymol., 1972, v. 36, p. 29—89).

Связыванию лиганда с матрицей обычно предшествует активация носителя — введение в него реакционноспособных групп. Применение того или иного метода активации обусловлено в первую очередь природой активных групп лиганда и носителя. Возможность выбора способа иммобилизации иногда приобретает большое значение, так как при связывании лиганда его активный центр может быть нарушен или из-за стерических препятствий окажется неприступным.

По завершении реакции присоединения лиганда избыток непрореагировавшего вещества необходимо удалить (промывкой), а оставшиеся несвязанными активные группы носителя блокировать. Для блокирования используют, например, этаноламин, глицин или глюкозамин — для носителей, взаимодействующих с аминами, и уксусную кислоту — для носителей, взаимодействующих с карбоксил-содержащими веществами. Последующие промывки имеют целью удалить все оставшиеся непрореагировавшие вещества и, главное, адсорбированные на предыдущих стадиях белки. Наилучшим образом это достигается попеременным использованием, по 3—4 раза каждый, буферных растворов с низким и высоким значениями pH (например, 4 и 8).

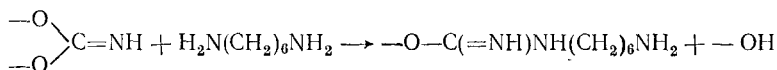
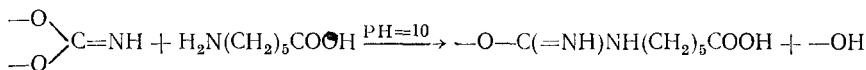
1. Бромциановый метод. (Готовый активированный носитель — см. разд. 120, № 1.)

На агарозных гелях или других носителях, имеющих гидроксильные группы, этим методом можно закрепить лиганды, содержащие алифатические или ароматические аминокислоты:



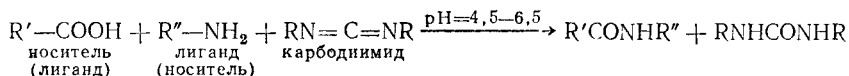
Механизм активации и связывания точно не установлен; возможно, что активация сопряжена с образованием циклических и ациклических имидокарбонатов. Иммобилизация белков протекает в мягких условиях, при 4 °C и pH от 7 до 10 в течение нескольких часов. Для подавления адсорбции белков—белок в процессе иммобилизации рекомендуется использовать буферные растворы с большой ионной силой, например 0,1 M карбонатно-бикарбонатный или боратный буферные растворы с добавлением NaCl (0,5 M).

Активированные носители иногда используют для прививки активных карбоксильных или аминокислот вместе с пространственной группой, например реакцией с 6-аминогексановой кислотой или с 1,6-диаминогексаном или другими диаминами:



Лит.: Axén R. et al., Nature, 1967, v. 214, No. 5095, p. 1302—1304; Porath J. et al., Ibid., 1967, v. 215, No. 5109, p. 1491—1492; Cuatrecasas P., Ibid., 1970, v. 228, No. 5278, p. 1327—1328; Cuatrecasas P., Anfinsen C. B., Methods in enzymol., 1971, v. 22, p. 345—378; Axén R., Ernback S., Eur. J. Biochem., 1971, v. 18, No. 3, p. 351—360; Friedberg F., Chromatog. Rev., 1971, v. 14, No. 2, p. 121—131; Porath J. et al., J. Chromatog., 1973, v. 86, No. 1, p. 53—56.

2. Карбодимидный метод. Метод одинаково пригоден для иммобилизации лигандов, содержащих и amino-, и карбоксильные группы. Особенно он рекомендуется для связывания небольших лигандов и лигандов, устойчивых только в кислой среде. Реакция одноступенчатая:



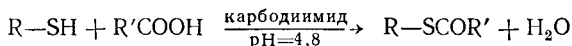
Для приготовления БСС используют водорастворимые карбодимиды, которые легко отмыть от готового продукта по завершении реакции. Побочные продукты реакции — соответствующие карбамиды — тоже хорошо растворимы в воде и легко отмываются. Чаще всего применяют водорастворимые карбодимиды СМС и EDC (EDAC):

СМС: 1-дихлоргексил-3-(2-морфолиноэтил)карбодимид, мето-*n*-толуолсульфонат,  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{N}=\text{C}=\text{NC}_2\text{H}_4(\text{NC}_4\text{H}_8\text{O})\cdot\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$ ; EDC: 1-этил-3-(3-диметиламинопропил)карбодимид солянокислый,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{N}=\text{C}=\text{N}(\text{CH}_2)_3\text{N}(\text{CH}_3)_2\cdot\text{HCl}$ .

Во многих случаях EDC оказывается лучше, чем СМС. Для реакций в органических растворах используют N,N'-дихлоргексилкарбодимид (DCC)  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{N}=\text{C}=\text{NC}_6\text{H}_{11}$ .

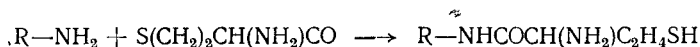
Лит.: Hoage D. G., Koshland D. E., J. Biol. Chem., 1967, v. 242, No. 10, p. 2447—2453; Cuatrecasas P., Ibid., 1970, v. 245, No. 12, p. 3059—3065; Idem, Nature, 1970, v. 228, No. 5278, p. 1327—1328; Marcus S. L., Valbinder E., Anal. Biochem., 1972, v. 48, No. 2, p. 448—459; Schme G., Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem., 1972, Bd. 353, Nr. 5, S. 810—814.

3. Тиол-карбодимидный метод. Носители с меркапто-группами (разд. 120, № 11, 18; разд. 122, № 11; разд. 123, № 17) способны связывать карбоксилсодержащие лиганды с помощью карбодимидов:



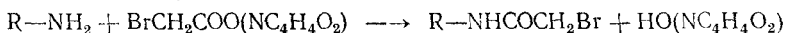
Тиоловая эфирная связь устойчива в обычных физиологических условиях, но с помощью гидроксилamina или тиолов ее можно разорвать. Таким образом, адсорбированные на БСС комплексы лиганд—белок можно простым и мягким способом отделить от носителя и перевести в раствор.

Для того, чтобы данный метод применить к носителям с аминогруппами, используют реакцию с гомоцистеинтиолактоном:



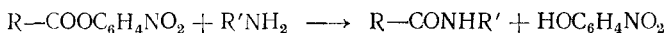
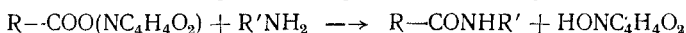
Лит.: Cuatrecasas P., Nature, 1970, v. 228, No. 5278, p. 1327—1328; Idem, J. Biol. Chem., 1970, v. 245, No. 12, p. 3059—3065;

4. Бромацетилимидный метод. Бромацетамидные группы, способные реагировать с первичными amino-, фенольными и имидазольными группами лигандов, прививают к аминированным носителям с помощью *O*-бромацетил-*N*-оксисулфинимида:



Лит.: Cuatrecasas P., Nature, 1970, v. 228, No. 5278, p. 1327—1328;  
I dem, J. Biol. Chem., 1970, v. 245, No. 12, p. 3059—3065.

5. Метод активных эфиров. В результате гидролиза эфирных групп активированных носителей — *N*-оксисулфинимидных или *n*-нитрофенильных эфиров (см. разд. 120, № 4, 13; разд. 123, № 15, 16, 26) — происходит имобилизация веществ, содержащих первичные аминогруппы:

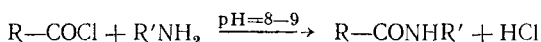
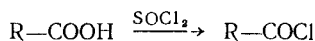


Реакция протекает в очень мягких условиях, в течение 6—24 ч при 4 °С; рН от 5 до 10 (оптимальное значение 6,5—8,5).

В сухом виде активированные носители-эфиры стабильны.

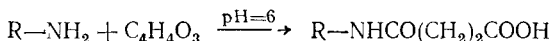
Лит.: Cuatrecasas P., Parikh I., Biochemistry, 1972, v. 11, No. 12, p. 2291—2299.

6. Хлорангидридный (тионилхлоридный) метод. Это один из методов амидного связывания лигандов с первичными аминогруппами и носителей с карбоксильными группами. Реакция двухступенчатая: носитель активируют с помощью хлористого тионила, образующийся хлорангидрид спо-собен в мягких условиях ацилировать аминогруппы лигандов:



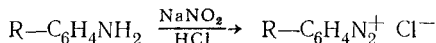
Носитель нагревают 4 ч с обратным холодильником в 10%-ном растворе хлористого тионила в безводном хлороформе, затем высушивают под вакуумом. Активированный продукт надо использовать сразу же, хранению он не подлежит.

7. Метод янтарного ангидрида. Реакцию с янтарным ангидридом используют для удлинения пространственной группы аминированных носителей:

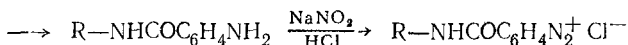
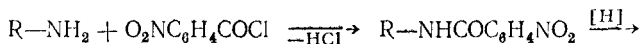
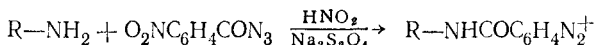


Лит.: Cuatrecasas P., Nature, 1970, v. 228, No. 5278, p. 1327—1328.

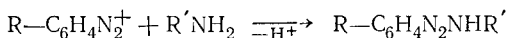
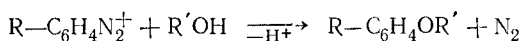
8. Диазотирование. Носители, содержащие ароматические амины (см. разд. 119, № 4, 5; разд. 120, № 10; разд. 122, № 9; разд. 123, № 9, 10, 14), активируют диазотированием азотистой кислотой:



Аминсодержащие носители можно также активировать, одновременно удлинняя пространственную цепь. В этом случае используют *n*-нитробензоилазонимид (азид *n*-нитробензойной кислоты) и *n*-нитробензоилхлорид:



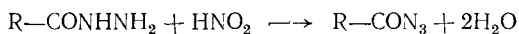
Диазогруппы носителя могут реагировать с фенольными, имидазольными и индольными группами лигандов:



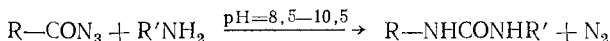
Связь, образованную азогруппой ( $-N=N-$ ), можно в мягких условиях ( $pH=9$ ) разорвать, используя 0,1 M раствор дитионита натрия  $Na_2S_2O_4$ .

Лит.: Campbell D. H. et al., *Methods in immunology*, N. Y.-Amsterdam, Benjamin, 1964. 263 p.

9. Ацилазидный метод (реакция Курциуса). Активированные носители-азиды (см. разд. 119, № 1, 2) применяют для присоединения лигандов, содержащих аминогруппы. Носители с ацилгидразиновыми группами (см. разд. 119, № 6; разд. 120, № 20; разд. 122, № 3, 4, 8, 10) пригодны для тех же целей после активирования — перевода в азидную форму с помощью разбавленной азотистой кислоты (или нитрита натрия в присутствии соляной кислоты):

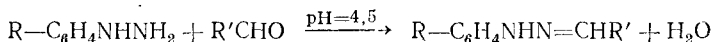


Ацилазиды реагируют с белками (через аминогруппы) по реакции Курциуса:

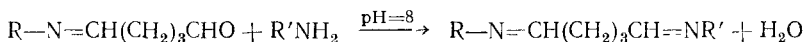
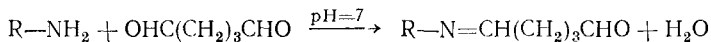


Лит.: Michael F., Ewers J., *Makromol. Chem.*, 1949, Bd. 3, Nr. 2/3, S. 200—209; Mitz M. A., *Summaria L. J.*, *Nature*, 1961, v. 189, No. 4764, p. 576—577; Brown H. D. et al., *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 1966, v. 25, No. 3, p. 304—308; Hognby W. E. et al., *Biochem. J.*, 1966, v. 98, No. 2, p. 420—425.

10. Фенилгидразиновый метод. Фенилгидразиновые активные группы (см. разд. 123, № 13) особенно эффективно реагируют с альдегидными группами углеводов:



11. Метод шиффовых оснований (метод глутарового альдегида). При активации аминсодержащих носителей глутаровым альдегидом образуется шиффово основание, способное реагировать с аминогруппами лигандов (тоже с образованием соединения типа шиффова основания):

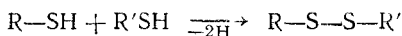


Активированный материал устойчив при 4 °C по крайней мере 1 неделю. Метод применим для иммобилизации белков на полиакриламидных гелях и на АЕ-целлюлозе. Глутаровый альдегид применяли также для образования нерастворимой массы ферментов посредством поперечного сшивания.

Лит.: Inman J. K., Dintzis H. M., *Biochemistry*, 1969, v. 8, No. 10, p. 4074—4082; Robinson P. J. et al., *Biochim. Biophys. Acta*, 1971, v. 242, No. 3, p. 659—661; Weston P. D., Avrameas S., *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 1971, v. 45, No. 6, p. 1574—1580; Терпунк Т., Аврамеас С., *FEBS Letters*, 1972, v. 23, No. 1, p. 24—28.

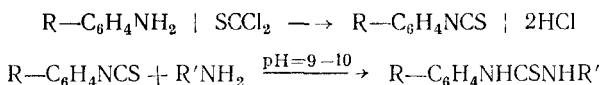
12. Дисульфидный метод. Носители, имеющие меркаптогруппы (см. разд. 120, № 11, 18; разд. 122, № 11; разд. 123, № 17), могут взаимодейство-

вать с аналогичными группами белков в присутствии окислителя, например феррицианида калия:

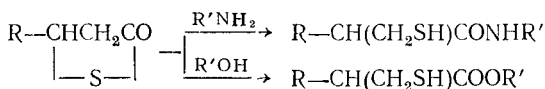


Для повышения эффективности связывания белок рекомендуется предварительно обогатить меркаптогруппами с помощью иммунотиола. Ценная особенность этого метода состоит в том, что носитель можно регенерировать: связанный белок легко отмывается раствором цистеина.

13. Изотиоцианатный метод (тиокарбамидное связывание). Носители, имеющие ароматические аминогруппы, после активации тиофосгеном (при этом образуются изотиоцианатные производные) реагируют с аминогруппами лигандов:

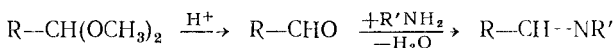


14. Тиолактоновый метод. Носитель с активными тиолактоновыми кольцами (см. разд. 122, № 12) может непосредственно реагировать с белками через алифатические амино-, гидроксильные и фенольные группы:



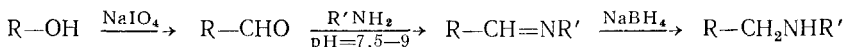
Иммобилизация белка происходит в очень мягких условиях. Оптимальное значение pH для разных белков различно (в пределах от 5 до 9).

15. Ацетальный метод. Носитель с диметилацетальными группами (см. разд. 122, № 13) реагирует с аминогруппами белков после активирования разбавленной минеральной кислотой:



В некоторых случаях носитель можно полностью или частично реактивировать разбавленной кислотой.

Стеклянные носители с привитыми углеводами (см. разд. 123, № 19—25) реагируют с белками аналогичным образом после частичного окисления сорбента с помощью  $\text{NaIO}_4$  (6 мМ):



Лит.: Royer G. P. et al., *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 1975, v. 64, No. 2, p. 478—484.

16. Ртуть-тиолятный метод. Ртутьорганические носители (см. разд. 120, № 12, 19) применяют для связывания лигандов, содержащих меркаптогруппы и для селективной очистки тиол-содержащих белков. Ковалентная тиолятная связь ( $-\text{S}-\text{Hg}-$ ) образуется в водной среде при  $pH = 4-8$ . После отмывания примесей S-содержащие белки можно элюировать разбавленным ( $\approx 0,01M$ ) раствором  $\beta$ -меркаптоэтанола или реактива Келланда. Регенерируют носитель раствором  $0,01 M \text{HgCl}_2$  и  $0,02 M$  ЭДТА в  $0,05 M$  Na-ацетатном буферном растворе,  $pH = 4,8$  (с последующим отмыванием избытка  $\text{HgCl}_2$  буферным раствором, содержащим  $0,2 M \text{NaCl}$ ).

Лит.: Cuatrecasas P., *J. Biol. Chem.*, 1970, v. 245, No. 12, p. 3059—3065; Barrett A. J., *Biochem. J.*, 1973, v. 131, No. 4, p. 809—822; Ruiz-Carrillo A., *Methods in enzymol.*, 1974, v. 34B, p. 547.



**Сводная таблица методов иммобилизации**  
(указаны порядковые номера методов)

Активные группы носителя	Активные группы лиганда					
	-NH <sub>2</sub> (а)	>NH гетеро- цикл. (б)	-COOH (в)	-OH (г)	-SH (д)	-CHO (е)
- OH	1					
COOH	2,6					
-NH <sub>2</sub>	4,11	4,8	2,3	1,8		
-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NH <sub>2</sub>	13	8		8		
-CONHNH <sub>2</sub>	9					
-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NHNH <sub>2</sub>						10
-CON <sub>3</sub>	9					
-COONC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	5					
-COOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NO <sub>2</sub>	5					
-COCH <sub>2</sub> Br	4	4		4		
-CH(OCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> '	15					
-SH			3		12	
-C(O)S—	14			14		
-Hg					16	

Примечания. (а) — терминальные аминогруппы, аминогруппы остатков лизина, гуанидиновые группы остатков аргинина; (б) — имидазольные группы остатков гистидина, индольные группы остатков триптофана; (в) — терминальные карбоксильные группы, карбоксильные группы остатков глутаминовой и аспарагиновой кислот; (г) — фенольные группы остатков тирозина, гидроксильные группы остатков серина; (д) — меркаптогруппы остатков цистеина; (е) — альдегидные группы углеводов.

## Х. ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ БУМАГИ

126. Целлюлозные хроматографические бумаги . . . . .	239
127. Ацелилированные бумаги . . . . .	239
128. Силиконизированные бумаги . . . . .	239
129. Бумаги на основе стекловолокна . . . . .	244
130. Ионнообменные бумаги . . . . .	245
131. Бумаги, импрегнированные ионнообменными смолами . . . . .	245
132. Бумаги, импрегнированные сорбентами . . . . .	247

### 126. Целлюлозные хроматографические бумаги (табл. на стр. 240)

Однородные по плотности и толщине, химически чистые бумаги из целлюлозного волокна применяют для распределительной хроматографии. По скорости капиллярного впитывания растворителей различают бумаги быстрые, средние и медленные. Скорость капиллярного поднятия воды оценивают в мм/30 см или по Клемму в мм/30 мин. Быстрые мягкие бумаги (150—200 мм/30 мин) рекомендуются для быстрого разделения сравнительно несложных смесей. Средние бумаги (100—130 мм/30 мин) — универсальные, их применяют в хроматографической практике наиболее часто. Медленные плотные бумаги (70—90 мм/30 мин) обладают повышенной разделительной способностью, но из-за большой продолжительности разделения используют их только в особых случаях.

По выработке различают матовые (М), глянцевые (Гл) и сатинированные (Сат) бумаги. Сорт бумаги определяется дополнительной обработкой: а — стандартная, необработанная бумага; б — промытая кислотой; в — дважды промытая кислотой; г — обезжиренная, т. е. промытая органическими растворителями; д — промытая кислотой и обезжиренная.

### 127. Ацелилированные бумаги (верхняя табл. на стр. 244)

Целлюлозные ацелилированные бумаги (см. также разд. 106) применяют для распределительной хроматографии методом обращенных фаз. Гидрофобность носителя возрастает с увеличением степени ацелилирования, предельное содержание групп  $-\text{COCH}_3$  44,8% (триацетат).

Ацелилированные бумаги применяют для хроматографии липофильных веществ — алкил- и арил-галогенидов, полициклических соединений, фенолов, индолов, аминокислот, гидроксамовых кислот, нитросоединений, стероидов, витаминов, глицеридов, фосфатидов, нуклеиновых кислот, красителей, перекисей, антиоксидантов, инсектицидов, неорганических катионов.

### 128. Силиконизированные бумаги (нижняя табл. на стр. 244)

Пропитывание силиконом придает бумаге гидрофобный характер и делает ее пригодной для разделения липофильных веществ методом распределительной хроматографии с обращенными фазами (см. разд. 106 и 127). Силиконизированные бумаги устойчивы к действию минеральных кислот до их концентрации 4 н. и щелочей — до 0,4 н. Термостойкость 90 °С. Органические растворители могут экстрагировать следы силикона, однако это не мешает спектрофотометрическому определению веществ в области 220—700 нм.

№ п/п	Марки бумаг и фирма-изготовитель	Выработка	Сорт	Зольность, %	Толщина, мм	Плотность, мг/см <sup>2</sup>	Скорость капиллярного поднятия воды		Формат листов, см
							мм/30 мин	мин/30 см	
	<b>Selecta [S &amp; S, ФРГ]</b>								
1	2040 a	M	a	0,04—0,07	0,19	8,5	170—190	90—140	58×60
2	2040 b	M	a	0,04—0,07	0,25	12	170—190	90—140	58×60
3	2043 a	M	a	0,04—0,07	0,17	8,5	105—115	230—270	58×60
4	2043 b Mgl	Сат	a	0,04—0,07	0,22	12	105—115	220—260	58×60
5	2045 a	M	a	0,04—0,07	0,17	9	70—80	300—400	58×60
6	2045 b	M	a	0,04—0,07	0,21	12	70—90	300—400	58×60
7	2316	M	a	0,04—0,07	0,34	16,5	120—130	220—260	58×58
8	2317	M	a	0,04—0,07	0,28	14	90—105		58×58
9	2668	M	a	0,04—0,07	0,9	32	225—250		58×58
10	2727	M	a	0,04—0,07	1,3	70	190—210		58×58
11	2040 a/g	M	б	0,19	8,5	170—190			46×56, 56×58
12	2040 b/g	M	б	0,25	12	170—190			56×56
13	2043 a/g	M	б	0,17	8,5	105—115			46×56, 56×58
14	2043 b/g	M	б	0,22	12	105—115			56×58
15	2045 a/g	M	б	0,17	9	70—80			56×56
16	2045 b/g	M	б	0,21	12	70—80			56×56
17	2316 g	M	б	0,34	16,5	120—130			56×56
18	2317 g	M	б	0,28	14	90—105			56×56
	<b>MN [MN, ФРГ]</b>								
19	MN 212	Сат	a	0,04—0,06	0,21	12	80—90		58×60
20	MN 214	Сат	a	0,04—0,06	0,28	14	90—100		58×60
21	MN 218	Сат	a	0,04—0,06	0,37	18	90—100		58×60
22	MN 260	Сат	a	0,04—0,06	0,20	9	130—150		58×60
23	MN 261	Сат	a	0,04—0,06	0,18	9	90—100		58×60
24	MN 263	Сат	a	0,04—0,06	0,15	9	60—70		58×60
25	MN 818	M	a	0,04—0,06	0,45	18			58×60
26	MN 827	M	a	0,04—0,06	0,70	27			58×60
27	MN 860	M	a	0,04—0,06	1,70	65			38×38, 58×60, 80×80
28	MN 2212	Сат	б	0,008—0,012	0,21	12	80—90		56×58
29	MN 2214	Сат	б	0,008—0,012	0,28	14	90—100		56×58

30	MN 2260	Сат	б	0,008—0,012	0,20	9	130—150	56×58	
31	MN 2261	Сат	б	0,008—0,012	0,18	9	90—100	56×58	
32	MN 2263	Сат	б	0,008—0,012	0,15	9	60—70	56×58	
33	MN 2818	М	б	0,008—0,012	0,45	18		56×58	
34	MN 2827	М	б	0,008—0,012	0,70	27		56×58	
35	MN 214 ff	Сат	г		0,28	14	90—100	56×58	
36	MN 2214 ff	Сат	д		0,28	14	90—100	56×58	
37	MN 261 ff	Сат	г		0,18	9	90—100	56×58	
38	MN 2261 ff	Сат	д		0,18	9	90—100	56×58	
Ederol [JCB, ФРГ]									
39	201	Гл	а			10	55—60 *	48×60	
40	202	Гл	а			12	55—60 *	48×60	
41	202/S	Сат	а			12	55 *	48×60	
42	207	Гл	а			9	45—50 *	48×60	
43	207/S	Сат	а			9	45 *	48×60	
44	208	Гл	а			12	45—50 *	48×60	
45	208/A	Гл	б			12	45—50 *	48×60	
46	208/F	Гл	г			12	45—50 *	48×60	
47	208.S	Сат	а			12	45	48×60	
48	214	Гл	а			9	30—35 *	48×60	
49	215	Гл	а			11	30—35 *	48×60	
50	215/S	Сат	а			11	35 *	48×60	
51	225	Гл	а			18	150 *	48×60	
52	226	Гл	а			14	50—60 *	48×60	
Munkteli [GP, Швеция]									
53	301		а			10	65	48×52	
54	302		а			10	100	48×52	
55	303		а			10	115	48×52	
56	304		а			10	130	48×52	
57	S 301		б			10	65	48×52	
58	S 302		б			10	100	48×52	
59	S 303		б			10	115	48×52	
60	S 304		б			10	130	48×52	
61	311		а			12	65	47×51	
62	312		а			12	100	47×51	
63	313		а			12	115	47×51	

№ п/п	Марки бумаги и фирма-изготовитель	Выработка	Сорт	Зольность, %	Толщина, мм	Плотность, мг/см <sup>2</sup>	Скорость капиллярного поднятия воды		Формат листов, см
							мм/30 мин	мин/30 см	
64	314		а			12	130		47×51
65	S 311		б			12	65		47×51
66	S 312		б			12	100		47×51
67	S 313		б			12	115		47×51
68	S 314		б			12	130		47×51
Whatman [W, Англия]									
69	1 Chr.	Гл	а	≤0,06	0,16	8,7	130	140—220	46×57, 58×68
70	2 Chr.	Гл	а	≤0,06	0,18	9,7	115	200—300	46×57, 58×68
71	3 Chr.	М	а	≤0,06	0,38	18,5	130	150—250	46×57, 58×68
72	3ММ Chr.	Гл	а	≤0,06	0,33	18,5	130	140—180	46×57, 58×68
73	4 Chr.	Гл	а	≤0,06	0,20	9,2	180	70—100	46×57, 58×68
74	17 Chr.	Гл	а	≤0,06	0,88	44	190		46×57
75	20 Chr.	Гл	а	≤0,06	0,16	9,3	85	400—600	46×57
76	31 ET Chr.	Гл	б	≤0,025	0,53	19	225	60—120	46×57
77	ЗМС	Гл	а	≤0,06	0,33	18,5	130	140—180	46×57
78	7	М	а	≤0,06	0,20	8,2		150—180	46×57
79	40	М	в	≤0,01	0,20	9,5		Средняя	46×57
80	41	М	в	≤0,01	0,19	9,1		60—120	46×57
81	42	М	в	≤0,01	0,20	10,0		Медлен.	46×57
82	52	Оч. гл.	б	≤0,025	0,17	9,4			46×57
83	54	Оч. гл.	б	≤0,025	0,18	9,0		60—120	46×57
84	540	Оч. гл.	в	≤0,008	0,15	8,3		200—300	46×57
85	541	Оч. гл.	в	≤0,008	0,16	7,9		60—120	46×57
86	542	Оч. гл.	в	≤0,008	0,16	9,5		Медлен.	46×57
D'Arches [Arch, Франция]									
87	301		а		0,24	11,5	64—68 *		54×56
88	302		б		0,24	11,5	66—70 *		54×56
89	303		а		0,32	16,5	55—60 *		54×56
90	304		б		0,32	16,5	55—60 *		54×56
91	308		б		0,185	8,5			54×56

92	310		б		0,35	17,0		54×56
93	Eaton and Dike- man [E & D, США]							
94	Toyo-Roshi [T-R, Япония]							40×40, 60×60
	Filtrak [PN, ГДР]							
95	FN 1		а	0,18—0,20		8,5—9	140—160	58×60
96	EN 2		а	0,20—0,23		12—12,5	140—160	58×60
97	FN 3		а	0,18—0,20		8,5—9	90—100	58×60
98	FN 4		а	0,20—0,23		12—12,5	90—100	58×60
99	FN 5		а	0,17—0,19		8,5—9	60—70	58×60
100	FN 6		а	0,20—0,23		12—12,5	60—70	58×60
101	FN 7		а	0,28—0,30		14,5—15	140—160	58×60
102	FN 8		а	0,51—0,55		27—28	170—190	58×60
103	FN 11		б	0,18—0,20		8,5—9	140—160	47×58
104	FN 12		б	0,20—0,23		12—12,5	140—160	47×58
105	FN 13		б	0,18—0,20		8,5—9	90—100	47×58
106	FN 14		б	0,20—0,23		12—12,5	90—100	47×58
107	FN 15		б	0,17—0,19		8,5—9	60—70	47×58
108	FN 16		б	0,20—0,23		12—12,5	60—70	47×58
109	FN 17		б	0,28—0,30		14,5—15	140—160	47×58
110	FN 18		б	0,51—0,55		27—28	170—190	47×58
	Хроматографиче- ские бумаги [СССР]							
111	Б, № 1	М	а				Быстрая	52×65
112	Б, № 2	М	а				Быстрая	52×65
113	М, № 3	М	а			8,5	Медлен.	52×65
114	М, № 4	М	а			8,5	Медлен.	52×65

Примечания\*. Скорость капиллярного поднятия воды указана в мм/10 мин. 2, 4, 6, 12, 14, 16. Сорта бумаги с несколько большей толщиной и прочностью — рекомендуются для двумерного хроматографирования. 25—27, 33, 34. Скорость капиллярного поднятия воды (в мм/10 мин): 90 (№ 25, 33), 130—140 (№ 26, 34), 150—160 (№ 27). 69—86. Бумаги, вырабатываемые специально для хроматографии (№ 69—76) или отобранные из фильтровальных бумаг по пригодности для хроматографии (№ 77—86). Максимальное содержание тяжелых металлов в бумагах сорта (а) —  $1 \cdot 10^{-3}\%$  Fe,  $2 \cdot 10^{-4}\%$  Cu; в бумагах сорта (в) —  $5 \cdot 10^{-4}\%$  Fe,  $1 \times 10^{-4}\%$  Cu. 77. Вариант бумаги № 72, производят из целлюлозы, отобранной по минимальному содержанию карбоксильных групп. 82—86. Бумаги с повышенной прочностью. 93, 94. Данных об ассортименте бумаг не имеется.

№ п/п	Марки бумаг и фирма-изготовитель	Содержание групп $-\text{COCH}_3$ , %	Толщина, мм	Плотность, мг/см <sup>2</sup>	Формат листов, см
1	Selecta [S & S, ФРГ]				
2	2043 b/6 ac	6—10	0,20—0,23	14	54×55
3	2043 b/21 ac	20—25	0,23—0,25	16,5	54×55
4	2045 b/21 ac	20—25	0,19—0,25	16,5	54×55
4	2043 a/45 ac	40—45	0,20—0,23	16,5	51×55
5	MN [MN, ФРГ]				
5	MN 214 AC-10	10	0,30	16	55×56
6	MN 214 AC-20	20	0,40	19	54×55

№ п/п	Марки бумаг и фирма-изготовитель	Содержание силикона, %	Толщина, мм	Плотность, мг/см <sup>2</sup>	Формат листов, см
1	Selecta [S & S, ФРГ]				
2	2043 a hy	5	0,17	8,5	58×58
1	2043 b hy	5	0,22	12	58×58
3	597 hy			8,5	58×58
4	MN [MN, ФРГ]				
4	MN 214 WA		0,28	14	56×58
5	MN 617 WA			8,5	} Диски Ø от 9 до 24
6	MN 616 WA			8,5	
7	MN 619 eh WA			8,5	
8	Whatman [W, Англия]				
8	ST 81 (No. 1-ST) <sup>+</sup>	5	0,17	9,0	28×46
9	IPS	5	0,17—0,18	9,0	Диски Ø от 7 до 18

Примечания. 1, 2. Бумаги пропитаны силиконом Dowex 1107. Предназначены специально для хроматографии. 3. Фильтровальная бумага, используют для отделения органических фаз от водных после экстракции (Neu R, Chemie f. Labor u. Betrieb., 1960, Bd. 11, Nr. 8, S. 334). 5—7, 9. См. прим. к № 3.

## 129. Бумаги на основе стекловолокна

Бумагу на основе микроволокна из боросиликатного стекла изготавливают с добавлением неорганического или органического связующего. В отличие от целлюлозных, такие бумаги обладают высокой химической и микробиологической устойчивостью (устойчивы к действию кислот до концентрации 5 н.); термостойкость достигает 500 °С. Стекловолоконистые бумаги негигроскопичны, но вследствие сравнительно большой поверхности (около 2 м<sup>2</sup>/г) они имеют высокую влагоемкость — до 5—7,5 мл/г. Скорость капиллярного впитывания воды высокая. С целью фотометрирования бумага может быть сделана прозрачной посредством смачивания растворителем с показателем преломления приблизительно 1,5, например бензолом.

Бумаги на основе стекловолокна используют для хроматографии и электрофореза и для фильтрования водных растворов и аэрозолей. Стекловолоконистую бумагу с успехом применяют для импрегнирования сорбентами (см. разд. 132).

Специальное назначение: абсорбция проб крови с целью пересылки для анализа в клиническую лабораторию (K e e n H., K n i g h t R. K., Lancet, 1962, No. 7238, p. 1037—1040); измерение радиоактивности нерастворимых в толуоле веществ жидкостно-сцинтилляционным методом посредством высушивания проб на дисках (особенно целесообразно для измерения  $^3\text{H}$ : эффективность значительно выше, чем при высушивании проб на целлюлозной бумаге).

№ п/п	Марки бумаг и фирма-изготовитель	Толщина, мм	Плотность, мг/см <sup>2</sup>	Влажность, мкл/см <sup>2</sup>	Формат листов, см
	Selecta [S & S, ФРГ]				
1	6	0,35	7		58×59,5
2	8	0,35	7		58×59,5
3	9	0,35	7		58×59,5
4	10	0,35	7		58×59,5
5	MN 85 [MN, ФРГ]		8,5		58×60
	Whatman GF [W, Англия]				
6	GF 81 (GF/A)	0,25	5,2	27,5	} 46×57 и диски
7	GF 82 (GF/B)	0,73	14,3	67,5	
8	GF 83 (GF/C)	0,26	5,5	25	
9	GF/D	0,65	12,0	90	
10	GF/F	0,50	7,5		
11	Gelman Glass Microfiber [Gelm, США]	0,3			20×20
12	Mead-Flo 984-BH [Mead, США]				30×37,5 В рулонах

Примечания. 1, 2. Содержат неорганическое связующее. Термостойкость 500 °С. Диаметр волокна (в мкм): 0,5—1,5 (№ 1) и 0,75—1,5 (№ 2). Скорость капиллярного впитывания воды на бумаге № 2 выше, чем на бумаге № 1. 3, 4. Бумаги с органическим связующим, термостойкость 180 °С. Диаметр волокон 0,5—1,4 мкм. Бумагу № 4 отличает высокая прочность на разрыв. 6—8. Среднеплотные бумаги. Скорость капиллярного поднятия воды (в мм/30 мин): 225 (№ 6, 8) и 185 (№ 7). Бумагу № 8 изготавливают из ультратонкого волокна. 9. Рыхлая бумага для фильтрации с высокой скоростью. 10, 12. Ультраплотная бумага.

### 130. Ионообменные бумаги (верхняя табл. на стр. 246)

Хроматографические ионообменные бумаги изготавливают из волокнистой ионообменной целлюлозы (см. разд. 104) с добавлением, для прочности, обыкновенной целлюлозы. Хроматография на таких бумагах является вариантом тонкослойной хроматографии на пластинах с порошками целлюлозо-ионообменников (см. разд. 139).

### 131. Бумаги, импрегнированные ионообменными смолами (нижняя табл. на стр. 246)

Хроматографические бумаги на целлюлозной основе, пропитанные тонкоразмолотыми ионообменными смолами (см. также разд. 140).



№ п/п	Марки бумаг и фирма-изготовитель	Активные группы	Ионная форма	Полная обменная емкость		Толщина, мм	Плотность, мг/см <sup>2</sup>	Скорость капиллярного поднятия воды, мм/30 мин	Формат листов, см
				мг-экв/г	мкг-экв/см <sup>2</sup>				
1	Whatman [W, Англия] P 81 (P 20) <sup>+</sup>	P	NH <sub>4</sub>	2,1 [1,0]	18,0 [8,5]	0,17	8,5	125	46×57
2	CM 82	CM	H	0,31	2,5	0,17	8,5	110	46×57
3	DE 81 (DE 20) <sup>+</sup>	DEAE	OH	0,41	3,5	0,17	8,5	95	46×57
4	ET 81 (ET 20) <sup>+</sup>	E	OH	0,24	2,0	0,17	8,5	125	46×57
Servacel papers [Serva, ФРГ]									
5	P	P	H	1,0	8,5	0,17	8,5	125	45×55
6	CM	CM	H	0,5	4,3	0,17	8,5	110	45×55
7	DEAE	DEAE	Cl	0,4	3,4	0,17	8,5	95	45×55

Примечание. Бумаги № 5—7 производят из бумаг № 1—3.

№ п/п	Марки бумаг и фирма-изготовитель	Марки смол	Активные группы	Ионная форма	Полная обменная емкость		Толщина, мм	Плотность, мг/см <sup>2</sup>	Формат листов, см
					мг-экв/г	мкг-экв см <sup>2</sup>			
Amberlite [RA, США]									
1	SA-2	IR-120	-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na	1,9	30		16	20×28
2	WA-2	IRC-50	>CHCOO <sup>-</sup>	H	4,5	60		13	23×30
3	SB-2	IRA-400	-N <sup>+</sup> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Cl	1,5	20		13	20×28
4	WB-2	IR-4B	-NH <sub>2</sub> , -NH	OH	4,0	39		13	23×30
MN [MN, ФРГ]									
5	MN 616 LSA-50		-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H	2,0	24	0,28— 0,32	12	58×60
6	MN 616 LSB-50		-N <sup>+</sup> R <sub>3</sub>	OH	1,3	13	0,24— 0,28	10	58×60

Примечания. 1—3. Содержание смолы в бумаге 45%. Бумагу № 1 использовали для извлечения лекарственных веществ из мочи с последующим анализом методом ТСХ (Kaistha K. K. et al., J. Chromatog., 1975, v. 107, No. 2, p. 359—379). 5, 6. Смолы полнстирольные с 8,5 и 6% ДВБ (№ 5 и 6).

### 132. Бумаги, импрегнированные сорбентами

№ п/п	Марки бумаг и фирма-изготовитель	Тип бумаги	Импрегнующий сорбент	pH сорбента	Содержание сорбента, %	Толщина, мм	Плотность, мг/см <sup>2</sup>	Формат листов, см
1	Gelman ITLC [Gelm, США]							
2	ITLC-SG	С	Силикагель Самэг	5	См. прим.			5×20, 20×20
3	ITLC-SA	С	Кремневая кислота	6	То же	0,25		5×20, 20×20
4	ITLC-SAF	С	То же + ФИ	6	»	0,25		5×20, 20×20
5	ITLC-SAF-D	С	То же	6	»	0,25		20×20
5	ChromAR Sheet [MCW, США]							
6	500	С	Силикагель с 6% ФИ (254)	6,5—7,2	70	0,5		Рулоны 20×200
6	1000	С		SilicAR TLC-7F	6,5—7,2	70	1,0	То же
7	Whatman [W, Англия]							
8	ACG/B	Ц+С	Активный уголь			0,90	19,5	Диски Ø 5,5—11
9	АН 81	Ц	Гидроксид алюминия	9	7,5	0,20	10	5×57, 46×57
9	SG 81	Ц	Силикагель	7	22	0,25	10	То же
10	Selecta [S & S, ФРГ]							
11	287	Ц	Кизельгур		20		15	58×58
11	508	Ц	Активный уголь		50		20	58×58
12	509	Ц	То же		50		15	58×58
13	MN [MN, ФРГ]							
14	MN 660	Ц	Кизельгур				14	Диски
14	MN 728	Ц	Активный уголь		50	0,5	20	»
15	Niederschlag 66K [PN, ГДР]	Ц	Активный уголь				15,5	Диски Ø 9—15

Примечания. Тип бумаги: Ц — целлюлозная (см. разд. 122), С — стекловолоконная (см. разд. 125). 1—4. Стекловолоконная бумага приготовлена без добавок связующего, отличается высокой скоростью движения растворителя и допускает проявление хроматограмм с помощью серной кислоты при нагревании до 200—300 °С. Бумага № 1 — с небольшим содержанием сорбента, рекомендована для хроматографии липидов и других неполярных соединений. Содержание сорбента в бумагах № 2—4 значительно больше, причем в направлении к одному краю листа pH немного возрастает. Рекомендованы для разделения полярных веществ: сахаров, аминокислот, витаминов. Сорт бумаги № 4 предназначен для идентификации наркотиков. 6. Для препаративных работ. 8,9. Время капиллярного поднятия воды на 75 мм — 22 и 15 мин (№ 8 и 9), бензола на 115 мм — 30 мин. Средний диаметр пор силикагеля 11 нм. 11, 12. Бумаги соответственно аналитического и технического сортов.

## XI. ПЛАСТИНЫ ДЛЯ ТСХ

133. Пластины со слоем силикагеля . . . . .	250
134. Пластины со слоем окиси алюминия . . . . .	262
135. Пластины со слоем кизельгура . . . . .	265
136. Пластины со слоем пористого стекла . . . . .	266
137. Пластины со слоем целлюлозы . . . . .	266
138. Пластины со слоем ацетиловой целлюлозы . . . . .	270
139. Пластины со слоем ионообменных целлюлоз . . . . .	271
140. Пластины со слоем ионообменных смол . . . . .	272
141. Пластины со слоем полиамида . . . . .	273
142. Скорость подъема фронта растворителя на пластинах Woelm со слоем силикагеля . . . . .	275

Изготовленные машинным способом, готовые к непосредственному употреблению пластины для тонкослойной хроматографии удобны в работе и обеспечивают гораздо более воспроизводимые результаты, чем пластины ручного изготовления. Главное преимущество фабричных пластин — высокая степень однородности слоя по составу и толщине. Слой сорбента прочен, на пластине можно делать надписи мягким карандашом, но при необходимости сорбент можно легко соскрести с основы. Пластины с толщиной слоя 0,5 мм и больше предназначены для препаративно-слойной хроматографии (ПСХ).

В качестве основы используют стекло, алюминиевую фольгу и полиэфирную (ПЭ) пленку. Стеклопластины наиболее универсальны, так как они устойчивы практически в любых растворителях. Алюминиевые и ПЭ пластины имеют то преимущество, что их легко изгибать, придавая любую нужную форму, а также резать ножницами. Кроме того, они значительно легче стеклянных и занимают меньше места. ПЭ-пленка (обычно полиэтилентерефталатная пленка типа «майлар» или «лавсан») прозрачна для УФ-лучей до 320 нм, что позволяет выполнять фотометрирование хроматограмм непосредственно в слое. Гибкие пластины, однако, недостаточно устойчивы в некоторых условиях. Фольга из пассивированного алюминия неустойчива к действию сильнокислых и сильнощелочных растворов; в присутствии воды слой сорбента может отставать от основы. ПЭ-пленка устойчива в ацетоне, этилацетате, ксилоле, диоксане, ледяной уксусной кислоте, но растворяется в фенолах, трифторуксусной кислоте и разрушается в щелочах или концентрированном растворе  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Термостойкость ПЭ-пленки 120—180 °С.

Наличие того или иного связующего часто создает дополнительные ограничения при подборе системы растворителей и выборе проявителя. Так, наличие крахмала в качестве связующего не позволяет проявлять хроматограммы в парах иода или с помощью концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Сильнокислые растворители делают неэффективным флуоресцентный индикатор (ФИ) на основе сульфида цинка.

Для того, чтобы сделать невозможным перекрытие соседних пятен, некоторые фирмы предлагают пластины со слоем, разделенным небольшими интервалами на отдельные дорожки (каналы). Усовершенствованные пластины делают с зоной предварительного поглощения проб («з о н о й п р е а д с о р б -

ц и и») из неактивного материала — диатомита. Качество разделения методом ТСХ во многом зависит от того, как нанесена проба: диаметр пятна на старте не должен превышать 2—3 мм. Для этого нужен объем наносимого раствора свести к минимуму или наносить пробу дробно, подсушивая каждую порцию раствора феном; решение задачи облегчается использованием специальных приспособлений (дозаторов), однако потери времени на этом этапе остаются большими. Вышеназванные и ряд других требований относительно нанесения проб отпадают, если использовать пластины с зоной преадсорбции, на которую можно однократно наносить большой объем растворов (в том числе водных). Когда подвижный растворитель начинает движение по пластине, растворимое вещество пробы вытесняется из неадсорбирующего слоя диатомита и переносится в начало слоя сорбента соответствующего канала в виде узкой полосы. Дальнейшее разделение компонентов смеси происходит как обычно. Таким образом, на пластины с зоной преадсорбции можно непосредственно наносить сильно разбавленные, а также недостаточно очищенные пробы; можно, например, наносить пробы крови и мочи сразу, без предварительной обработки, лишь разбавив их спиртом.

Новым в технологии изготовления пластин для ТСХ является производство пластин с так называемым «п е р м а н е н т н ы м п о к р ы т и е м» (впервые предложены в 1973 г.). Равномерный пористый слой силиката, прочно фиксированный на стеклянной основе связями химического типа, получают посредством отжига слоя чистого силикагеля на стеклянных пластинах. Пластины используются многократно, не менее 15—25 раз. Для регенерации их промывают растворителем обычным способом или погружают на 1—2 ч в хромовую кислоту, затем промывают водой и активируют 2 ч при 120 °С. Однотипные разделения можно выполнять на одной и той же пластине — при этом обеспечивается весьма высокая воспроизводимость результатов. Такие пластины также очень удобны для импрегнирования, например гидрофобной жидкой фазой (для хроматографии методом обращенных фаз) или нитратом серебра (см. разд. 3). Пластины с перманентным покрытием см. в разд. 133—№ 59, 174, 175.

## 133. Пластины со слоем силикагеля (см. также разд. 3)

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка сорбента	pH сорбента	Связующее	Другие добавки	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
	DC-Fertigplatten Kieselgel [Merck, ФРГ]							
1	60	60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	Нет	0,25	Стекло (1,2 мм)	5×20, 10×20, 20×20
2	60 F <sub>254</sub>	60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	0,25	То же	5×10, 5×20, 10×20, 20×20
3		60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	0,5	»	20×20
4	60/Kieselgur F <sub>254</sub>	60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	Кизельгур + + ФИ (254)	0,25	»	20×20
5	60 silanisiert	60 Н silan.	7,0	SiO <sub>2</sub>	Силикон	0,25	»	20×20
6	60 F <sub>254</sub> silani- siert	60 Н silan.	7,0	SiO <sub>2</sub>	Силикон + + ФИ (254)	0,25	»	20×20
	PSC-Fertigplatten Kieselgel [Merck, ФРГ]							
7	60	60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	Нет	2,0	»	20×20
8	60 F <sub>254</sub>	60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	2,0	»	20×20, 20×40

	DC-Alufolien Kieselgel [Merck, ФРГ]							
9	6)	60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	Нет	0,25	Al-фольга (0,1 м <sup>2</sup> )	5×20, 20×20
10	60 F <sub>254</sub>	60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	0,25	То же	5×7,5, 5×20, 20×20
11	60/Kieselgur F <sub>254</sub>	60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	Кизельгур + ФИ (254)	0,25	»	20×20
	DC-Alurollen Kieselgel [Merck, ФРГ]							
12	60 F <sub>254</sub>	60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	0,20	»	20×500 (в рулонах)
	DC-Plastikfolien Kieselgel [Merck, ФРГ]							
13	60	60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	Нет	0,25	ПЭ-пленка	20×20
14	60 F <sub>254</sub>	60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	0,25	»	20×20
	DC-Plastikrollen Kieselgel [Merck, ФРГ]							
15	60 F <sub>254</sub>	60 Н	7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	0,20	»	20×500 (в рулонах)

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка сорбента	pH сорбента	Связующее	Другие добавки	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
16	DC-Fertigplatten (TLC-plates) Woelm [Woelm, ФРГ] Kieselgel	Woelm DC	6	Органическое	Нет	0,25	Стекло (1,3 мм)	5×20, 10×20, 20×20
17	Kieselgel F 254	Woelm DC	6	То же	ФИ (254)	0,25	То же	5×20, 10×20, 20×20
18	Kieselgel F 254/366	Woelm DC	6	»	ФИ (254+366)	0,25	»	20×20
19	Rapid-Plate Woelm [Woelm, ФРГ] Silica Gel F 254	Woelm DC	6	»	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 20×20
20	DC-Folien (TLC-sheets) Woelm [Woelm, ФРГ] Kieselgel	Woelm DC	6	»	Нет	0,20	Al-фольга (0,1 мм)	20×20
21	Kieselgel F 254/366	Woelm DC	6	»	ФИ (254+366)	0,20	То же	20×20
22	DC-Fertigplatten SIL [MN, ФРГ] SIL G-25 UV <sup>254</sup>	MN N (HR?)	6,8	SiO <sub>2</sub> (?)	ФИ (254)	0,25	Стекло	5×20, 10×20, 20×20
23	SIL G-50 UV <sup>254</sup>	MN N (HR?)	6,8	SiO <sub>2</sub> (?)	ФИ (254)	0,50	»	20×20, 20×40
24	SIL G-100 UV <sup>254</sup>	MN N (HR?)	6,8	SiO <sub>2</sub> (?)	ФИ (254)	1,0	»	20×20, 20×40
25	SIL P-200 UV <sup>254</sup>	MN N (HR?)	6,8	SiO <sub>2</sub> (?)	ФИ (254)	2,0	»	20×20, 20×40

	MN-Polygram Sil [MN, ФРГ; BI, США; CLG, Ан- глия]							
26	Sil N-HR	MN N-HR	6,8	SiO <sub>2</sub> (?)	Нет	0,20	ПЭ-пленка (0,2 мм) То же	5×20, 20×20, 20×40
27	Sil N-HR/UV 254	MN N-HR	6,8	SiO <sub>2</sub> (?)	ФИ (254)	0,20		5×20, 20×20, 20×40
28	Sil G	MN G	6,8	Гипс	Нет	0,25		» 5×20, 20×20, 20×40
29	Sil G/UV 254	MN G	6,8	»	ФИ (254)	0,25	» 5×20, 20×20, 20×40	
30	Sil S	MN S	6,8	Крахмал	Нет	0,1	» 5×20, 20×20, 20×40	
31	Sil S/UV 254	MN S	6,8	»	ФИ (254)	0,1	» 5×20, 20×20, 20×40	
32	Sil S-HR	MN S-HR	6,8	»	Нет	0,1	» 5×20, 20×20, 20×40	
33	Sil S-HR/UV 254	MN S-HR	6,8	»	ФИ (254)	0,1	» 5×20, 20×20, 20×40	
	Selecta DC-Fertig- platten [S & S, ФРГ]							
34	G 1500	150		Органиче- ское	Нет	0,25	Стекло (1,3 мм)	10×20, 20×20
35	G 1500/LS 254	150		То же	3% ФИ (254)	0,25	»	10×20, 20×20
36	G 1505/LS 254	150		»	3% ФИ (254)	0,50	»	20×20, 20×40
37	G 1510/LS 254	150		»	3% ФИ (254)	1,0	»	20×20, 20×40
	Selecta DC-Alu- Fertigfolien [S & S, ФРГ]							
38	A 1500	150		»	Нет	0,20	Al-фольга (0,1 мм)	20×20
39	A 1500/LS 254	150		»	2% ФИ (254)	0,20	То же	20×20



№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка сорбента	pH сорбента	Связующее	Другие добавки	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
40	Selecta DC-Fertigfolien [S & S, ФРГ] F 1500	150		Органическое	Нет	0,20	ПЭ-пленка (0,25 мм)	20×20
41	FR 1500	150		То же	»	0,20	То же	20×500 (в рулонах)
42	F 1500/LS 254	150		»	3% ФИ (254)	0,20	»	20×20
43	FR 1500/LS 254	150		»	3% ФИ (254)	0,20	»	20×500 (в рулонах)
44	DC-Karten Riedel [RDH, ФРГ], Stratocrom [Erba, Италия]				Нет			9,5×18; 20×20
45	SI SIF				ФИ (254)			9,5×18; 20×20
46	Camag Fertigplatten Kieselgel [CAMAG, Швейцария]							
47	D-A	D-0		Крахмал	Нет	0,25	Стекло (2 мм)	20×20
48	DS-A	DS-0		»	Нет	0,25	То же	20×20
49	DF-A	DF-0		»	ФИ (254)	0,25	»	20×20
49	DSF-A	DSF-0		»	ФИ (254)	0,25	»	20×20
50	Activac [SIBAR, Италия] 954-S		7,0	Имеется	Нет	0,30	Стекло (1,2±0,2 мм)	
51	954-S f		7,0	»	ФИ (254)	0,30	То же	
52	954-S ff		7,0	»	ФИ (254 + 366)	0,30	»	
53	555-S		7,4	»	См. прим.	0,30	»	

54	555-S f		7,4	»	То же + + ФИ (254)	0,30	»	
55	555-S ff		7,4	»	То же + + ФИ (254)+ + 366)	0,30	»	
56	59 B-S		4,0	»	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0,30	»	
57	59 B-S f		4,0	»	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> + + ФИ (254)	0,30	»	
58	59 B-S ff		4,0	»	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> + + ФИ (254)+ + 366)	0,30	»	
59	Reusable TLC Plates SG [RA, Англия]			Нет	Нет		Стекло	5×20
60	Eastman Chromagram Sheets [Kodak, США] 13181 (6060)+		7	} Поливиниловый спирт	ФИ (254)	0,10	ПЭ-пленка (0,17 мм) То же	20×20
61	13179 (6061)+		7		Нет	0,10		20×20
62	Uniplates Silica Gel [Ant, США; Anc, Англия] G Analytical	Merck 60 G	7,0	Гипс (13%)	Нет	0,25	Стекло	5×20, 10×20, 20×20
63	GF-Analytical	Merck 60 G	7,0	» (13%)	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
64—67	G-Preparative	Merck 60 G	7,0	» (13%)	Нет	} 0,5; 1,0; 1,5; 2,0	»	10×20, 20×20, 20×40
68—71	GF-Preparative	Merck 60 G	7,0	» (13%)	ФИ (254)		»	»
72	G with AgNO <sub>3</sub>	Merck 60 G	7,0	Гипс	AgNO <sub>3</sub> (до 20%)	0,25	»	10×20, 20×20
73	GF with AgNO <sub>3</sub>	Merck 60 G	7,0	»	То же	0,25	»	10×20, 20×20
74	H-Analytical	Merck 60 H	7,0	SiO <sub>2</sub>	Нет	0,25	»	10×20, 20×20

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка сорбента	pH сорбента	Связующее	Другие добавки	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
75	HF-Analytical	Merck 60 H	7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	0,25	»	10×20, 20×20
76	H-Preparative	Merck 60 H	7,0	SiO <sub>2</sub>	Нет	0,50	»	10×20, 20×20
77	HF-Preparative	Merck 60 H	7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (254)	0,50	»	10×20, 20×20
78	Baker-flex Silica Gel [Baker, США] IB	Baker 7	7—8	Специальное	Нет	0,20	Гибкие пластины То же » » »	2,5×7,5; 5×20; [20×20, 20×40
79	IB-F	Baker 7	7—8	То же	ФИ (254)	0,20		
80	S	Baker 7	7—8	Крахмал	Нет	0,20		
81	S-F	Baker 7	7—8	»	ФИ (254)	0,20		
82	IB2			Специальное	Нет	0,20		
83	IB2-F			То же	ФИ (254)	0,20	»	2,5×7,5; 5×20; 20×20
84	Duogram Silica Gel [Baker, США]						ПЭ-пленка	Ленты
85	Mannogram Silica Gel [S/M, США]				Нет	0,25 (±4%)	Стекло	5×20, 20×20
86	19-Channel				»	0,25 (±4%)	»	20×20
87	F				ФИ (254)	0,25 (±4%)	»	(с 19 дорожек.) 20×20
88	Quanta Gram [QI, США] MQI			Органическое	Нет	0,20	Стекло	2,5×7,5

89	MQ1F	»	ФИ (254)	0,20	»	2,5×7,5
90	Q1	»	Нет	0,25	»	5×10, 5×20,
91	Q1F	»	ФИ (254)	0,25	»	10×20, 20×20,
						5×40, 10×40,
						20×40
92, 93	PQ1	»	Нет	0,5; 1,0	»	20×20, 20×40
94, 95	PQ1F	»	ФИ (254)	0,5; 1,0	»	20×20, 20×40
96	Q4	Гипс	Нет	0,25	»	5×20, 10×20,
						20×20
97	Q4F	»	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 10×20,
						20×20
98—100	PQ4	»	Нет	0,5; 1,0;	»	20×20
				2,0		
101—103	PQ4F	»	ФИ (254)	0,5; 1,0;	»	20×20
				2,0		
104	Q5	Органиче- ское	Нет	0,25	»	5×10, 5×20,
		То же	ФИ (254)	0,25	»	10×20, 20×20
105	Q5F					5×10, 5×20,
						10×20, 20×20
106	Q5W	»	Нет	0,25	»	5×20, 20×20
107	Q5WF	»	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 20×20
108, 109	PQ5	»	Нет	0,5; 1,0	»	20×20, 20×40
110, 111	PQ5F	»	ФИ (254)	0,5; 1,0	»	20×20, 20×40
112, 113	LQ, LQD	»	Нет	0,25	»	5×20, 20×20
114, 115	LQF, LQDF	»	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 20×20
116	PLQ	»	Нет	1,0	»	20×20
117	PLQF	»	ФИ (254)	1,0	»	20×20
118	MQ6F	»	ФИ (254)	0,20	»	2,5×7,5
119	Q6	»	Нет	0,25	»	5×10, 5×20,
						10×20, 20×20
120	Q6F	.	ФИ (254)	0,25	.	5×10, 5×20,
						10×20, 20×20
121, 122	PQ6	»	Нет	0,5; 1,0	»	20×20
123, 124	PQ6F	»	ФИ (254)	0,5; 1,0	»	20×20

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка сорбента	pH сорбента	Связующее	Другие добавки	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
125, 126 127, 128	LQ6, LQ6D LQ6F, LQ6DF			Органическое	Нет ФИ (254)	0,25 0,25	» »	5×20, 20×20 5×20, 20×20
129	Siligram [С, США]				Нет		Гибкие пластины	15×15
130	U. V.-254				ФИ (254)		То же	15×15
131	Anasil [Ана, США] H	Anasil H		Нет	Нет	0,25	Стекло	5×20, 10×20, 20×20
132		Anasil H		»	»	0,5	»	20×20
133		Anasil H		»	»	1,0	»	20×20
134	HF	Anasil H		»	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
135		Anasil H		»	»	0,5	»	20×20
136		Anasil H		»	»	1,0	»	20×20
137	G	Anasil G		Гипс (13%)	Нет	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
138		Anasil G		То же	»	0,5	»	20×20
139		Anasil G		»	»	1,0	»	20×20
140	GF	Anasil G		»	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
141		Anasil G		»	ФИ (254)	0,5	»	20×20
142		Anasil G		»	ФИ (254)	1,0	»	20×20
143	NEN-Silica [Ана, США] G	Merck 60 G	6,8—7,0	»	Нет	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
144		Merck 60 G	6,8—7,0	»	»	0,5	»	20×20
145		Merck 60 G	6,8—7,0	»	»	1,0	»	20×20
146	GF	Merck 60 G	6,8—7,0	»	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
147		Merck 60 G	6,8—7,0	»	ФИ (254)	0,5	»	20×20

148		Merck 60 G	6,8—7,0	»	ФИ (254)	1,0	»	20×20
149	ChromAR Plate 7GF [MCW, США]	SilicAR TLC-7GF	6,5—7,2	Гипс (14%)	6% ФИ (254)		Стекло	5×20, 20×20
150	Packard TLC plates [Pack, США]				Нет		Стекло	5×20
151					ФИ		»	5×20
152					Нет		ПЭ-пленка	20×20
153					ФИ		»	20×20
	Redi-Coat [Sup, США]							
154				Нет	Нет	0,5	Стекло	20×20
155	L/S			»	5% (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,5	»	5×20, 20×20
156	42A	Supelco- sil-42A	7,2	SiO <sub>2</sub>	10% силиката Mg	0,5	»	20×20
157	G	Merck 60 G	6,8—7,0	Гипс (13%)	Нет	0,5	»	20×20
158	AG	Merck 60 G	6,8—7,0	То же	15% AgNO <sub>3</sub>	0,5	»	20×20
159	H	Merck 60 H	6,8—7,0	SiO <sub>2</sub>	Нет	0,5	»	20×20
160		Merck 60 H	6,8—7,0	SiO <sub>2</sub>	ФИ (неорг.)	0,5	»	20×20
161	Aflasil	Aflasil	7,4—7,6	Гипс		0,5	»	20×20
	Precotes [ASL, США]							
162	Adsorbosil-1	Adsorbosil 1		Гипс (10%)	Нет	0,25	Стекло (1,6 мм)	5×20, 20×20
163	Adsorbosil-1-P	Adsorbosil 1		Крахмал	ФИ (254)	0,25	То же	5×20, 20×20
164	Adsorbosil-5	Adsorbosil 5	6,8—7,0	Нет	Нет	0,25	»	5×20, 20×20
165	Adsorbosil-5-P	Adsorbosil 5	6,8—7,0	»	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 20×20
166	Silica Gel G	Merck 60 G (?)		Гипс	Нет	0,25	»	5×20, 20×20
167	Silica Gel GF	Merck 60 G (?)		»	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 20×20
168	Silica Gel H	Merck 60 H (?)		Нет	Нет	0,25	»	5×20, 20×20
169	Silica Gel HF	Merck 60 H (?)		»	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 20×20

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка сорбента	pH сорбента	Связующее	Другие добавки	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см	
170	Thick-Layer Pre-kotes [ASL, США]	Adsorbosil 1 Merck 60 G (?) Merck 60 H (?)		Гипс (10%)	—	0,5	Стекло (1,6 мм)	20×20	
171	Silica Gel G			Гипс	—	0,5		»	20×20
172	Silica Gel H			Нет	—	0,5		»	20×20
173	[ASL, США] Safety-Kote	Silica Gel H		Нет (?)	Проявитель	0,25	Стекло	5×20, 20×20	
174	Permakote			Нет	Нет	0,15		»	5×20, 20×20 (8 доп.)
175	Permakote Microslides			»	»	0,15		»	2,5×7,5
176	Silufol UV 254			Крахмал	ФИ (254)	0,1	Al-фольга	20×20	
177	Silufol UV 254 [Serva, ФРГ]			»	ФИ (254)	0,1		То же	20×20
178	Silufol [Кав, ЧССР]			Silpearl	»	Нет		0,1	»
179	UV 254	Silpearl	»	»	ФИ (254)	0,1	»	5×15, 15×15, 20×20	
180	UV 366	Silpearl	»	»	ФИ (366)	0,1	»	5×15, 15×15, 20×20	
181	UV 254+366	Silpearl	»	»	ФИ (254+366)	0,1	»	5×15, 15×15, 20×20	
182	20 Silufol	Silpearl	»	»	Нет	0,2	»	5×15, 15×15, 20×20	
183	20 Silufol UV 254	Silpearl	»	»	ФИ (254)	0,2	»	5×15, 15×15, 20×20	

184	Lucefol					5×15, 15×15, 20×20
185	Lucefol QUICK					5×15, 15×15, 20×20
186	Chromoplat SG [Rean, BHP]	Органиче- ское	Нет		Стекло	20×20

Примечания. 1—15. Связующее (предположительно) типа аэросила, в небольшом количестве. 4, 11. Кизельгур (в соотношении 1 : 1) добавлен для ускорения разделения. 16—19. Активированные (при 130 °С) пластины. ФИ—неорганический. Возможно проявление хроматограмм с помощью  $H_2SO_4$ . Пластины № 19 отличаются повышенной скоростью движения растворителя (см. также пластины № 118—128, 185 и разд. 142). 20, 21. Неактивированные пластины. ФИ—неорганический. 22—27. Связующее типа аэросила (?). 34—43. Неактивированные пластины. ФИ—сульфид цинка (№ 35, 42, 43) или силикат цинка (№ 36, 37, 39). 46—49. Сорта пластин № 47 и 49 — с повышенной скоростью движения растворителя (по сравнению с № 46 и 48). 50—58. Активированные пластины в герметичной вакуумированной упаковке. Связующее допускает проявление хроматограмм с  $H_2SO_4$ . ФИ — неорганический. 53—55. Сорбент с добавкой вещества, улучшающего его разделительную способность при хроматографии основных веществ. 56—58. Сорбент импрегнирован 0,03 М  $H_3BO_3$  — для хроматографии углеводов (J a c i n H., M i s h k i n A. R., J. Chromatog., 1965, v. 18, No. 1, p. 170 — 173; L a t o M. et a l., Ibid., 1968, v. 34, No. 1, p. 26—34) и некоторых других веществ (M e z z e t t i T. et a l., Planta Med., 1970, Bd. 18, Nr. 4, S. 326—331). 59. Пластины многократного использования, с перманентным покрытием (см. также № 174, 175). 60, 61. Пластины с крупнозернистым сорбентом. ФИ — силикат кальция, активированный Рb и Mn. 78, 79, 82, 83. Специальное инертное связующее ( $SiO_2$ ?) допускает проявление хроматограмм с  $H_2SO_4$ . ФИ — сульфид цинка и кадмия. 84. Лента с двумя дорожками, для автоматического ТСХ-анализатора Chromatare. 86. Пластины с 19 дорожками и зоной предварительного поглощения пробы в начале каждой дорожки, длина зоны 3 см, емкость до 25 мкл (см. также пластины № 112—117, 125—128). 88—128. Пластины в индивидуальной герметичной упаковке. Органическое полимерное связующее допускает использование всех обычных проявителей (в том числе  $H_2SO_4$ ) с нагреванием до 130 °С. ФИ — силикат цинка (2%). Плотность слоя сорбента малая (№ 88—95), средняя (№ 96—117) или большая (№ 118—128). Для последнего характерна высокая скорость движения растворителя (приблизительно вдвое выше, чем на обычных пластинах; см. также «быстрые» пластины № 19, 185). Слой пластин «D» (№ 113, 115, 126, 128) разделен на дорожки шириной 8 (или 11) мм с интервалами 2 мм — 4 дорожки на пластине формата 5×20 см и 19 (или 15) дорожек на пластине формата 20×20 см. Пластины «L» (№ 112—117, 125—128) — с зоной предсорбции (35 мм в направлении движения растворителя; емкость зоны до 60 мкл на 1 дорожку). Пластины «W» (№ 106, 107) имеют участок шириной 35 мм с одного края, на котором сорбент не темнеет при проявлении обугливающими реактивами (предназначен для надписей). 149. ФИ — галогено-апатитовый. 154. Рекомендованы для разделения липидов различных классов методом двумерной хроматографии (R o u s e r G. et a l., Lipids, 1966, v. 1, No. 1, p. 85—86; T u r n e r J. D., R o u s e r G., Anal. Biochem., 1970, v. 38, No. 2, p. 423—436). Отсутствие связующего облегчает извлечение веществ из пятен для колориметрического анализа. 155. Для разделения и анализа лецитинов и сфингомиелинов. 161. Для определения афлатоксинов. 163, 165. ФИ — силикат цинка. 173. Самопроявляющиеся пластины: обугливающий реактив включен в слой сорбента. Для проявления хроматограммы нужно нагреть пластину до 80—120 °С. 174, 175. Пластины многократного использования, с перманентным покрытием (см. также № 59). Пластины формата 20×20 см имеют 8 отдельных дорожек шириной 20 мм. 177. ФИ — силикат цинка. 178. То же (?). 185. «Быстрые» пластины — см. также № 19, 118—128.



## 134. Пластины со слоем окиси алюминия (см. также разд. 7)

№ п/п	Марка пластин и фирма-изготовитель	Марка сорбента	pH сорбента	Связующее	Другие добавки	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
1	DC-Fertigplatten Aluminiumoxid [Merck, ФРГ] 60 F <sub>254</sub> (Тип E)	60 H bas. (Тип E)	9	SiO <sub>2</sub> (?)	ФИ (254)	0,25	Стекло (1,2 мм)	5×20, 20×20
2	150 F <sub>254</sub> (Тип T)	150 basisch (Тип T)	9	SiO <sub>2</sub> (?)	ФИ (254)	0,25	То же	5×20, 20×20
3	PSC-Fertigplatten Aluminiumoxid [Merck, ФРГ] 150 F <sub>254</sub> (Тип T)	150 P (Тип T)	9	SiO <sub>2</sub> (?)	ФИ (254)	1,5	»	20×20
4	DC-Alufolien Alumi- niumoxid [Merck, ФРГ] 60 F <sub>254</sub> neutral (Тип E)	60 neutral (Тип E)	7,5	SiO <sub>2</sub> (?)	ФИ (254)	0,20	Al-фольга (0,1 мм)	20×20
5	150 F <sub>254</sub> neutral (Тип T)	150 neutral (Тип T)	7,5	SiO <sub>2</sub> (?)	ФИ (254)	0,20	То же	20×20
6	DC-Plastikfolien Alu- miniumoxid [Merck, ФРГ] 60 F <sub>254</sub> (Тип E)	60 basisch (Тип E)	9	SiO <sub>2</sub> (?)	ФИ (254)	0,20	ПЭ-пленка	20×20
7	DC-Karten Riedel [RDH, ФРГ], Stra- toscom [Erba, Италия] ALF				ФИ (254)			9,5×18, 20×20
	Samag Fertigplatten							

8	Aluminiumoxid [SAMAG, Швейцария]	DS-0	9,5	Крахмал	Нет		Стекло (2 мм)	20×20
9	DS-A DSF-A	DS-0 DS-0	9,5	»	ФИ (254)		»	20×20
10	MN-Polygram [MN, ФРГ; BI, США; GLG, Англия]	MN N	9,5	Специальное	Нет	0,20	ПЭ-пленка (0,2 мм)	5×20, 20×20, 20×40
11	Alox N/UV <sub>254</sub>	MN N	9,5	»	ФИ (245)	0,20	ПЭ-пленка (0,2 мм)	5×20, 20×20, 20×40
12	Brinkmann [BI, США]	Merck G	7,5	Гипс (10%)	ФИ (254)	0,25	Стекло	20×20
13	Mannogram [S/M, США]				Нет	0,25 (±4%)	»	5×20, 20×20
14	Alumina Alumina-F				ФИ	0,25 (±4%)	»	5×20, 20×20
15	Eastman Chromagram Sheets [Kodak, США]		9	Поливини- ловый спирт	Нет	0,10	ПЭ-пленка (0,17 мм)	20×20
16	13253 (6062)* 13252 (6063)*		9	То же	ФИ (254)	0,10	»	20×20
17	Packard TLC plates [Pack, США]				Нет		Стекло	5×20
18					ФИ		»	5×20
19					Нет		ПЭ-пленка	20×20
20					ФИ		То же	20×20

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка сорбента	pH сорбента	Связующее	Другие добавки	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
21	Uniplates Alumina [Ant, США; Анс, Англия] G-Analytical	Merck 60 G (Тип E)	7,5	Гипс (9%)	Нет	0,25	Стекло	5×20, 10×20, 20×20
22	GF-Analytical	Merck 60 G (Тип E)	7,5	То же	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
23, 24	G-Preparative	Merck 60 G (Тип E)	7,5	»	Нет	0,5; 1,0	»	10×20, 20×20, 20×40
25, 26	GF-Preparative	Merck 60 G (Тип E)	7,5	»	ФИ (254)	0,5; 1,0	»	10×20, 20×20, 20×40
27	Baker-flex Aluminium Oxide [Baker, США] IB	Baker 9	9	SiO <sub>2</sub> (?)	Нет	0,20	} Гибкие пластины	2,5×7,5, 5×20, 20×20, 20×40
28	IB-F	Baker 9	9	SiO <sub>2</sub> (?)	ФИ (254)	0,20		
29	NEN-Anasil Alumina TLC Plates [Ana, США] AG			Гипс (10%)	Нет	0,25	Стекло	5×20, 10×20, 20×20
30				То же	»	0,5	»	20×20
31				»	»	1,0	»	20×20
32	AGF			»	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
33				»	»	0,5	»	20×20
34				»	»	1,0	»	20×20
35	Quanta Gram [Q1, США] Q3		7 (?)	Неорганич.	Нет	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20

36	Q3F		7 (?)	»	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
37, 38	PQ3		7 (?)	»	Нет	0,5; 1,0	»	20×20
39, 40	PQ3F		7 (?)	»	ФИ (254)	0,5; 1,0	»	20×20
	Activac [SIBAR, Италия]							
41	AL-7		7,0	Нет	Нет	0,25	Стекло (1,2±0,2 мм)	
42	AL-7 f		7,0	»	ФИ (254)	0,25	То же	
43	AL-7 ff		7,0	»	ФИ (254+ + 366)	0,25	»	

Примечания. 1—6. Средний диаметр пор сорбента (в нм): 6 (№ 1, 4, 6) и 15 (№ 2, 3, 5). Связующее, предположительно, типа аэросила. ФИ — неорганический. 10, 11. Специальное инертное связующее допускает возможность проявления хроматограмм с  $H_2SO_4$ . ФИ — силикат цинка, активированный Рb и Мп. 28. ФИ — сульфид цинка и кадмия. 35—40. Пластины в индивидуальной герметичной упаковке. Сорбент с активностью IV по Брокману, ФИ — силикат цинка (2%). 41—43. Активированные пластины в вакуумированной упаковке. ФИ — неорганический.

### 135. Пластины со слоем кизельгура (см. также разд. 103)

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка сорбента	Связующее	Добавки к сорбенту	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
1	DC-Fertigplatten Kieselgur F <sub>254</sub> [Merck, ФРГ]			ФИ (254)	0,25	Стекло (1,2 мм)	20×20
2	DC-Alufolien Kieselgur F <sub>254</sub> [Merck, ФРГ]			ФИ (254)	0,25	Al-фольга (0,1 мм)	20×20
3	Uniplates Kieselguhr [Ant, США; Anc, Англия]	Merck G	Гипс (15%)	Нет	0,25	Стекло	10×20, 20×20
4	G-Analytical GF-Analytical	Merck G	Гипс (15%)	ФИ (254)	0,25	»	10×20, 20×20

266 136. Пластины со слоем пористого стекла (см. также разд. 10)

Corning Precoated Plates [CGW, США]: два сорта пластин, с ФИ и без него. Содержат 4% связующего—бемита Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> или коллоидального кремнезема типа аэросила (зернение около 10 нм). Формат пластин 5×20 и 20×20 см.

137. Пластины со слоем целлюлозы (см. также разд. 105)

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка целлюлозы	Добавки к целлюлозе	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
1	[Merck, ФРГ] DC-Fertigplatten Gellulose	Avicel	Нет	0,10	Стекло (1,2 мм)	10×10, 10×20, 20×20
2	DC-Fertigplatten Cellulose F	Avicel	ФИ (254)	0,10	То же	10×20, 20×20
3	DC-Alufolien Cellulose	Avicel	Нет	0,10	Al-фольга (0,1 мм)	20×20
4	DC-Alufolien Cellulose F <sub>254</sub>	Avicel	ФИ (254)	0,10	То же	20×20
5	DC-Alurollen Cellulose	Avicel	Нет	0,10	»	20×500 (в рулонах)
6	DC-Plastikfolien Cellulose	Avicel	»	0,10	ПЭ-пленка	20×20
7	DC-Plastikfolien Cellulose F <sub>254</sub>	Avicel	ФИ (254)	0,10	То же	20×20
8	DC-Plastikrollen Cellulose	Avicel	Нет	0,10	»	20×500 (в рулонах)
9	Selecta DC-Fertigplatten [S & S, ФРГ] G 1440	Selecta 144	Нет	0,1	Стекло (1,3 мм)	10×20, 20×20
10	G 1440/LS 254	Selecta 144	3% ФИ (254)	0,1	То же	10×20, 20×20
11	G 1440 Z	Selecta 144	Нет	0,1	»	10×20
12	G 1805	Selecta 180	»	0,5	»	20×20, 20×40
13	Selecta DC-Fertigfolien [S & S, ФРГ] F 1440	Selecta 144	»	0,1	ПЭ-пленка (0,25 мм)	20×20

14	F 1440/LS 254 Selecta DC-Alu-Fertigfolien [S & S, ФРГ]	Selecta 144	ФИ (254)	0,1	То же	20×20
15	A 1440	Selecta 144	Нет	0,1	А1-фольга (0,1 мм) То же	20×20
16	A 1440/LS 254	Selecta 144	2% ФИ (254)	0,1		20×20
	DC-Fertigplatten CEL [MN, ФРГ]					
17	CEL 300-10	MN 300	Нет	0,10	Стекло	5×20, 10×20, 20×20
18	CEL 300-25	MN 300	»	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
19	CEL 300-50	MN 300	»	0,50	»	20×20, 20×40
	MN-Polygram CEL [MN, ФРГ; BI, США; CLG, Ан- глия]					
20	CEL 300	MN 300	Нет	0,10	ПЭ-пленка (0,2 мм)	5×20, 20×20, 20×40
21	CEL 300 UV <sub>254</sub>	MN 300	ФИ (254)	0,10	То же	5×20, 20×20, 20×40
22	CEL 400	Avicel	Нет	0,10	»	5×20, 20×20, 20×40
23	CEL 400 UV <sub>254</sub>	Avicel	ФИ (254)	0,10	»	5×20, 20×20, 20×40
	DC-Karten Riedel [RDH, ФРГ], Stratocrom [Erba, Италия]					
24	CE		Нет			9,5×18, 20×20 9,5×18, 20×20
25	CEF		ФИ (254)			
	Camag Fertigplatten Cellu- lose [CAMAG, Швейцария]					
26	DS-A	DS-0	Нет		Стекло (2 мм) То же	20×20
27	DSF-A	DSF-0	ФИ (254)			20×20

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка целлюлозы	Добавки к целлюлозе	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
28	Activac [SIBAR, Италия] XC	Микрокрист. целлюлоза (pH = 7) То же + силика-гель (pH = 7)	Нет	0,1	Стекло (1,2±0,2 мм) То же » » »	
29	XC f		ФИ (254)	0,1		
30	XC ff		ФИ (254+366)	0,1		
31	AAX		Нет	0,1		
32	AAX f		ФИ (254)	0,1		
33	AAX ff		ФИ (254+366)	0,1		
34	Eastman Chromagram Sheets [Kodak, США] 13255 (6064) <sup>+</sup>	Микрокрист. целлюлоза (pH = 7)	Нет	0,16	ПЭ-пленка (0,17 мм) То же	20×20
35	13254 (6065) <sup>+</sup>		ФИ (254)	0,16		20×20
36	Baker-flex Cellulose [Baker, США]	Микрокрист. целлюлоза	Нет	0,10	Гибкие пластичные » » » » » » ПЭ-пленка	2,5×7,5; 5×20; 20×20; 20×40 5×20, 20×20 5×20, 20×20 Ленты
37	F		ФИ (254)	0,10		
38	Microcrystalline		Нет	0,10		
39	F, Microcrystalline		ФИ (254)	0,10		
40	Duogram Cellulose [Baker, США]		Нет			
41	Mannogram Cellulose [S/M, США]	Микрокрист. целлюлоза	Нет	0,25 (±4%)	Стекло »	5×20, 20×20 20×20
42	Redi-Coat-C [Sup, США]		SiO <sub>2</sub> + ФИ (неорг.)	0,50		
43	Prekote Microcrystalline Cellulose [ASL, США]	Микрокрист. целлюлоза		0,25	»	5×20, 20×20
44	Packard TLC plates [Pack, США]		Нет		Стекло	5×20

45			ФИ			5×20
46			Her		»	20×20
47			ФИ		ПЭ-пелерка То же	20×20
	Uniplates Cellulose [Ant, США; Anc, Англия]					
48		Avicel FMC	Her	0,25	Стекло » » » » » » » »	5×20, 10×20,
49		Avicel FMC	ФИ (254)	0,25		20×20
50, 51		Avicel FMC	Her	0,5; 1,0		10×20, 20×20,
52, 53		Avicel FMC	ФИ (254)	0,5; 1,0		20×40
54		MN 300	Her	0,25		5×20, 10×20,
55		MN 300	ФИ (254)	0,25		20×20
56		MN 300	Her	0,50		10×20, 20×20.
57		MN 300	ФИ (254)	0,50		20×40
	Anasil Microcrystalline Cellulose TLC Plates [Ana, США]					
58	C	Avicel	Her	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
59		Avicel	»	0,5	»	20×20
60		Avicel	»	1,0	»	20×20
61	CF	Avicel	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
62		Avicel	ФИ (254)	0,5	»	20×20
63		Avicel	ФИ (254)	1,0	»	20×20
64	MN 300	MN 300	Her	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
65	MN 300F	MN 300	ФИ (254)	0,25	»	5×20, 10×20, 20×20
	Quanta, Gram [Q1, США]					
66	Q2	Avicel FMC	Her	0,25	»	5×10, 5×20, 10×20, 20×20
67	Q2F	Avicel FMC	ФИ (254)	0,25	»	5×10, 5×20, 10×20, 20×20
68, 69	PQ2	Avicel FMC	Her	0,5; 1,0	»	20×20
70, 71	PQ2F	Avicel FMC	ФИ (254)	0,5; 1,0	»	20×20



№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка целлюлозы	Добавки к целлюлозе	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
72	Chromoplat C [Rean, ВНР]	Микрокристаллическая целлюлоза	Органическое связующее		Стекло	20×20

Примечания. 10, 14, 16. ФИ — сульфид цинка. 21, 23. ФИ — силикат цинка, активированный Mn. 31—33. Предназначены для разделения аминокислот. 40. Лента с двумя дорожками сорбента — для автоматического ТСХ-анализатора Chromatаре (фирма Baker). 66—71. Пластины в индивидуальной герметичной упаковке. ФИ — силикат цинка (2%).

### 138. Пластины со слоем ацетиловой целлюлозы (см. также разд. 106)

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Степень ацетилирования, % $\text{CH}_3\text{CO}-$	Добавки к целлюлозе	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
1	Selecta DC-Fertigplatten [S & S, ФРГ] G 1440/21 ac	20—25	Крахмал (4%) То же	0,1	Стекло (1,3 мм) То же	10×20, 20×20 10×20, 20×20
2	G 1440/45 ac	40—45		0,1		
3	Selecta DC-Fertigfolien [S & S, ФРГ] F 1440/21 ac	20—25	»	0,1	ПЭ-пленка (0,25 мм) То же	20×20 20×20
4	F 1440/45 ac	40—45	»	0,1		
5	MN-Polygram CEL [MN, ФРГ; VI, США; CLG, Англия] CEL 300 AC-10	10	Нет	0,10	ПЭ-пленка (0,2 мм) То же	5×20, 20×20, 20×40 5×20, 20×20, 20×40
6	CEL 300 AC-30	30	»	0,10		
7	Baker-flex Cellulose AC10 [Baker, США]	8—12	»	0,10	Гибкие пластины	5×20, 20×20

Примечания. 1—4. На основе порошка ацетиловой целлюлозы Selecta 144/ас. 5, 6. На основе порошка MN 300 AC

139. Пластины со слоем ионообменных целлюлоз (см. также разд. 85)

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Активные группы	Добавки к целлюлозе	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
1	PEI-Cellulose F [Merck, ФРГ] DC-Fertigplatten	PEI	ФИ (254)	0,1	Стекло (1,2 мм)	20×20
2	DC-Alufolien	PEI	ФИ (254)	0,1	Al-фольга (0,1 мм)	20×20
3	DC-Plastikfolien	PEI	ФИ (254)	0,1	ПЭ-пленка	20×20
4	Selecta [S & S, ФРГ] DC-Fertigplatten G 1440 PEI/LS 254	PEI	3% ФИ (254)	0,1	Стекло (1,3 мм)	10×20, 20×20
5	DC-Fertigfolien F 1440 PEI/LS 254	PEI	3% ФИ (254)	0,1	ПЭ-пленка (0,25 мм)	20×20
6	MN-Polygram CEL [MN, ФРГ; BI, США; CLG, Англия] CEL 300 CM	CM	Нет	0,10	ПЭ-пленка (0,2 мм)	5×20, 20×20, 20×40
7	CEL 300 DEAE	DEAE	»	0,10	То же	5×20, 20×20, 20×40
8	CEL 300 ECTEO LA	E	»	0,10	»	5×20, 20×20, 20×40
9	CEL 300 PEI	PEI	»	0,10	»	5×20, 20×20, 20×40
10	CEL 300 PEI/UV <sub>254</sub>	PEI	ФИ (254)	0,10	»	5×20, 20×20, 20×40
11	Baker-flex Cellulose [Baker, США] CM	CM	Нет	0,10	Гибкие пластины	5×20, 20×20
12	DEAE	DEAE	»	0,10	» »	5×20, 20×20
13	ECTEO LA	E	»	0,10	» »	5×20, 20×20
14	PEI	PEI	»	0,10	» »	5×20, 20×20
15	PEI-F	PEI	ФИ (254)	0,10	» »	5×20, 20×20

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Активные группы	Добавки к целлюлозе	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
16	Chromoplat [Реан, ВНР]	СМ DEAE Е	Органич. связующее		Стекло » »	20×20
17	СМ					20×20
18	DEAE ЕСТЕОЛА					20×20

Примечания. 4, 5. ФИ — сульфид цинка. 10. ФИ — силикат цинка, активированный Мп.

#### 140. Пластины со слоем ионообменных смол (см. также разд. 131)

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Ионообменная смола	Ионная форма	Связующее	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
1	Fixion 50-X8 [С-N, ВНР]	Dowex 50W-X8	Na		0,1	Ацетатная пленка (0,2 мм)	20×20
2	Ionex [MN, ФРГ]	Dowex 50W-X8	Na		0,1		20×20
3	Selecta DC-Fertigplatten [S & S, ФРГ]	Dowex 2-X8 Dowex 2-X8 Dowex 50W-X8 Dowex 50W-X8	Cl	Целлюлоза Selecta 144	0,1	Стекло (1,3 мм) То же » »	10×20, 20×20
4	G 1440/A 5		Cl		0,1		10×20, 20×20
5	G 1440/A 10		H		0,1		10×20, 20×20
6	G 1440/K 5		H		0,1		10×20, 20×20
	G 1440/K 10						

Примечания. 1, 2. Перед использованием слой сорбента должен быть промыт и уравновешен соответствующими буферными растворами. ТСХ в фиксированном слое ионообменной смолы применяют для быстрого разделения аминокислот и других веществ (Дэвени Т., Гергей Я., Аминокислоты, пептиды и белки, М., «Мир», 1976, с. 242—264). 3—6. Активный слой состоит из смеси порошка целлюлозы с ионообменной смолой; содержание последней (5 или 10%) указано последними цифрами в обозначении марок.

### 141. Пластины со слоем полиамида (см. также разд. 23)

Пленки с микрослоем полиамида, приготовленные по Уонгу (см. № 6, 18—22), предназначены для быстрого определения ультрамалых количеств веществ (вплоть до пикомольевых). Пленки готовят следующим образом. Полиамидную смолу растворяют в 75%-ной муравьиной кислоте и вязким раствором смачивают обе стороны ПЭ-пленки (основы). Высушивают в камере, насыщенной парами воды, при 26 или 29° С в течение 2 суток и затем при 100—130° С в течение 15 мин. Для анализа удобно использовать обе стороны пленок одновременно: на од-

ной стороне проходит разделение пробы, а на другой — разделение стандартной смеси.

Лит.: Wang K.-T. et al., *J. Chromatog.*, 1962, v. 22, No. 2, p. 362—368; Woods K. R., Wang K.-T., *Biochim. Biophys. Acta*, 1967, v. 133, No. 2, p. 369—370; Airhart J. et al., *Anal. Biochem.*, 1973, v. 53, No. 1, p. 132—140; Varga J. M., Richards F. F., *Ibid.*, No. 2, p. 397—406; Summers M. R. et al., *Ibid.*, p. 624—628.

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка полиамида	Связующее	Другие добавки	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
1	DC-Alufolien Polyamid II F <sub>254</sub> [Merck, ФРГ] Selecta DC-Fertigplatten [S & S, ФРГ]	Merck Polyamid 11	Нет	ФИ (254)	0,15	Al-фольга (0,1 мм)	20×20
2	G 1600		Крахмал (4%)	Нет	0,12	Стекло (1 мм)	10×20, 20×20
3	G 1600 LS 254 Selecta DC-Fertigfolien [S & S, ФРГ]		То же	ФИ (254)	0,12	Стекло (1 мм)	10×20, 20×20
4	F 1600		»	Нет	0,12	ПЭ-пленка (0,25 мм)	20×20
5	F 1600/LS 254		»	ФИ (254)	0,12	То же	20×20
6	F 1700		»	Нет	0,025	»	5×5, 15×15
7	DC-Karten Riedel PF [RDH, ФРГ], Stratocrom [Erba, Италия]	DF		ФИ (254)			9,5×18, 20×20
8	MN-Polygram Pol [MN, ФРГ; BI, США; CLG, Англия] Pol 6	MN DC 6	Нет	Нет	0,1	ПЭ-пленка (0,2 мм)	5×20, 20×20, 20×40

№ п/п	Марки пластин и фирма-изготовитель	Марка полиамида	Связующее	Другие добавки	Толщина слоя, мм	Основа	Формат пластин, см
9	Pol 6 UV <sub>254</sub>	MN DC 6	Нет	ФИ (254)	0,1	ПЭ-пленка (0,2 мм)	5×20, 20×20, 20×40
10	Pol 11	MN DC 11	»	Нет	0,1	То же	5×20, 20×20, 20×40
11	Pol 11 UV <sub>254</sub>	MN DC 11	»	ФИ (254)	0,1	»	5×20, 20×20, 20×40
12	Eastman Chromagram 6066 [Kodak, США]		»	Нет	0,06	ПЭ-пленка (0,17 мм)	10×10, 20×20
13	Baker-flex Polyamide 6 [Baker, США]	Baker TLC 6	»	»	0,10	То же	5×20, 20×20
14	6-F	Baker TLC 6	»	ФИ (254)	0,10	»	5×20, 20×20
15	11	Baker TLC 11	»	Нет	0,10	»	5×20, 20×20
16	11-F	Baker TLC 11	»	ФИ (254)	0,10	»	5×20, 20×20
17	Activac PX-11 [SIBAR, Италия]	Полиамид 11 (pH = 7)	Целлюлоза	Нет	0,2	Стекло (1,2±0,2 мм)	
18	Cheng-Chin Polyamide Sheets [CCT, Китай]	Полиамид 11	Нет	»		ПЭ-пленка (0,25 мм)	15×15
19	G. S. Polyamide Layer Sheets [GS, США]	»	»	»		То же	15×15
20	Microlayer [Тоуо, Япония]		»	»	0,005	»	
21	Microlayer [Ant, США; Анс, Англия]		»			ПЭ-пленка	2×9,5
22	ML-295 ML-1010		»			»	10×10

Примечания. 9, 11. ФИ — силикат цинка. 17. Связующее — микрокристаллическая целлюлоза. 19. Идентичны № 18.

## 142. Скорость подъема фронта растворителя на пластинах

### Woelm со слоем силикагеля

(E b e l S , Dcut. Apotheker-Ztg., 1973, Bd. 113, Nr. 21, S. 791—794)

Растворители	Скорость подъема фронта растворителя, мин/10 см	
	на обычных пластинах	на «быстрых» пла- стинах («Rapid»)
Ацетонитрил	11,5	7
Ацгон	12	8
Хлористый мегилен	14,5	9
n-Гексан	15	10
Толуол	17	10,5
Хлороформ	17,5	10
Бензол	17	11,5
Метанол	17,5	12,5
Диметилформамид	23	18,5
Четыреххлористый углерод	23,5	14,5
Циклогексан	29	21
Диоксан	31	18
Этанол	37	22
Изопропиловый спирт	71	42
Бутанол	71	42
Формамид	77	56

## ХИ. НЕПОДВИЖНЫЕ ФАЗЫ ДЛЯ ГЖХ

143. неподвижные фазы для ГЖХ (по химическим названиям) . . . . .	278
Указатель синонимов к разд. 143 . . . . .	310
144. неподвижные фазы для ГЖХ — фирменные марки . . . . .	312
145. Константы Мак-Рейнолдса . . . . .	340

Неподвижные фазы, применяемые в газо-жидкостной хроматографии, представлены в двух разделах — по их химическим названиям (разд. 143) и по фирменным (торговым) маркам (разд. 144). Для удобства ссылок в обоих направлениях нумерация фаз в разд. 144 начинается с № 501, чтобы не перекрывать нумерацию разд. 143. неподвижные фазы приведены в алфавитном порядке, вместе с синонимами, которые применяют в практике. За основные в разд. 143 приняты наиболее распространенные и по возможности наиболее точные названия соединений. В названиях полиэфиров приставка «поли-», как правило, опущена. Обратный указатель всех синонимов дан в конце разд. 143.

Фазы охарактеризованы следующими данными.

Максимальная рабочая температура, или верхний температурный предел использования, соответствует работе с детектором по теплопроводности (катарометром). При работе с более чувствительными детекторами указанный предел нужно снизить на 50—100° С для пламенно-ионизационного детектора и на 100—125° С — для электрозахватного. Минимальной рабочей температурой обычно считают температуру несколько выше той, при которой фаза остается в твердом состоянии или в виде слишком вязкой жидкости (хроматограммы при этом получаются с размытыми несимметричными пиками, эффективность разделения низкая). В некоторых случаях вместо минимальной рабочей температуры указана близкая к ней температура плавления  $T_{пл}$ . Для мезофаз (жидкокристаллических веществ) приведены диапазоны температуры смектического и нематического состояний  $T_{см}$  и  $T_{нем}$ .

Селективность неподвижных фаз грубо ориентировочно оценивают относительной полярностью по Роршнайдеру (ПР): для неполярного сквалана принято значение ПР = 0, а для сильнополярного тиодипропионитрила — ПР = 100. Более точно подбор жидких фаз и оценку их хроматографических свойств проводят по константам Мак-Рейнолдса (КМ) — см. разд. 145. Ссылки типа «КМ (145/8)» в последней графе таблиц означают, что для данной фазы приведены значения констант Мак-Рейнолдса в разд. 145, подразд. 8.

Для нанесения неподвижной фазы на твердый носитель применяют растворители, перечисленные вместе с условными обозначениями, используемыми в разд. 143 и 144:

А — ацетон, Б — бензол, В — вода, Г — гексан, К — ксилол, Ме — метанол, П — пиридин (горячий), Т — толуол, Х — хлороформ, Хм — хлористый метилен, Э — диэтиловый эфир, Эа — этилацетат, Эп — петролейный эфир, Эт — этанол.

Недостаточно очищенный ацетон применять в качестве растворителя неподвижных фаз нецелесообразно, так как из-за наличия в нем высококипящих примесей время кондиционирования колонок может оказаться чрезмерно затянутым (особенно при кондиционировании колонок для работы с высокочувствительным детектором). При хроматографии с электрозахватным детектором

нельзя применять галогенированные растворители, так же как и галогенированные жидкие фазы.

Обычная степень пропитки диатомитовых носителей жидкими фазами для аналитических целей составляет 5—10, часто до 20%, для препаративных работ — до 30%. Инертные носители — фторопласты, стеклянный бисер, хлорид натрия — применяют с гораздо меньшими количествами неподвижных фаз. Конкретные рекомендации о степени пропитки твердых носителей различного типа даны в соответствующих разделах.

Особую группу селективных фаз составляют так называемые мезофазы, плавление которых сопряжено с образованием жидкокристаллического состояния. Мезофазы высокоселективны при разделении мета-, пара-изомеров производных бензола, а также проявляют селективность по отношению к липейным молекулам (Dewar M. J. S., Schroeber J. P., J. Am. Chem. Soc., 1964, v. 86, No. 23, p. 5235—5239; I dem, J. Org. Chem., 1965, v. 30, No. 10, p. 3485—3490).

Помимо неподвижных фаз в разд. 143 включены некоторые добавки к ним, которые применяют для снижения эффекта размывания пиков. Добавки применяют, в частности, при хроматографии веществ, способных к образованию водородных связей — свободных органических кислот, спиртов, эфиров аминокислот и др. В качестве добавок (к неполярным и слабополярным фазам) используют высококипящие двухосновные и одноосновные карбоновые кислоты (около 10%): терефталевую, себациновую, стеариновую и бегеновую. Из других добавок отметим ортофосфорную кислоту (при разделении низших жирных кислот) и КОН (при разделении основных веществ, например, аминов).

Для разделения веществ различных классов рекомендуются следующие неподвижные фазы (из числа наиболее распространенных):

алифатические углеводороды — безохинолиц, полиэтиленгликоли, пропиленкарбонат, силиконы (OV-1, OV-101, SE-30), сквалан, трис(цианэтоксипропан, фталаты (DBP, DIDP, DNP), Apiezon L;

непредельные углеводороды — бензилцианид-AgNO<sub>3</sub>, диметилсульфолан, оксидипропионитрил, силиконы (DC 550, OV-25);

галогенированные углеводороды — полихлортрифторэтилены (Kel-F), фталаты, фторсиликоны (OV-210, QF-1, SF-96), FFAP;

ароматические углеводороды — бензохинолин, мезофазы, оксидипропионитрил, полиэтиленгликоли, силиконы (OV-1, SE-30), трикрезилфосфат, фталаты, Bentone 34, TCEPE;

полициклические углеводороды — метилсиликоны (OV-1, OV-101, SE-30), полиметафениловые эфиры, FFAP;

стероиды (свободные и TMS-эфиры) — модифицированные полиэтиленгликоли (FFAP, STAP), силиконы (ASI, Dexsil 300, EGSS-Z, OV-1, OV-17, OV-101, OV-210, OV-225, QF-1, SE-30, SE-52, XE-60);

альдегиды и кетоны — динонилфталат, оксидипропионитрил, полиэтиленгликоли (Carbowax, FFAP), силиконы (DC 550, OV-210, QF-1);

ангидриды — фторсиликоны (OV-210, QF-1, SF-96);

жирные кислоты (свободные) — полиэтиленгликоли (Carbowax-TPA), FFAP, SP-1000), полиэфиры (DEGS, EGA, NPGS, SP-216, SP-222), SP-1200;

жирные кислоты (метиловые эфиры) — полиэфиры (BDS, DEGS, EGA, EGS, Reoplex 400, SP-216, SP-222), силиконы (Apolar, ASI, EGSS-X, OV-275, SP-2300), FFAP, POLY-I, POLY-S, TCEPE;

спирты и фенолы — бис(триметилциклогексил)фталат, динонилфталат, оксидипропионитрил, полиэтиленгликоли (Carbowax, FFAP, Triton X-100, Tween 80), силиконы (DC 200, OV-17, OV-210, QF-1), трикрезилфосфат, Bentone 34, DEGS, EGA, Hallcomid, POLY-A 135, POLY-I 110, Quadrol, TCEPE, THEED;

углеводы — силиконы (OV-1, OV-225, SE-30), DEGS, POLY-A 101A, PPE-21;

сахара (TMS-эфиры) — силиконы (ASI, Dexsil 300, EGSS-X, OV-1, OV-17, OV-210, OV-225, OV-275, QF-1, SE-52), DEGS, NPGS, POLY-A 101A;



эфирные простые и сложные — динонилфталат, оксидипропионитрил, полиэтиленгликоли, полиэфир (BDS, DEGA, DEGS, EGA, EGS, NPGA, NPGS, NPGSb), Dexsil 300;

эфирные масла — полиэтиленгликоли (Carbowax 20M, FFAP), полиэфир (EGS, LAC-2), силиконы (DC 200, OV-1, OV-17, OV-101, SE-30), Apiezon L; глицериды — силиконы (Apolarg, ASI, Dexsil 300, EGSS-X, OV-1, OV-101, SE-30), DEGS;

S-содержащие соединения — динонилфталат, полифениловые эфиры, полиэтиленгликоли, силиконы (DC 200, OV-1, OV-17, SE-30), сквалан, трикрезилфосфат, FFAP, POLY-A 103;

аминны — диметилстеарамид, нитрилсиликоны (XE-60, XF-1105), ПАВ (Alkaterge T, Amine 220, Dowfax, Igepal, Triton X-100), полиэтиленгликоли (Carbowax, FFAP), полиэтиленмин, Apiezon L, PC-3210, Pennwalt, POLY-A 135, POLY-1 110, Quadrol, THEED;

амиды — Igepal CO-630, POLY-A, Versamid;

нитрилы — DC 550, FFAP, LAC-2, OV-225, TCEPE;

аминокислоты (N-Бу-TFA-эфиры) — полиэфир (BDS, DEGS, EGA, NPGS, NPGSb), силиконы (DC 550, Dexsil 400, EGSS-X, OV-17, OV-210, OV-225, QF-1, XE-60), Apiezon L, POLY-A 101A;

нуклеозиды и нуклеотиды (TMS-эфиры) — силиконы (OV-1, OV-17, SE-30);

алкалоиды — силиконы (OV-1, OV-17, OV-25, OV-61, OV-101, OV-210, QF-1, SE-30), Carbowax 20M, POLY-A 103;

барбитураты — силиконы (OV-1, OV-17, PC-3210, Pentasil 350, SE-30), Apiezon L, FFAP, NPGA, POLY-A 103, POLY-1 110;

пестициды — силиконы (ASI, DC 200, OV-1, OV-17, OV-101, OV-210, OV-225, Pentasil 350, QF-1, SE-30, XE-60), DEGS, EGA, Epon 1001, POLY-I, POLY-S, STAP, Versamid;

металлоорганические соединения — полиэфир (DEGS, NPGS), (ASI, DC 200, DC 550, OV-1, OV-3, SE-30), FFAP, TCEPE.

Неподвижные фазы, используемые в практике наиболее часто, а также особо перспективные новые фазы в разд. 143, 144 выделены жирным шрифтом.

Лит.: Король А. Н., Неподвижная фаза в газо-жидкостной хроматографии, Киев, «Наукова думка», 1969, 250 с.; Лупп Т. Р., Hoffmann С. L., Austin M. M., Guide to stationary phases for gas chromatography, North Haven, Analabs Inc., 1970, 116 p.; Preston S. T., A guide to selected liquid phases and adsorbents used in gas chromatography, Antwerp, Dehton Co., 1970, 193 p.

### 143. Неподвижные фазы для ГЖХ (по химическим названиям)

№ п/п	Неподвижные фазы	Формула
—	<i>n,n'</i> -Азоксиданизол	См. Азоксиданизол (№ 2)
2	4,4'-Азоксиданизол	$NNO(C_6H_4OCH_3)_2$
3	4,4'-Азоксидифенетол	$NNO(C_6H_4OC_2H_5)_2$
—	<i>n,n'</i> -Азоксифенетол	См. Азоксидифенетол (№ 3)
—	Акрилонитриловый эфир глицерина	См. Трис (цпанэтокси) пропан (№ 386)
4	Алюминий-трис(генэйкозандион-10, 12)	$[(C_9H_{19}CO)_2CH]_3Al$
—	1-Аминогексадекан	См. Гексадециламин (№ 79)
—	1-Аминафталин	См. Нафтиламин (№ 228)
—	1-Аминооктадекан	См. Октадециламин (№ 253)
—	2,2'-[(3-Аминопропил)имино]диэтанол	См. Бис(оксэтил)триметиленадиамин (№ 36)
5	Асфальт	Смесь битума (№ 58) с тонкодисперсным минеральным материалом
6	Ацетилацетон	$CH_3COCH_2COCH_3$
7	О-Ацетилтрибутилцитрат	$CH_3COOC(CH_2COOC_4H_9)_2COOC_4H_9$
8	Ацетонилацетон	$CH_3CO(CH_2)_2COCH_3$
9	Бегеновая кислота	$C_{21}H_{42}COOH$
10	Бензиламиноадипинат	$(C_6H_5CH_2NH)_2(OCOC_2H_4)_2$
11	Бензилбензоат	$C_6H_5COOCH_2C_6H_5$
12	<b>Бензилдифенил</b>	$C_6H_5CH_2C_6H_4C_6H_5$
—	Бензиловый эфир	См. Дибензиловый эфир (№ 96)
13	2-(Бензилокси)этанол	$C_6H_5CH_2OC_2H_4OH$
14	Бензилцианид	$C_6H_5CH_2CN$
15	Бензилцианид — AgNO <sub>3</sub>	Насыщенный (≈33%) раствор AgNO <sub>3</sub>
16	Бензилэтиловый эфир	$C_6H_5CH_2OC_2H_5$
17	Бензойный ангидрид	$(C_6H_5CO)_2O$
18	Бензонитрил	$C_6H_5CN$
19	Бензофенон	$C_6H_5COC_6H_5$
—	Бензо[ <i>h</i> ]хинолин	См. 7,8-Бензохинолин (№ 20)
20	<b>7,8-Бензохинолин</b>	$C_{13}H_9N$
21	Бериллий-бис(генэйкозандион-10, 12)	$[(C_9H_{19}CO)_2CH]_2Be$

Пределы рабочей температуры, °C	Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
<i>T</i> <sub>пл</sub> 0—3	X, Хм, Ме	ПР 83, плотн. 0,94
120 132	X, А, Эп X, Э	Мезофаза, <i>T</i> <sub>нем</sub> 120—135 * Мезофаза, <i>T</i> <sub>нем</sub> 132—168
<i>T</i> <sub>пл</sub> 40—41	X, Э	*
50	X, Хм, Т	
—25	А, Х, Б	Плотн. 0,97
<i>T</i> <sub>пл</sub> (5—9)	А, Хм	КМ(145/4). См. также № 569
<i>T</i> <sub>пл</sub> 76—79		ПР 73 Добавка к фазам
<i>T</i> <sub>пл</sub> 18—21	Ме	
40—80	Э, Эг	ПР 45, плотн. 1,11—1,12
( <i>T</i> <sub>пл</sub> 35—37)	А, Х	ПР 40
0	X, Хм, Ме	См. также № 536
<i>T</i> <sub>пл</sub> (24—26)	X, Хм, Ме	ПР 64, плотн. 1,02
0—20	X, Хм, Ме, А	*
<i>T</i> <sub>пл</sub> 40—43	Э, Эг	ПР 47
<i>T</i> <sub>пл</sub> (11—14)	Э, Эг	Плотн. 1,00—1,01
<i>T</i> <sub>пл</sub> 48—49	X	
<i>T</i> <sub>пл</sub> 50—52	X, Хм, А	ПР 45
<i>T</i> <sub>пл</sub> 53—54	X, Э	*

№ п/п	Неподвижные фазы	Формула
23	-фталат	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOC}_2\text{H}_4\text{OC}_4\text{H}_9)_2$
24	4,4'-Бис(гексилокси)азоксибензол	$\text{NNO}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OC}_6\text{H}_{13})_2$
25	4,4'-Бис(гептилокси)азоксибензол	$\text{NNO}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OC}_7\text{H}_{15})_2$
—	Бис(6-метилгептил)-	См. Диизооктил-
26	<i>n,n'</i> -Бис( <i>n</i> -метоксибензилиден)амино-3,3'-дихлорбифенил	$[\text{ClC}_6\text{H}_3(\text{N}=\text{CHC}_6\text{H}_4\text{OCH}_3)]_2$
27	<i>N,N'</i> -Бис( <i>n</i> -метоксибензилиден)- $\alpha,\alpha'$ -ди- <i>n</i> -толуидин, ВМОТ	$[\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)\text{N}=\text{CHC}_6\text{H}_4\text{OCH}_3]_2$
28	<b>Бис[2-метоксиэтил]адипинат, ВМЕА</b>	$(\text{CH}_2)_4(\text{COOC}_2\text{H}_4\text{OCH}_3)_2$
29	-глутарат	$(\text{CH}_2)_3(\text{COOC}_2\text{H}_4\text{OCH}_3)_2$
30	-себацинат	$(\text{CH}_2)_6(\text{COOC}_2\text{H}_4\text{OCH}_3)_2$
31	-фталат	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOC}_2\text{H}_4\text{OCH}_3)_2$
—	Бис(2-метоксиэтиловый)эфир	См. Диэтиленгликоль, диметиловый эфир (№ 177)
32	Бис[2-(2-метоксиэтоксиптил)-себацинат]	$(\text{CH}_2)_8(\text{COOC}_2\text{H}_4\text{OC}_2\text{H}_4\text{OCH}_3)_2$
33	<b>Бис[2-(2-метоксиэтоксиптил)-этиловый] эфир, ВМЕЕ</b>	$\text{CH}_3(\text{OC}_2\text{H}_4)_4\text{OCH}_3$
34	1,3-Бис(2-оксигексафторпропил-2)-бензол	$\text{C}_6\text{H}_4[\text{C}(\text{CF}_3)_2\text{OH}]_2$
35	4,4'-Бис(2-оксигексафторпропил-2)-дифениловый эфир	$[\text{HOC}(\text{CF}_3)_2\text{C}_6\text{H}_4]_2\text{O}$
—	<i>N,N</i> -Бис(2-оксиптил)-1,3-диаминопропан	См. Бис(оксиптил)триметилендиамин (№ 36)
36	<i>N,N</i> -Бис(2-оксиптил)триметилендиамин	$\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_3\text{N}(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})_2$
—	$\beta,\beta'$ -Бис-пропионитриловый эфир	См. Оксидипропионитрил (№ 249)
37	Бис(тетрагидрофурфурил)фталат	$\text{C}_6\text{H}_4[\text{COOCH}_2(\text{C}_4\text{H}_7\text{O})]_2$
38	Бис(3,5,5-триметилгексил)фталат	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOC}_9\text{H}_{19})_2$
39	Бис(3,5,5-триметилциклогексил)фталат	$\text{C}_6\text{H}_4[\text{COOC}_6\text{H}_8(\text{CH}_3)_3]_2$
40	Бис( <i>m</i> -феноксифениловый) эфир	$(\text{C}_6\text{H}_4\text{OC}_6\text{H}_4)_2\text{O}$
41	<i>m</i> -Бис[ <i>m</i> -феноксифенокси]бензол, <b>МВМ, 5Р4Е</b>	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{OC}_6\text{H}_4\text{OC}_6\text{H}_5)_2$
42	<b>Бис[<i>m</i>-(<i>m</i>-феноксифенокси)фениловый] эфир, 6Р4Е</b>	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}(\text{C}_6\text{H}_4\text{O})_4\text{C}_6\text{H}_5$
43	<i>m</i> -Бис[ <i>m</i> -( <i>m</i> -феноксифенокси)фенокси]бензол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}(\text{C}_6\text{H}_4\text{O})_5\text{C}_6\text{H}_5$
44	<i>N,N</i> -Бис(2-цианэтил)формамид, ВСЕФ	$\text{HCON}(\text{C}_2\text{H}_4\text{CN})_2$
—	Бис(2-цианэтиловый)эфир	См. Оксидипропионитрил (№ 249)
45	Бис(2-цианэтоксиптил)формамид	$\text{HCON}(\text{OC}_2\text{H}_4\text{CN})_2$
46	<i>N,N</i> -Бис[2-(2-этилгексанонил-окси)этил]-2-этилгексанамид	$\text{C}_5\text{H}_{10}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{CON}[\text{C}_2\text{H}_4\text{OCOCCH}_2\text{C}_2\text{H}_5]_2$
47	Бис(2-этилгексил)адипинат	$(\text{CH}_2)_4[\text{COOC}_2\text{H}_3(\text{C}_2\text{H}_5)\text{C}_4\text{H}_9]_2$
48	-малеинат	$(\text{CH})_2[\text{COOC}_2\text{H}_3(\text{C}_2\text{H}_5)\text{C}_4\text{H}_9]_2$
49	-себацинат	$(\text{CH}_2)_6[\text{COOC}_2\text{H}_3(\text{C}_2\text{H}_5)\text{C}_4\text{H}_9]_2$
50	-сукцинат	$(\text{CH}_2)_2[\text{COOC}_2\text{H}_3(\text{C}_2\text{H}_5)\text{C}_4\text{H}_9]_2$

Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
мин	макс		
20	150—175 120	X, Me X	КМ (145/3) Плотн 10. КМ (145/3) Мезофаза, $T_{\text{см}} 71—80$ $T_{\text{нем}} 80—130$ Мезофаза, $T_{\text{см}} 75—95$ $T_{\text{нем}} 95—127$
	110	X	
	200(225)	X	Мезофаза, $T_{\text{нем}} 154—334$
20	100—150 100 100 150	X, Xм, А	*Мезофаза Плотн. 1,08 Плотн. 1,17
	50—80	X, X м, Me, А	Плотн. 1,13. См. также № 509
		А	
		А	
			Плотн. 1,06
	100—125	X, Xм	
$T_{\text{пл}} 48—49$	150—200	А, Г	
$T_{\text{пл}} 35—40$ 20—50	200—250	Б, X, Xм, Т, А	См. также № 783, 980; КМ (145/4)
20—50	225—300	X, Xм, Т, А	См. также 784; КМ(145/4)
20—50	250	Xм, Т	См. также № 820
0—20	125	Me, X, Xм	КМ (145/9)
	150		
0	175—200	X, Xм, А	См. 8N8 Flexol (№642), КМ(126/8)
	150	Me	См. Flexol A-26 (№ 637), КМ (145/3)
0—20	125—150	А, Me, X	КМ (145/3). Плотн. 0,92. см. также № 769
	125	А, X	

№ п/п	Неподвижные фазы	Формула
52	-фталат	$C_6H_4[COOC_2H_3(C_2H_5)C_1H_9]_2$
53	Бис(2-этоксиптил)адипинат	$(CH_2)_4(COOC_2H_4OC_2H_5)_2$
54	-себагинат	$(CH_2)_8(COOC_2H_4OC_2H_5)_2$
55	-фталат	$C_6H_4(COOC_2H_4OC_2H_5)_2$
—	Бис(2-этоксиптиловый)эфир	См. Диэтиленгликоль, диэтиловый эфир (№ 180)
56	Бис[2-(2-этоксиптоксиэтил)]адипинат	$(CH_2)_4(COOC_2H_4OC_2H_4OC_2H_5)_2$
57	-фталат	$C_6H_4(COOC_2H_4OC_2H_4OC_2H_5)_2$
58	Битумы	Нефтяные остатки
59	1-Бромгексадекан	$C_{16}H_{33}Br$
60	1-Бромнафталин	$C_{10}H_7Br$
61	Бруцин	$C_{23}H_{26}N_2O_4$
62	Бутандиол-2,3	$CH_3(CHOH)_2CH_3$
63	Бутандиол-1,4-адипинат, BDA	$[-O(CH_2)_4OCO(CH_2)_4CO-]_n$
64	-глутарат	$[-O(CH_2)_4OCO(CH_2)_3CO-]_n$
—	-дибутират	См. Бутиленгликольдибутират (№ 68)
65	-себагинат	$[-O(CH_2)_4OCO(CH_2)_8CO-]_n$
66	-сукцинат, BDS	$[-O(CH_2)_4OCO(CH_2)_2CO-]_n$
67	Бутандиол-1,2-борат	$B-(O_2C_2H_3C_2H_5)_2H^+$
—	Бутиленгликоли	См. Бутандиолы
68	1,4-Бутиленгликольдибутират	$(CH_2)_4(OOC_2H_7)_2$
69	Бутилоктилфталат	$C_4H_9OCOC_6H_4COOC_8H_{17}$
70	Бутилстеарат	$C_{17}H_{35}COOC_4H_9$
71	γ-Бутиролактон	$C_4H_6O_2$
72	Бутоксиптилстеарат	$C_{17}H_{35}COOC_2H_4OC_4H_9$
73	Вазелиновое масло	Углеводороды жидкие
—	Вакуумная смазка	См. Силиконовые смазки (№ 327)
74	L-Валениуреида изопропиловый эфир	
75	Воск пчелиный	$C_{15}H_{31}COOC_{30}H_{61}$ , $C_{15}H_{31}COOC_{32}H_{65}$ и др.
—	Гексаглицерин	См. Триметилпропан (№ 376)
76	<b>н-Гексадекан</b>	$C_{16}H_{33}$
77	1-Гексадеканол	$C_{16}H_{33}OH$
78	<b>н-Гексадецен</b>	$C_{16}H_{32}$
79	Гексадециламин	$C_{16}H_{33}NH_2$
—	Гексадецилбромид	См. Бромгексадекан (№ 59)
—	Гексадециловый спирт	См. Гексадеканол (№ 77)
80	1, 2, 3, 4, 5, 6-Гексакис(2-цианэтоксип)гексан	$C_6H_8(OC_2H_4CN)_6$
81	-циклогексан	$C_6H_8(OC_2H_4CN)_6$
—	Гексаметилтетракозагексаен	См. Сквален (№ 330)
—	2,6,10,15,19,23-Гексаметилтетракозан	См. Сквалан (№ 329)
82	<b>Гексаметилфосфорамид, НМРА</b>	$[(CH_3)_2N]_3PO$
—	Гександион-2,5	См. Ацетониллацетон (№ 8)
83	Гександиол-2,5	$C_6H_{12}(OH)_2$
84	Гексантриол	$C_6H_{11}(OH)_3$
85	Гексатриаконтан	$C_{36}H_{74}$
—	Гендеканол-1	См. Ундеканол (№ 404)
86	Гептагликола моноизонилфениловый эфир	$C_9H_{19}C_6H_4(OC_2H_4)_7OH$

Пределы рабочей температуры, °C		Растворители	Примечания (* см. также прим. в конце табл.)
мин	макс		
0—20	150	Λ, X, X <sub>M</sub>	KM (145/3) KM (145/3). Плотн. 0,99. См. также № 636, 768
—20	150—160	X, Me	
$T_{пл} - (2-0)$	100—150	X, Λ	Плотн. 1,04 KM (145/3) KM (145/3)
	150	X	
$T_{пл} 16-18$	100		KM (145/3) * KM (145/1). См. также № 667
	175—200	X	
$T_{пл} 2-4$	250	Б	ПР 12 $T_{крп} 280$ , плотн. 1,48—1,49
$T_{пл} 177-179$		Э, Эт, Б	
$T_{пл} 56-60$	100	X	KM (145/5). См. также № 679, 71
	200—225	X, X <sub>M</sub> , A	
50	180—225	X	KM (145/5). См. также № 679, 71
	200—240	X, X <sub>M</sub>	
115	200	Me, X	* KM (145/4)
	275	X	
$T_{пл} 17-19$	50	X, X <sub>M</sub> , T, Г, Б	ПР 1, плотн. 0,77
	50—60	Me, Э, Эт	
$T_{пл} 46-50$	50	X	
125	120—200	A, T, X, X <sub>M</sub>	См. также № 653 (Fractonitrile VI) См. также № 575 (Cyclo-N). KM (145/9)
	150—200	T, X	
$T_{пл} 6-8$	35—50	Me, X, X <sub>M</sub>	Плотн. 1,02—1,03
$T_{пл} 72-76$	25	Me	KM (145/1)
	150	Me	
	150	A, X	См. Marlophen 87 (№ 741)

№ п/п	Неподвижные фазы	Формула	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (* см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
87	<i>n</i> -Гептадекан	$C_{17}H_{36}$	$T_{пл} 22-24$	60-75	Г, X, Э	Плотн. 0,77 Плотн. 1,26
88	Глицерин	$C_3H_5(OH)_3$	20-50	70-100	Me, B	
89	Глицерина триацетат	См. Триацетин (№ 365)				
	трибензоат	$C_9H_5(OCOC_6H_5)_3$				
	трибутират	См. Трибутирин (№ 368)				
	тристеарат	См. Тристеарин (№ 387)				
90	Глукозодинитрил	$NC(CH_2)_5CN$		40-50	A, Me, B	Плотн. 1,00
91	Глюкозодиэтилдимеркаптал	$C_6H_{12}O_5(SC_2H_5)_2$		170	Me	
	Горный воск	См. Битумы (№ 58)				
92	<i>n</i> -Декан	$C_{10}H_{22}$	-20	30-50	T, A, Xм	Плотн. 0,73
	Деканол-1	См. Дециловый спирт (№ 93)				
93	Дециловый спирт	$C_{10}H_{21}OH$	$T_{пл} 6-7$	50		
	Диамилфталат	См. Дипентилфталат (№ 146)				
	1,3-Диаминобензол	См. Фенилендиамин (№ 410)				
94	1,8-Диаминонафталин	$C_{10}H_6(NH_2)_2$	67	80-85	X	
95	Диантипирил-2-оксифенилметан со- лянокислый					
96	Дибензиловый эфир	$(C_6H_5CH_2)_2O$	$T_{пл} 2-5$	50-80	X, Xм, A	ПР 43, плотн. 1,04
97	Дибензилсебацнат	$(CH_2)_8(COOC_6H_5)_2$	$T_{пл} 23-25$	140	Э, Эг	
98	-фталат	$C_6H_4(COOC_6H_5)_2$			Э, Эг	ПР 49
	Дибензооксазин	См. Феноксазин (№ 415)				
99	N,N-Дибутилацетамид	$CH_3CON(C_4H_9)_2$				
	Дибутилгликоэфталат	См. Бис(бутоксипропил)фталат (№ 23)				
100	Ди- <i>n</i> -бутилмалеинат, ДВМ	$(CH_2)_2(COOC_4H_9)_2$	0-20	50	X, Xм, Me, A	ПР 36, $T_{кип} 243$ , плотн. 1,41 Плотн. 0,94
101	-оксалат	$(COOC_4H_9)_2$			Э, Эг	
102	-себацнат	$(CH_2)_8(COOC_4H_9)_2$	$T_{пл} (11-13)$	50-75	Me, X, Xм, A	$T_{кип} 320$ , плотн. 1,06-1,10 ПР 42, плотн. 1,31
103	-тарtrat	$(CHOH)_2(COOC_4H_9)_2$	$T_{пл} 18-20$	100-150	Э, Эг	
104	-тетрахлорфталат	$C_6Cl_4(COOC_4H_9)_2$		50-100	X, Xм, A, B	КМ (145/3), плотн. 1,04
105	-фталат	$C_6H_4(COOC_4H_9)_2$	-20	50	X, Xм, A, B, Me	
106	-цианамид	$(C_4H_9)_2NCN$			Me, Xм	
107	Ди(2-бутоксипропил)фталат	$[C_6H_4(COOC_2H_4OC_4H_9)_2]$		140		
108	Дигексил- <i>n, n'</i> -динитродифеноат	$[C_6H_3(NO_2)COOC_6H_{13}]_2$		120	X	Плотн. 1,07
109	Дигексилфталат	$C_6H_4(COOC_6H_{13})_2$				
	Дигептадецилкетон	См. Стеарон (№ 340)				
	Диглим	См. Диэтиленгликоля диметилловый эфир (№ 177)				
110	Диглицерин	$(CH_2OHCH_2OHCH_2)_2O$	20	100-150	Me, Xм, B	КМ (145/6)
	Дигол	См. Диэтиленгликоль (№ 171)				
111	Ди- <i>n</i> -дециламин	$(C_{10}H_{21})_2NH$		100	X	
112	-себацнат	$(CH_2)_8(COOC_{10}H_{21})_2$	$T_{пл} 28-31$			
113	-фталат	$C_6H_4(COOC_{10}H_{21})_2$	$T_{пл} 3-5$	125-175	X, Xм, A, Г, Me	ПР 25, КМ (145/3). См. также № 635
114	Дидодецилмалеинат	$CH_2(COOC_{12}H_{25})_2$	$T_{пл} 29-33$			
115	-себацнат	$(CH_2)_8(COOC_{12}H_{25})_2$	$T_{пл} 50-51$			
116	-фталат	$C_6H_4(COOC_{12}H_{25})_2$	$T_{пл} 21-23$	150-160	A, Me, X	ПР 20, КМ (145/3), плотн. 0,94
117	Диизоамилфталат	$C_6H_4(COOC_5H_{11})_2$		20	A, Me	
118	Диизодециладипинат	$(CH_2)_4(COOC_{10}H_{21})_2$	-20	125-150	A, Me, Xм	КМ (145/3) КМ (145/3)
119	-фталат, DIDP	$C_6H_4(COOC_{10}H_{21})_2$	-20-0	150-175	A, Me, X, Xм, Г	
120	Диизонониладипинат, DINA	$(CH_2)_4(COOC_9H_{19})_2$		125	A, Xм	КМ (145/3) КМ (145/3)
121	Диизооктиладипинат	$(CH_2)_4(COOC_8H_{17})_2$		150-175	A, Me, X, Xм	
122	-себацнат	$(CH_2)_8(COOC_8H_{17})_2$		150	A, Me, Эг	Плотн. 0,91 КМ (145/3), плотн. 0,98
123	-фталат	$C_6H_4(COOC_8H_{17})_2$	20	150		

№ п/п	Неподвижные фазы	Формула	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
124	Диизопропил	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{CH}_3)_2$		100	Xм	
125	Диизопропилфталат	$\text{C}_9\text{H}_{14}[\text{COOCH}(\text{CH}_3)_2]_2$	20	100—125	Me, A	
126	Дикарбитолфталат	$\text{C}_6\text{H}_4[\text{COO}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_2\text{C}_2\text{H}_5]_2$		160	X	
—	Дилаурил-	См. Дидодецил-				
127	Диметиладипнат	$(\text{CH}_2)_4(\text{COOCH}_3)_2$	$T_{\text{пл}} 9-10$			Плотн. 0,94
128	N,N-Диметилацетамид	$\text{CH}_3\text{CON}(\text{CH}_3)_2$				
—	2,3-Диметилбутан	См. Диизопропил (№ 124)				
—	Диметилдигликоль	См. Диэтиленгликоля диметилловый эфир (№ 177)				
129	1,3-Диметилнафталин	$\text{C}_{10}\text{H}_7(\text{CH}_3)_2$				
—	Диметилциклогексансукцинат (DMCHS)	См. Циклогександиметанолсукцинат (№ 432)				
130	Диметилолеиламид		-8	150	X, Xм, Me	См. Hallcomid M-18-OL (№ 660), KM (145/8)
—	2,2-Диметилпропандиол-1,3-	См. Неопентилгликоль-				
—	2,2-Диметил-1,3-пропилен-	См. Неопентил-				
—	Диметилсиликоны	См. Метилсиликоны (№ 218, 219)				
131	Диметилстеарамид	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{CON}(\text{CH}_3)_2$	40	130—150	X, Xм, Me, A	См. Hallcomid M-18 (№ 659), KM (145/8)
132	Диметилсульфид, DMS	$(\text{CH}_3)_2\text{S}$		50	A	
133	Диметилсульфоксид, DMSO	$(\text{CH}_3)_2\text{SO}$	$T_{\text{пл}} 17-20$	30—50	X, A	Плотн. 1,10
134	2,4-Диметилсульфолан	$(\text{C}_4\text{H}_8\text{SO}_2)(\text{CH}_3)_2$	0—20	35—50	X, Xм, Me, A	Плотн. 1,13,—1,14
135	Диметилсульфон	$(\text{CH}_3)_2\text{SO}_2$		30	A	
—	2,4-Диметилтетрагидротиофен-1,1-диоксид	См. Диметилсульфолан (№ 134)				
136	N,N-Диметилформамид, DMF	$\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$	-20	20—50	Me, X, Xм, A, Э	Плотн. 0,94—0,95
137	Диметилфталат	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOCH}_3)_2$	$T_{\text{пл}} 0-2$	100	Me, Э, Эт	Плотн. 1,19
—	4,4'-Диметоксиазоксибензол	См. Азоксианизол (№ 2)				
—	Диметокситетрагликоль	См. Бис(метоксиэтоксиэтиловый) эфир (№ 33)				
—	Динитрил адипиновой кислоты	См. Адиподинитрил (№ 1)				
138	-себацಿನовой кислоты	$\text{NC}(\text{CH}_2)_8\text{CN}$		100	X	
139	Динонилсебацಿನат	$(\text{CH}_2)_8(\text{COOC}_9\text{H}_{19})_2$		150	X	
140	-фталат, DNP	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOC}_9\text{H}_{19})_2$	20	100—150	X, Xм, A	KM (145/3), плотн. 1,10
141	Ди-н-октилазелаинат	$(\text{CH}_2)_7(\text{COOC}_8\text{H}_{17})_2$		125	Me	KM (145/3). См. также № 755
142	-малеинат	$(\text{CH}_2)_2(\text{COOC}_8\text{H}_{17})_2$				
143	-себацಿನат, DOS	$(\text{CH}_2)_8(\text{COOC}_8\text{H}_{17})_2$	0	120—130	X, Xм, Л	KM (145/3). См. также № 834
144	-фталат, DOP	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOC}_8\text{H}_{17})_2$	-20	140—175	X, Xм, A	KM (145/3), плотн. 0,97
145	Диоктилсульфосукцинат натрия	$[\text{CH}_2\text{CH}(\text{SO}_3\text{Na})](\text{COOC}_8\text{H}_{17})_2$		100	X	См. Aerosol OT (№ 502)
146	Дипентилфталат	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOC}_5\text{H}_{11})_2$				
147	Дипропиленгликоль	$(\text{CH}_3\text{CHONCH}_2)_2\text{O}$		75—100	Me, X	
148	Ди-н-пропилсульфон	$(\text{C}_3\text{H}_7)_2\text{SO}_2$		60		
149	-тетрахлорфталат	$\text{C}_6\text{Cl}_4(\text{COOC}_3\text{H}_7)_2$	10	75	Me, Xм	$T_{\text{пл}} 24-27$
150	-фталат	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOC}_3\text{H}_7)_2$		50	A	
151	Дитридецилфталат	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOC}_{13}\text{H}_{27})_2$				
152	Дифениламин	$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$	$T_{\text{пл}} 52-54$	75—85	Э	KM (145/3)
—	Дифениленоксидный силикон	См. Феноксиметилсиликон (№ 416)				
153	Дифенилметан	$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CH}_2$	$T_{\text{пл}} 22-26$	80	Э, Эт	ПР 26, плотн. 1,01
154	-формамид	$\text{HCON}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$	$T_{\text{пл}} 71-73$	100	Me, Б, Эт	
155	-фталат	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOC}_6\text{H}_5)_2$	$T_{\text{пл}} 67-74$	130—150	X	ПР 53
156	1,4-Диформил-2-метилпиперазин	$(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2)(\text{CHO})_2\text{CH}_3$		150	A	
—	1,2-Дицианобензол	См. Фталодинитрил (№ 418)				
—	1,4-Дицианобутан	См. Адиподинитрил (№ 1)				



№ п/п	Неподвижные фазы	Формула
194	Дотриаконтан	$C_{32}H_{66}$
195	Дульцит	$CH_2OH(CH_2OH)_4CH_2OH$
—	<i>n</i> -Изооктилфеноксиполи(этиленокси)этанол	См. Полиэтиленгликоля монотетраметилбутилфениловый эфир (№ 305)
—	Изооктилфталат	См. Диизооктилфталат (№ 123)
196	Изосафрол	$CH_3CH=CHC_6H_4O_2CH_2$
197	Изофталевая кислота	$C_6H_4(COOH)_2$
198	Изохиолин	$C_9H_7N$
199	3,3'-Иминодипропионитрил	$HN(C_2H_4CN)_2$
200	1,2,3-Индантрион моногидрат	$C_9H_4O_3 \cdot H_2O$
201	Инозит	$(CHOH)_6$
202	1-Иоднафталин	$C_{10}H_7I$
—	Каприновый спирт	См. Дециловый спирт (№ 93)
—	Карбитол	См. Диэтиленгликоля моноэтиловый эфир (№ 182)
203	Карбитолацетат	$CH_3COO(C_2H_4O)_2C_2H_5$
204	2-Карбоксидициклопентанона этиловый эфир	$(C_5H_7)(O)COOC_2H_5$
205	Крезилдифенилфосфат	$OP(OC_6H_5)_2OC_6H_4CH_3$
—	Ксиленилфосфат	См. Триксилилфосфат (№ 374)
—	2,4-Ксиллфосфат	То же
206	Кумаронинденсовая смола	$[-OC_8H_6-]_n [-C_9H_8-]_m$
207	$\gamma$ -Лактон галактуроновой кислоты	$C_6H_8O_8$
208	Ланолин	Воск шерстяной
209	Литий хлористый	LiCl
210	<i>D</i> -Маннит	$CH_2OH(CH_2OH)_4CH_2OH$
211	Маннита гексапропионитриловый эфир	$C_6H_8O_6(C_2H_4CN)_6$
212	Медь-бис (генэйкозандион-10,12)	$[(C_9H_{19}CO)_2CH]_2Cu$
213	Медь-бис (N-додецилсалицилальдимин)	$[N(C_{12}H_{25})=CHC_6H_4O]_2Cu$
214	<i>D</i> -Ментилстеарат	$(CH_3)_2CHC_6H_9(CH_3)OCOC_{17}H_{35}$
—	2-Метиланилин	См. <i>o</i> -Толуидин (№ 364)
215	<b>Метилвинилсиликоны</b>	См. Метилсиликоны (№ 218), содержащие групп $-CHCH_2$ небольшое
—	$\gamma$ -Метил- $\gamma$ -нитропимелонитрил	См. Дицианонитрометилпентан (№ 157)
216	1-Метил-5-(2-метоксипропил)тетразол	$CH_3(CN)_4C_2H_4OCH_3$
217	1-Метилнафталин	$CH_3C_{10}H_7$
—	2-Метилпиперазин-1,4-диальдегид	См. Диформилметилпиперазин (№ 156)
—	2-Метилпропена тример	См. Триизобутилен (№ 372)
218	<b>Метилсиликоновые масла</b>	$CH_3[-SiO(CH_3)_2-]_nCH_3$
219	<b>Метилсиликоновые эластомеры (каучуки)</b>	То же
—	Метилсульфид	См. Диметилсульфид (№ 132)
—	Метилсульфоксид	См. Диметилсульфоксид (№ 133)
—	Метилсульфон	См. Диметилсульфон (№ 135)

Пределы рабочей температуры, °C		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
мин	макс		
$T_{пл} 66-70$	200	X, Xм	
$T_{пл} 184-190$	200	B	
$T_{пл} 7$	100	Э, Эт, Б	ПР 36, $T_{кпп} 253$ , плотн. 1,12 * $T_{пл} 349$ . Добавка к фазам
$T_{пл} 26-27$ 20	50 60-100	Ме Ме, X, Xм Ме, X, Xм	
$T_{пл} 224-227$	230	B	ПР 100
$T_{пл} 10-12$	80	Э, Эт	
	25	Ме	ПР 44, плотн. 1,34
			КМ (145/4)
	175-185	X	*
$T_{пл} 35-37$	200	X	*
350	400-500 (620)		* $T_{пл} 613-614$
$T_{пл} 166-169$	200 180 120	П, В, Ме	
	180	X, Э	*
$T_{пл} 60$	180	Эт	* Плотн. 0,87
	250-300	X, Xм, Т	См. № 588, 613, 614, 657, 736, 758, 840, 846, 847, 902-905, 961, 962
	80		
	75-100	Эт	
	200-300 (350)	Т, X, Xм	* КМ (145/10). См. № 533, 577-580, 582, 584, 626, 729- 731, 737, 746, 747, 749, 759, 760, 774, 793, 853, 865, 896, 897, 947-952, 963
	250-350 (375)	Т, X, Xм	* КМ (145/10). См. № 581, 585- 587, 612, 655, 656, 695, 725, 748, 757, 780, 785, 842-845, 854, 856, 900, 901, 957, 958

№ п/п	Неподвижные фазы	Формула	Пределы рабочей температуры, °C		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
220	Метоксиполиэтиленгликоль	$\text{CH}_3[-\text{OC}_2\text{H}_4-]_n\text{OCH}_3$			Me, X	См. Carbowax Methoxy (№ 557)
221	Метокситриглицолацетат	$\text{CH}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_3\text{COCH}_3$				Плотн. 1,06
222	2-Метокси-(2'-цианэтокси)диэтиловый эфир	$\text{CH}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_2\text{C}_2\text{H}_4\text{CN}$		80	X, Xм	
223	<i>n, n'</i> -Метоксизэтоксизоксibenзол	$\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4\text{NNOC}_6\text{H}_4\text{OC}_2\text{H}_5$				Мезофаза
224	3-[2-(2-Метоксизэтокси)этокси]пропионитрил	$\text{CH}_3(\text{OC}_2\text{H}_4)_3\text{CN}$		30		
—	2-[2-(2-Метоксизэтокси)этокси]этил-ацетат	См. Метокситриглицолацетат (№ 221)				
—	Мирбановое масло	См. Нитробензол (№ 243)				
—	Миристиловый спирт	См. Тетрадеканол (№ 348)				
—	Мононитробензол	См. Нитробензол (№ 243)				
—	Монтан-воск	См. Битумы (№ 58)				
225	Монтмориллонита диметилдиоктадециламмониевое производное	$(\text{CH}_3)_2\text{N}^+(\text{C}_{18}\text{H}_{37})_2 \text{R}^-$	0—20	180—200	Б, Т, X, Xм	* См. № 535, 937 (Бентон)
226	N-(2-Морфолин)крипонитрил			100		
227	-пропионитрил	$\text{C}_4\text{H}_8\text{ONC}_2\text{H}_4\text{CN}$		70	X, Xм	
—	1,8-Нафталиндиамин	См. Диаминонафталин (№ 94)				
228	1-Нафтиламин	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NH}_2$	$T_{\text{пл}}46—51$	75—85	Me, Э, Эт	ПР 59
—	1-Нафтилиодид	См. Йоднафталин (№ 202)				
229	$\beta$ -Нафтола этиловый эфир	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{OC}_2\text{H}_5$			X	ПР 37, $T_{\text{кип}}280$
230	1-Нафтонитрил	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CN}$	$T_{\text{пл}}35$			
—	1-Нафтохиолин	См. Бензохиолин (№ 20)				
231	Неопентилгликольадипинат, NPGA	$[-\text{OCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OCO}(\text{CH}_2)_4\text{CO}-]_n$	50	200—240	X, Xм, Me	* КМ (145/5). См. также № 676, 713
232	-изофталат, NPGIP	$[-\text{OCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OCOC}_6\text{H}_4\text{CO}-]_n$	50	225—250	X, Xм, Me	* КМ (145/5)
233	-себаинат, NPGSb	$[-\text{OCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OCO}(\text{CH}_2)_8\text{CO}-]_n$	50	180—240	X, Xм, Me	* КМ (145/5). См. также № 678, 721
234	-сукцинат, NPGS	$[-\text{OCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OCO}(\text{CH}_2)_2\text{CO}-]_n$	50	200—240	X, Xм, Me	* КМ (145/5). См. также № 677, 722
235	Никель-бис(генэйкозандион-10,12)	$[(\text{C}_8\text{H}_{19}\text{CO})_2\text{CH}]_2\text{Ni}$	$T_{\text{пл}}48—49$	120	X, Э	*
236	Никель-бис(N-додecilсалицилальди-мин)	$[\text{N}(\text{C}_{12}\text{H}_{25})=\text{CHC}_6\text{H}_4\text{O}]_2\text{Ni}$	$T_{\text{пл}}54$	180		*
237	Никель-бис(метил- <i>n</i> -октилглиоксим)	$[\text{HON}=\text{C}(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{C}(\text{CH}_3)=\text{NO}]_2\text{Ni}$	$T_{\text{пл}}105—106$	180	Э, Эт	*
238	1-Нитрилнафталин	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CN}$				Плотн. 1,12
—	Нитрилтрипропионитрил	См. Трис(пропионитрил)амин(№ 380)				
239	Нитрилпеларгонат	$\text{C}_9\text{H}_{17}\text{CN}$				
240	Нитрилстеарат	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{CN}$	$T_{\text{пл}}41$			
241	<i>o</i> -Нитроанизол	$\text{O}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{OCH}_3$	$T_{\text{пл}}9—11$		Э, Эт	$T_{\text{кип}}272$ , плотн. 1,25
242	<i>n</i> -Нитроанилинпикрат	$\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{O}^- \text{H}_3\text{N}^+\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2$				$T_{\text{кип}}110$
243	Нитробензол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	$T_{\text{пл}}5—6$	50	Б, Me, Xм, Э	Плотн. 1,20—1,21
244	1-Нитронафталин	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NO}_2$	$T_{\text{пл}}52—59$	50	X, Xм, А	
245	3-Нитротолуол	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2$	$T_{\text{пл}}15—16$	30—40	X	Плотн. 1,16
—	Нонанонитрил	См. Нитрилпеларгонат (№ 239)				
246	Нонилфениловый эфир <i>n</i> -нитробензой-ной кислоты	$\text{O}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{COOC}_9\text{H}_{19}$				
—	Нонилфениловый эфир полиэтилен-гликоля	См. Нонилфеноксиполи(этиленокси)-этанол (№ 247)				
247	Нонилфеноксиполи(этиленокси)этанол	$\text{C}_9\text{H}_{19}\text{C}_6\text{H}_4\text{O}[-\text{C}_2\text{H}_4\text{O}-]_n\text{H}$		150—225	X, Xм, Me, А	* КМ (145/6). См. № 510, 609—611, 691, 692, 739, 833, 878, 880, 881
248	4-Нонилфенол	$\text{C}_9\text{H}_{19}\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$		125	X, Xм, Me	

№ п/п	Неподвижные фазы	Формула	Пределы рабочей температуры, °C		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
220	Метоксиполиэтиленгликоль	$\text{CH}_3[-\text{OC}_2\text{H}_4-]_n\text{OCH}_3$			Me, X	См. Carbowax Methoxy (№ 557)
221	Метокситриглицолацетат	$\text{CH}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_3\text{COCH}_3$				Плотн. 1,06
222	2-Метокси-(2'-цианэтокси)диэтиловый эфир	$\text{CH}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_2\text{C}_2\text{H}_4\text{CN}$		80	X, Xм	
223	<i>n, n'</i> -Метоксизэтоксизоксibenзол	$\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4\text{NNOC}_6\text{H}_4\text{OC}_2\text{H}_5$				Мезофаза
224	3-[2-(2-Метоксизэтокси)этокси]пропионитрил	$\text{CH}_3(\text{OC}_2\text{H}_4)_3\text{CN}$		30		
—	2-[2-(2-Метоксизэтокси)этокси]этил-ацетат	См. Метокситриглицолацетат (№ 221)				
—	Мирбановое масло	См. Нитробензол (№ 243)				
—	Миристиловый спирт	См. Тетрадеканол (№ 348)				
—	Мононитробензол	См. Нитробензол (№ 243)				
—	Монтан-воск	См. Битумы (№ 58)				
225	Монтмориллонита диметилдиоктадециламмониевое производное	$(\text{CH}_3)_2\text{N}^+(\text{C}_{18}\text{H}_{37})_2 \text{R}^-$	0—20	180—200	Б, Т, X, Xм	* См. № 535, 937 (Бентон)
226	N-(2-Морфолин)крипонитрил			100		
227	-пропионитрил	$\text{C}_4\text{H}_8\text{ONC}_2\text{H}_4\text{CN}$		70	X, Xм	
—	1,8-Нафталиндиамин	См. Диаминонафталин (№ 94)				
228	1-Нафтиламин	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NH}_2$	$T_{\text{пл}}46—51$	75—85	Me, Э, Эт	ПР 59
—	1-Нафтилиодид	См. Йоднафталин (№ 202)				
229	$\beta$ -Нафтола этиловый эфир	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{OC}_2\text{H}_5$			X	ПР 37, $T_{\text{кип}}280$
230	1-Нафтонитрил	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CN}$	$T_{\text{пл}}35$			
—	1-Нафтохиолин	См. Бензохиолин (№ 20)				
231	Неопентилгликольадипинат, NPGA	$[-\text{OCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OCO}(\text{CH}_2)_4\text{CO}-]_n$	50	200—240	X, Xм, Me	* КМ (145/5). См. также № 676, 713
232	-изофталат, NPGIP	$[-\text{OCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OCOC}_6\text{H}_4\text{CO}-]_n$	50	225—250	X, Xм, Me	* КМ (145/5)
233	-себаинат, NPGSb	$[-\text{OCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OCO}(\text{CH}_2)_8\text{CO}-]_n$	50	180—240	X, Xм, Me	* КМ (145/5). См. также № 678, 721
234	-сукцинат, NPGS	$[-\text{OCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OCO}(\text{CH}_2)_2\text{CO}-]_n$	50	200—240	X, Xм, Me	* КМ (145/5). См. также № 677, 722
235	Никель-бис(генэйкозандион-10,12)	$[(\text{C}_8\text{H}_{19}\text{CO})_2\text{CH}]_2\text{Ni}$	$T_{\text{пл}}48—49$	120	X, Э	*
236	Никель-бис(N-додecilсалицилальди-мин)	$[\text{N}(\text{C}_{12}\text{H}_{25})=\text{CHC}_6\text{H}_4\text{O}]_2\text{Ni}$	$T_{\text{пл}}54$	180		*
237	Никель-бис(метил- <i>n</i> -октилглиоксим)	$[\text{HON}=\text{C}(\text{C}_8\text{H}_{17})\text{C}(\text{CH}_3)=\text{NO}]_2\text{Ni}$	$T_{\text{пл}}105—106$	180	Э, Эт	*
238	1-Нитрилнафталин	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CN}$				Плотн. 1,12
—	Нитрилтрипропионитрил	См. Трис(пропионитрил)амин(№ 380)				
239	Нитрилпеларгонат	$\text{C}_9\text{H}_{17}\text{CN}$				
240	Нитрилстеарат	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{CN}$	$T_{\text{пл}}41$			
241	<i>o</i> -Нитроанизол	$\text{O}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{OCH}_3$	$T_{\text{пл}}9—11$		Э, Эт	$T_{\text{кип}}272$ , плотн. 1,25
242	<i>n</i> -Нитроанилинпикрат	$\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{O}^- \text{H}_3\text{N}^+\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2$				$T_{\text{кип}}110$
243	Нитробензол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	$T_{\text{пл}}5—6$	50	Б, Me, Xм, Э	Плотн. 1,20—1,21
244	1-Нитронафталин	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NO}_2$	$T_{\text{пл}}52—59$	50	X, Xм, А	
245	3-Нитротолуол	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2$	$T_{\text{пл}}15—16$	30—40	X	Плотн. 1,16
—	Нонанонитрил	См. Нитрилпеларгонат (№ 239)				
246	Нонилфениловый эфир <i>n</i> -нитробензой-ной кислоты	$\text{O}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{COOC}_9\text{H}_{19}$				
—	Нонилфениловый эфир полиэтилен-гликоля	См. Нонилфеноксиполи(этиленокси)-этанол (№ 247)				
247	Нонилфеноксиполи(этиленокси)этанол	$\text{C}_9\text{H}_{19}\text{C}_6\text{H}_4\text{O}[-\text{C}_2\text{H}_4\text{O}-]_n\text{H}$		150—225	X, Xм, Me, А	* КМ (145/6). См. № 510, 609—611, 691, 692, 739, 833, 878, 880, 881
248	4-Нонилфенол	$\text{C}_9\text{H}_{19}\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$		125	X, Xм, Me	



№ п/п	Неподвижные фазы	Формула
—	Окси-бис(2-этилстеарат)	См. Диэтиленгликоль дистеарат (№ 179)
249	<b>3,3'-Оксидипропионитрил, OPN</b>	(NCC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> O
—	2,2'-Оксидиэтанол	См. Диэтиленгликоль (№ 171)
—	Оксидный воск	См. Полиэтиленгликоль (№ 301)
250	(1-Оксиэтил-2-гептадецил)имидазолин	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> (C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> )C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> OH
251	<i>n</i> -Октадекан	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>
—	Октадекановая кислота	См. Стеариновая кислота (№ 339)
—	Октадеканол-1	См. Октадециловый спирт (№ 254)
252	Октадецен-1	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub>
253	Октадециламин	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> NH <sub>2</sub>
254	1-Октадециловый спирт	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> OH
255	Октакис-О-(2-оксипропил)сахароза	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub> [OCH(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ] <sub>8</sub>
256	<i>n</i> -Октакозан	C <sub>28</sub> H <sub>58</sub>
—	Октаметилендицианид	См. Динитрил себациновой кислоты (№ 138)
257	Октилдециладипинат	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> OCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOC <sub>10</sub> H <sub>21</sub>
—	Октилцианид	См. Нитрилпеларгонат (№ 239)
258	<i>n</i> -Олеилнитрил	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> CN
259	Палладий-бис(метил- <i>n</i> -октилглиоксим)	[HON=C(C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> )C(CH <sub>3</sub> )=NO] <sub>2</sub> Pd
260	Парафин твердый	Смесь нормальных и разветвленных углеводородов
261	<b>Парафиновое масло</b>	Смесь парафинов и циклопарафинов
—	Пеларгонитрил	См. Нитрилпеларгонат (№ 239)
262	Пентадекан	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>
263	Пентан-1,5-диоладипинат, PDA	[—OC <sub>5</sub> H <sub>10</sub> OCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CO—] <sub>n</sub>
264	-сукцинат, PDS	[—OC <sub>5</sub> H <sub>10</sub> OCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO—] <sub>n</sub>
—	2,4-Пентандион	См. Ацетилацетон (№ 6)
—	2,5,8,11,14-Пентаоксапентадекан	См. Бис(метоксизтоксизтиловый) эфир (№ 33)
—	Пентафениловый эфир	См. Бис(феноксифенокс)бензол (№ 41)
265	Пентаэритрит монохлоргидринизовалериановая кислота	C(CH <sub>2</sub> OCOC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl
626	-тетраацетат	C(CH <sub>2</sub> OCOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>4</sub>
267	-тетрабензоат	C(CH <sub>2</sub> OCOC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>4</sub>
268	-тетрабутират	C(CH <sub>2</sub> OCOC <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>4</sub>
269	-тетравалерат	C(CH <sub>2</sub> OCOC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>4</sub>
270	-тетракапринат	C(CH <sub>2</sub> OCOC <sub>9</sub> H <sub>19</sub> ) <sub>4</sub>
271	-тетракапронат	C(CH <sub>2</sub> OCOC <sub>5</sub> H <sub>11</sub> ) <sub>4</sub>
272	-тетралаурат	C(CH <sub>2</sub> OCOC <sub>11</sub> H <sub>23</sub> ) <sub>4</sub>
273	-тетрастеарат	C(CH <sub>2</sub> OCOC <sub>17</sub> H <sub>35</sub> ) <sub>4</sub>
—	-тетрацианэтилированный	См. Тетрацианэтилпентаэритрит (№ 359)
—	Пергидросквален	См. Сквалан (№ 329)
274	Перфтортрибутиламин	N(C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> ) <sub>3</sub>
275	Платина-бис(N-додецилсалицилальдин)	[N(C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> )=CHC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O] <sub>2</sub> Pl

Пределы рабочей температуры, °C		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
мин	макс		
—	—		
0—20	70—100	Me, Xм, A	ПР 100, КМ (145/9)
5—20	180	X, Xм	См. Amine 220 (№ 506), КМ (145/7)
T <sub>пл</sub> 27—30	55—60	T	
T <sub>пл</sub> 16—18			
T <sub>пл</sub> 47—56	150	Эт	ПР 10
T <sub>пл</sub> 56—59	100—140	Me, X	
0—20	175—225	Me, X, Xм	См. Hypros SP-80 (№ 687), КМ (145/6)
T <sub>пл</sub> 58—62			
—20	125—130		КМ (145/3), еплотн. 0,92
110	100	Me	См. Arneel OD (№ 526)
50—60	180	X, Г	* См. также № 686
20	100—200	T, X, Xм	КМ (145/1), плотн. 0,88. См. также № 767
	50		
	180	X	
	180	X, A	
	120		
T <sub>пл</sub> 79—81	125	A	
	150	X	
	140		
	160		
	150	X	ПР 24
	150		
T <sub>пл</sub> 52—53	150	A	
80 (T <sub>пл</sub> 62—70)	150	A	
100	30		
	160		*

№ п/п	Неподвижные фазы	Формула
277	Полиамиды	[—CORCONHR'NH—] <sub>n</sub>
—	Полибутандиол-	См. Бутандиол-
278	Полибутен	[—CH(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> )CH <sub>2</sub> —] <sub>n</sub>
—	Полибутиленгликол-	См. Бутандиол-
279	Поливинилацетат	[—CH(OCOCCH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> —] <sub>n</sub>
280	Поливинилпирролидон, PVP	[—CH <sub>2</sub> CH(NC <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O)—] <sub>n</sub>
281	Полидекандиолсебацат	[—OC <sub>10</sub> H <sub>20</sub> OCOC <sub>8</sub> H <sub>16</sub> CO—] <sub>n</sub>
—	Поли-2,2-диметилпропандиол-1,3	См. Неопентилгликоль-
—	Поли-2,2-диметил-1,3-пропиленгликоль-	То же
—	Поли-1,4-диметилолциклогексан-	См. Циклогександиметанол-
—	Полидиэтиленгликоль-	См. Диэтиленгликоль-
282	Полиимид	[—OC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OCO—] <sub>n</sub>
283	Поликарбонат дифенилолпропана	Карборановые кольца В <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub> чередуются с силоксановыми группами
284	Поликарборансилоксаны	[—CH(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> )CH <sub>2</sub> O—] <sub>n</sub>
285	Полимер окиси стирола	См. Полиэтиленгликоль (№ 301)
—	Полимер окиси этилена	См. Бис(феноксифениловый) эфир (№ 40) -
—	Полиметафениловый эфир, 4 кольца	См. Бис(феноксифенокси)бензол (№ 41)
—	5 колец	См. Бис(феноксифеноксифениловый) эфир (№ 42)
—	6 колец	См. Бис(феноксифеноксифенокси)бензол (№ 43)
—	7 колец	С <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O(C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O) <sub>18</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>
286	20 колец	[—C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O—] <sub>n</sub>
287	высокомолекулярный	См. Полиметафениловый эфир, 20 колец (№ 286)
—	Полиметафеноксилен	См. Неопентилгликоль-
—	Полинеопентилгликоль-	
288	Полиоксипропиленгликоля простые моноэфиры	См. Полиэтиленгликоль (№ 301)
—	Полиоксипропиленгликоля простые моноэфиры	С <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O[—OC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> —] <sub>n</sub> CH <sub>2</sub> OCOC <sub>17</sub> H <sub>33</sub>
289	Полиоксипропиленгликоля простые моноэфиры	С <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O[—OC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> —] <sub>n</sub> CH <sub>2</sub> OCOC <sub>17</sub> H <sub>35</sub>
290	Полиоксипропиленгликоля простые моноэфиры	
291	Полиоксипропиленгликоля простые моноэфиры	[(-OC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -) <sub>3</sub> NHC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> NH-] <sub>n</sub>
292	Полиоксипропиленгликоля простые моноэфиры	[(-OC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -) <sub>n</sub> (-OC <sub>3</sub> H <sub>6</sub> -) <sub>n</sub> ]
293	Поли(оксипропиленгликоля простые моноэфиры)	
294	Поли(оксипропиленгликоля простые моноэфиры)	См. Пентандиол-
—	Полипентадиол-	[—OCH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> —] <sub>n</sub>
295	Полипропиленгликоль, PPG	Насыщенный (≈25%) раствор AgNO <sub>3</sub>
296	Полипропиленгликоль — AgNO <sub>3</sub>	См. Пропиленгликоль-
—	Полипропиленгликоль-	[—CH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> NH—] <sub>n</sub>
297	Полипропиленгликоль	См. Силиконы (№ 328)
—	Полисилоксаны	[—CH(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> )CH <sub>2</sub> —] <sub>n</sub>
298	Полистирол	См. Тетраметилциклобутандиол-
—	Политетраметилциклобутандиол-	

Пределы рабочей температуры, °C		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
мин	макс		
120	190 200—300		* * КМ (145/8). См. № 813—815, 918—920, 936
50	200—210	T, X, Xм	См. № 507, 781, 782
0—20	200—225	X Me, K, T	См. также № 699—704
125 125	250—270 350—500	X X	* См. POLY-I (№ 816), КМ (145/8) См. Lexan (№ 726) * КМ (145/14). См. № 603, 604, 802 См. № 607
125 125	375—400 450	X A	КМ (145/4). См. также № 826 КМ (145/4). См. также № 827
	200	Me, X, Xм	См. Ucon LB (№ 913—917), КМ (145/6)
	150—160 125—150	Me, X, Xм, Э T, X, A	См. Tween 80 (№ 895), КМ (145/6) См. Tween 61 (№ 894), КМ (145/6)
20 0—20	150 150 200 200	Me A Me Me, X, Xм	См. № 812, 912; КМ (145/6) См. № 805—811, 818, 906—911; КМ (145/6)
0	125—200	Me, X, Xм, A	* КМ (145/6). См. также № 828—830, 882
0	50—75	Me, X, Xм, A	*
0	200	X	КМ (145/7)
	200	T	См. № 738

№ п/п	Неподвижные фазы	Формула
—	Полициклогександиметанол- — Полиэтилгександиол- 300 Полиэтилен 301 <b>Полиэтиленгликоль, PEG</b>	См. Циклогександиметанол- См. Этилгександиол- H[—C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> —] <sub>n</sub> H HO [—C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O—] <sub>n</sub> H
302	-диолеат	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COO[—C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O—] <sub>n</sub> COC <sub>17</sub> H <sub>33</sub>
303	-дистеарат	C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COO[—C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O—] <sub>n</sub> COC <sub>17</sub> H <sub>35</sub>
304	-моностеарат	C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COO[—C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O—] <sub>n</sub> H
305	-моно(1,1,3,3-тетраметилбутил)фениловый эфир — -моно(тридециловый) эфир — -нонилфениловый эфир	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O[—C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O—] <sub>n</sub> H См. Тридеканолполиэтиленоксид (№ 370) См. Нонилфеноксиполи(этиленокси)-этанол (№ 247)
306	-октадециловый эфир	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> O[—C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O—] <sub>n</sub> C <sub>18</sub> H <sub>37</sub>
307	-терминированный 2-нитротерфталевой кислотой	[—C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O—] <sub>n</sub> COC <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (NO <sub>2</sub> )COO—] <sub>m</sub>
308	-терминированный терефталевой кислотой	[—C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O—] <sub>n</sub> COC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> COO—] <sub>m</sub>
—	Полиэтиленгликоль- 309 Полиэтиленимин — Полиэтиленоксид — Полиэтиленсукцинатсиликоны	См. Этиленгликоль- H <sub>2</sub> N[—C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> NH—] <sub>n</sub> H См. Полиэтиленгликоль (№ 301) См. Этиленсукцинатсиликоновые полимеры (№ 462)
310	Пропандиол-1,2 — Пропандиол-1,2-циклический карбонат — 3,3',3''-(1,2,3-Пропантриилтриокси)-трипропионитрил — Пропиленгликоль-1,2	См. Пропандиол (№ 310) См. Пропиленкарбонат (№ 319) См. Трис(цианэтокси)пропан (№ 386)
311	<b>Пропиленгликоль-1,2-адипнат, PGA</b>	[—OCH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> OCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CO—] <sub>n</sub>
312	-1,2-глутарат, PGGI	[—OCH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> OCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CO—] <sub>n</sub>
313	-1,2-дибутират	CH <sub>3</sub> (OCOC <sub>3</sub> H <sub>7</sub> )CH(OCOC <sub>3</sub> H <sub>7</sub> )CH <sub>3</sub>
314	-1,2-малеинат	[—OCH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> OCO(CH) <sub>2</sub> CO—] <sub>n</sub>
315	-1,3-малеинат	[—O(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OCO(CH) <sub>2</sub> CO—] <sub>n</sub>
316	-1,3-себагинат, PGSSb	[—O(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CO—] <sub>n</sub>
317	-1,2-сукцинат, PGS	[—OCH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> OCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO—] <sub>n</sub>
318	-1,2-фталат, PGP	[—OCH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> OCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CO—] <sub>n</sub>
319	<b>Пропиленкарбонат</b>	(C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> O <sub>3</sub> )CH <sub>3</sub>
320	n-Пропилсульфон	(C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>2</sub>
321	Рапсовое масло	Глицериды высших ненасыщенных кислот (C <sub>22</sub> , C <sub>18</sub> и др.)
322	Ртути перхлорат	Hg(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
323	<b>Сахарозоацетатизобутират, SAIB</b>	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub> (OCOCCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OCOC <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>6</sub>
—	Сахарозоацетатгексаизобутират	См. Сахарозоацетатизобутират (№ 323)
324	Сахарозооктаацетат	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub> (OCOCCH <sub>3</sub> ) <sub>8</sub>
325	Себациновая кислота	(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> (COOH) <sub>2</sub>

Пределы рабочей температуры, °C		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
мин	макс		
		X, X <sub>m</sub> , Me, A	* KM (145/2). См. № 645—650, 661—665, 696—698, 923, 924
110—150	240—300	K	См. № 503, 740
0—100	70—250	Me, X, X <sub>m</sub>	KM (145/6). См. также № 537—554 (Carbowax), 728, 819, 953
		Me, X, X <sub>m</sub>	См. № 555, 556
		Me, X, X <sub>m</sub>	См. № 766 (Nonex 76)
	120—220	Me, X, X <sub>m</sub> , T	KM (145/6). См. № 558, 559, 632
	190—250	Me, A	KM (145/6). См. № 688, 889—891
0—20	175—200	Me, X	* KM (145/6). См. № 628, 754
50	200—275	X, X <sub>m</sub>	KM (145/6). См. № 562, 634, 863 (FFAP, SP-1000)
60	175—250	Me, X, X <sub>m</sub>	KM (145/6). См. № 563, 564 (Carbowax-TPA)
0	175	Me, A	KM (145/7)
T <sub>пл</sub> —50	150	X	Плотн. 1,04
20—50	190—230	X, X <sub>m</sub> , A	KM (145/5). См. также № 837 (Reoplex 400)
	200		
	100		
	200—210	X	См. также № 724
20—50	150—200	X, A	KM (145/5). См. также № 666, 836
	210—220	X	См. также № 723
0—10	50—60	X, X <sub>m</sub> , Me, A	
T <sub>пл</sub> 27—29			Плотн. 0,91
0—20	175—225	X, X <sub>m</sub> , T	* KM (145/4)
	100—200	Me, T	KM (145/4)
	180—200	Me	Добавка к фазам T <sub>пл</sub> 131—135

№ п/п	Неподвижные фазы	Формула
327	Силиконовые смазки	Силиконовые масла с наполнителем
328	<b>Силиконы</b>	См. № 215, 218, 219, 327, 392, 411, 416, 421, 427—429, 462, 463
—	Силоксаны	См. Силиконы (№ 328)
329	<b>Сквалан</b>	$\text{C}_{30}\text{H}_{62}$
330	Сквален	$\text{C}_{30}\text{H}_{50}$ (ациклический терпен)
331	<i>D</i> -Сорбит	$\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{CH}_2\text{OH}$
332	Сорбит гексаацетат	$\text{C}_6\text{H}_8(\text{OCOCH}_3)_6$
333	Сорбитана моноолеат	$(\text{C}_5\text{H}_5\text{O})(\text{OH})_3\text{CH}_2\text{OCOC}_{17}\text{H}_{33}$
334	моностеарат	$(\text{C}_5\text{H}_5\text{O})(\text{OH})_2\text{CH}_2\text{OCOC}_{17}\text{H}_{35}$
335	Стеарат марганца	$(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Mn}$
336	меди	$(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Cu}$
337	никеля	$(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ni}$
338	цинка	$(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Zn}$
—	Стеарилалкоголь	См. Октадециловый спирт (№ 254)
—	Стеариламин	См. Октадециламин (№ 253)
339	Стеариновая кислота	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$
340	Стеарон	$(\text{C}_{17}\text{H}_{35})_2\text{CO}$
—	Стеаронитрил	См. Нитрилстеарат (№ 240)
341	Стильбена тример	$(\text{C}_{14}\text{H}_{12})_3$
342	Сукцинамидовый полимер	
343	Сульфолан	$\text{C}_4\text{H}_8\text{SO}_2$
344	Таллий азотнокислый	$\text{TlNO}_3$
345	Терефталевая кислота	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$
346	1,1,2,2-Тетрабромэтан	$(\text{CHBr}_2)_2$
—	Тетрагидроксиэтилендиамин	См. Тетраakis(оксиэтил)этилендиамин (№ 351)
—	Тетрагидроксибен-1,1-диоксид	См. Сульфолан (№ 343)
—	Тетрагидрофуранон-2	См. Бутиролактон (№ 71)
—	Тетрагидрофурфурилфосфат	См. Трис (тетрагидрофурфурил)фосфат (№ 381)
347	Тетрагидрофурфурилфталат	$\text{C}_6\text{H}_4[\text{COOCH}_2(\text{C}_4\text{H}_7\text{O})]_2$
348	Тетрадеканол-1	$\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{OH}$
349	Тетраизобутилен	$(\text{C}_4\text{H}_8)_4$
350	<i>N,N,N',N'</i> -Тетраakis(2-оксипропил)-этилендиамин	$[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CHONCH}_3)_2]_2$
351	<i>N,N,N',N'</i> -Тетраakis(2-оксиэтил)-этилендиамин, <b>THEED</b>	$[\text{CH}_2\text{N}(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})_2]_2$
352	1,2,3,4-Тетраakis(2-цианэтокс)бутан	$\text{N}[\text{CH}(\text{OC}_2\text{H}_4\text{CN})]_4\text{H}$
—	Тетраakis[(2-этилгексил)окс]титан	См. Тетраakis(этилгексил)ортотитанат (№ 354)
353	Тетраakis(2-этилгексил)ортосиликат	$[\text{C}_5\text{H}_{10}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{CH}_2\text{O}]_4\text{Si}$
354	-ортотитанат	$[\text{C}_5\text{H}_{10}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{CH}_2\text{O}]_4\text{Ti}$
355	<i>n</i> -Тетракозан	$\text{C}_{24}\text{H}_{50}$
356	2,2,4,4-Тетраметилциклобутандиол-1,3-адипинат, <b>TMCBDA</b>	$[-\text{OC}_4\text{H}_2(\text{CH}_3)_4\text{OCO}(\text{CH}_2)_4\text{CO}-]_n$
—	-сукцинат, <b>TMCBDS</b>	$[-\text{OC}_4\text{H}_2(\text{CH}_3)_4\text{OCO}(\text{CH}_2)_2\text{CO}-]_n$
—	Тетраметилендицианид	См. Адионитрил (№ 1)
—	Тетраметиленсульфон	См. Сульфолан (№ 343)
358	2,6,10,14-Тетраметилпентадекан	$\text{C}_{19}\text{H}_{40}$
359	<b>Тетрацианоэтилпентаэритрит, ТСЕРЕ</b>	$\text{C}(\text{CH}_2\text{OC}_2\text{H}_4\text{CN})_4$

Пределы рабочей температуры, °C		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
мин	макс		
0—20	40—65 200—350	Me, A X, Xм, T	* $T_{пл}212$ * См. № 576, 608, 685
20	100—160	X, Xм, T	ПР 12, КМ (145/1), плотн. 0,81 КМ (145/1)
20	100—150	X, Xм, T	
$T_{пл}98—100$	140—150	Me, B	См. также № 899 КМ (145/4)
20	100—150 150	Me, X, Xм, T Me, Xм, T	См. № 531, 873; КМ (145/4) См. № 872; КМ (145/4)
50	160	Me	*
50	150—160	Me	*
( $T_{пл}68—70$ )	100—150	B, X	* КМ (145/4)
60	300 200	X, T X	Добавка к фазам, см. также № 591
$T_{пл}21—24$	30 206	A B	
0	200—250	X, П X, Э, Эт	Добавка к фазам. $T_{субл}300$ ПР 63, плотн. 2,96
$T_{пл}0—1$			
$T_{пл}36—38$	120 20—30	T, X, Xм X, Xм, Me, A	Смесь изомеров КМ (145/7). См. № 832 (Quadrol)
0—20	150		
0—20	125—150	X, Xм, Me, A	КМ (145/7)
100	150	X, A	КМ (145/9). См. также № 574
$T_{пл}48—53$	140 250	X, T X, A	Плотн. 0,93 См. № 682 (HI-EFF-9A)
100			
100	250	X, A	См. № 683 (HI-EFF-9B)
30	150—180	T, X, Xм	* КМ (145/9)



№ п/п	Неподвижные фазы	Формула
394	Триэтаноламин	$N(C_2H_4OH)_3$
395	Три(2-этилгексил)фосфат	$[C_5H_{10}(C_2H_5)CH_2O]_3PO$
396	Триэтиленгликоль, ТЕГ	$H(-OC_2H_4-)_3OH$
397	-адипинат, TEGA	$[(-OC_2H_4-)_3OCO(CH_2)_4CO-]_n$
398	-диацетат	$C_2H_4(OC_2H_4OCOC_2H_3)_2$
399	-дibuтират	$C_2H_4(OC_2H_4OCOC_3H_7)_2$
400	-дикаприлат	$C_2H_4(OC_2H_4OCOC_7H_{15})_2$
—	-моноацетат	См. Карбитолацетат (№ 203)
—	-монометилэфирацетат	См. Метокситриглицолацетат (№ 221)
401	-себацинат, TEGSb	$[(-OC_2H_4-)_3OCO(CH_2)_8CO-]_n$
402	-сукцинат, TEGS	$[(-OC_2H_4-)_3OCO(CH_2)_2CO-]_n$
403	-фталат, TEGP	$[(-OC_2H_4-)_3OCOC_6H_4CO-]_n$
404	Ундеканол-1	$C_{11}H_{23}OH$
405	Ундецен-10-ол-1	$C_{11}H_{21}OH$
—	Ундециловый спирт	См. Ундеканол (№ 404)
406	Уреда L-валина изопропиловый эфир	$OC[NHCH(C_3H_7)COOC_3H_7]_2$
407	Фенантрен	$C_{14}H_{10}$
—	Фенилацетонитрил	См. Бензилцианид (№ 14)
408	N-Фенилдиэтанолламин	$C_6H_5N(C_2H_4OH)_2$
409	Фенилдиэтанолламинсукцинат, PDEAS	$[-OC_2H_4N(C_6H_5)C_2H_4OCOC(CH_2)_2CO-]_n$
410	m-Фенилендиамин	$C_6H_4(NH_2)_2$
—	2,2'-(Фенилимино)диэтанол	См. Фенилдиэтанолламин (№ 408)
411	Фенилметилсиликоны	$[-SiO(CH_3)(C_6H_4)-]_n$
412	N-Фенил-1-нафтиламин	$C_{10}H_7NHC_6H_5$
413	Фенилнеопентилфосфит	$HOPOC_6H_5OCH_2C(CH_3)_3$
—	Фенилцианид	См. Бензонитрил (№ 18)
414	2-Фенилэтилбензоат	$C_6H_5C_2H_4OCOC_6H_5$
415	Феноксазин	$C_{12}H_9NO$
416	Феноксиметилсиликон	$[-SiO(CH_3)_2C_6H_4C_6H_4OSi(CH_3)_2-]_n$
417	Формамид	$HCONH_2$
—	m-Фталева кислота	См. Изофталева кислота (№ 197)
—	p-Фталева кислота	См. Терепталева кислота (№ 345)
—	Фталодинитрил	См. Фталонитрил (№ 418)
418	Фталонитрил	$C_6H_4(CN)_2$
419	Хинолин	$C_9H_7N$
420	l-Хлорнафталин	$C_{10}H_7Cl$
421	Хлорфенилметилсиликоны	
422	Холестерилацетат	$CH_3COOC_{27}H_{45}$
423	-бензоат	$C_6H_5COOC_{27}H_{45}$
424	-миригтат	$C_{13}H_{27}COOC_{27}H_{45}$
425	-нонаноат	$C_8H_{17}COOC_{27}H_{45}$
426	Цезий хлористый	$CsCl$
—	Цетан	См. Гексадекан (№ 76)
—	Цетиламин	См. Гексадециламин (№ 79)

Пределы рабочей температуры, °C	Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
$T_{пл}15-18$		
$T_{пл}18-22$	75—100	Me, X, Xм, А
$T_{пл}-9$	70—100	Me
	150—200	
	50	
	100	А
	150—200	
$T_{пл}13-19$	45	Me, Э, Эт Me
$T_{пл}95-98$		X
$T_{пл}98-101$		Б, Т
$T_{пл}55-59$	175	А
0—20	200—250	X, Xм, А
$T_{пл}60-64$	75	X
	180—350	X, Xм, Т, А
$T_{пл}60-61$		Me
$T_{пл}2-3$	40—50	Me
$T_{пл}139-141$	150	А
$T_{пл}-16$		Б, Э, Эт
$T_{пл}(10-15)$	50—75	X, Xм, Me X, Xм, А
	110	Б
	160	А, Эп
	80	
	90	Б
350	450	В

№ п/п	Неподвижные фазы	Формула
—	Цетиловый спирт	См. Гексадеканол (№ 77)
—	Цианобензол	См. Бензонитрил (№ 18)
427	<b>Цианопротилсиликоны</b>	$[-SiO(C_3H_6CN)_2-]_n$
428	<b>Цианопротилфенилсиликоны</b>	$[-SiO(C_6H_5)C_3H_6CN-]_n$
429	<b>Цианоэтилметилсиликоны</b>	$[-SiO(CH_3)_2SiO(CH_3)(C_2H_4CN)-]_n$
430	Цианоэтилсахароза	См. Гексакис (цианэтоксид)циклогексан (№ 81)
—	Цианоэтилциклогексан	$[-OCH_2C_6H_{10}CH_2OCO(CH_2)_4CO-]_n$
431	Циклогексан-1,4-диметанол-адипинат, CHDMA	$[-OCH_2C_6H_{10}CH_2OCO(CH_2)_2CO-]_n$
432	-сукцинат, CHDMS	$[-OCH_2C_6H_{10}CH_2OCO(CH_2)_2CO-]_n$
433	β-Циклодекстрин ацилированный	$[C_6H_7O_2(OCOR)_3]_7$
434	Цинк-бис(генэйкозандион-10,12)	$[(C_{10}H_{19}CO)_2CH]_2Zn$
435	Эвтектический сплав	$LiNO_3 + NaNO_3 + KNO_3 (27,3 : 18,2 : 54,5)$
436	»	$KCl + CdCl_2 (33 : 67)$
437	»	$NaCl + AlCl_3 (41 : 59)$
438	»	$BiCl_3 + PbCl_3 (89 : 11)$
439	Эйкозан	$C_{20}H_{42}$
440	Эпоксидные смолы	
441	Эритрит	$CH_2OH(CHOH)_3CH_2OH$
442	Этилацетоацетат	$CH_3COCH_2COOC_2H_5$
443	Этилбензоат	$C_6H_5COOC_2H_5$
444	2-Этилгександиол-1,3-адипинат, EHDA	$[-OCH(C_2H_7)CH(C_2H_5)CH_2OCO(CH_2)_4CO-]_n$
445	-себагинат, EHDSb	$[-OCH(C_2H_7)CH(C_2H_5)CH_2OCO(CH_2)_8CO-]_n$
446	-сукцинат, EHDS	$[-OCH(C_2H_7)CH(C_2H_5)CH_2OCO(CH_2)_2CO-]_n$
—	(2-Этилгексил)титанат (IV)	См. Тетракис(этилгексил)орготитанат (№ 354)
—	Этилгликоль	См. Диэтиленгликоля моноэтиловый эфир (№ 182)
—	Этилдигол	То же
447	Этил-N,N-диметилоксамат	
448	Этиленгликоль	$(CH_2OH)_2$
449	Этиленгликоль — AgNO <sub>3</sub>	Насыщенный раствор AgNO <sub>3</sub>
450	<b>Этиленгликольадипинат, EGA</b>	$[-OC_2H_4OCO(CH_2)_4CO-]_n$
—	-бис(пропионитриловый) эфир	См. Этиленгликоль-бис(цианэтоксид) эфир (№ 451)
451	-бис(2-цианэтоксид) эфир	$C_2H_4(OC_2H_4CN)_2$
452	-глутарат, EGGI	$[-OC_2H_4OCO(CH_2)_3CO-]_n$
453	-дипензоат	$C_2H_4(OCOC_6H_5)_2$
454	-дистеарат	$C_2H_4(OCOC_{17}H_{35})_2$
455	-изофталат, EGIP	$[-OC_2H_4OCOC_6H_4CO-]_n$
456	-себагинат, EGSb	$[-OC_2H_4OCO(CH_2)_8CO-]_n$
457	-сукцинат, EGS	$[-OC_2H_4OCO(CH_2)_2CO-]_n$
458	-терефталат, EGTP	$[-OC_2H_4OCOC_6H_4CO-]_n$
459	-тетрахлорфталат, EGTCP	$[-OC_2H_4OCOC_6Cl_4CO-]_n$

Пределы рабочей температуры, °C		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
мин	макс		
0—20	125—175	X, A X, Xм, A	КМ (145/13). См. № 518—520, 777, 868—870
50—100	210—250	X, A	КМ (145/13). См. № 530, 795, 867
50—100	200—250	X, Me	КМ (145/13). См. № 508, 778, 925, 927—933, 940—945
170	200—210	A	КМ (145/9)
T <sub>пл</sub> 150	120	X, Э	См. также № 680
	400	Me, B	КМ (145/5). См. также № 681, 716
	400	B	*
	400	B	
T <sub>пл</sub> 36—38	40	Э	
50—100	200—250	X, Xм, A	КМ (145/5). См. № 629, 630
T <sub>пл</sub> 118—120	150	Э	
	50	A	Плотн. 1,03
	50	Me, Xм	Плотн. 1,04
	180—240	X	
	180—240	X	
	180—240	X	
	30—50	Me, Эт	См. № 623 (EDO-1)
	30—40		Плотн. 1,12
100	190—225	X, Xм, Me, A	*
	140	A	КМ (145/5). См. также № 624, 671, 717
50	190—200	X, Xм	См. также № 651
	250	Э, X	См. также № 709
100	190—225	X, Xм, Me	T <sub>кип</sub> 360
100	180—225	X, Xм, Me	КМ (145/5). См. также № 674, 711*
T <sub>пл</sub> 88—90	180—225	X, Xм, Me	См. также № 673, 718
	190—225	X	КМ (145/5). См. также № 672, 708
120	200	X	КМ (145/5). См. также № 712

№ п/п	Неподвижные фазы	Формула	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
460	<i>o</i> -фталат, EGP	$[-OC_2H_4OCOC_6H_4CO-]_n$	100	190—210	X, Хм	КМ (145/5). См. также № 675, 714
—	2,2',2'',2'''-(Этилендинитрило)тетра-2-пропанол	См. Тетракис(оксипропил)этилендиамин (№ 350)				
—	2,2',2'',2'''-(Этилендинитрило)тетраэтанол	См. Тетракис(оксиэтил)этилендиамин (№ 351)				
461	Этиленкарбонат	$C_3H_4O_3$	$T_{пл} 34—37$	40	Ме	ПР 93
462	Этиленсукцината силиконовые полимеры		30—100	210—230	X	КМ (145/14). См. № 617—622
—	Этилкарбитол	См. Диэтиленгликоля моноэтиловый эфир (№ 182)				
463	Этилметилсиликоны	$[-SiO(CH_3)_2SiO(C_2H_5)_2-]_n$			Э, Т	См. № 601, 938, 974
—	2-Этил-2(оксиметил)пропандиол-1,3	См. Триметилпропан (№ 376)				
464	Этилцанацетат	$NCCH_2COOC_2H_5$				$T_{кип} 206—208$
465	4-Этокси-3-метоксибензальдегид	$(C_2H_5O)(CH_3O)C_6H_3CHO$	$T_{пл} 59—62$			
466	2-Этокси(2-цианэтоксидиэтиловый эфир	$C_2H_5(OC_2H_4)_2CN$		50—80	X, Хм	
—	2-(2-Этоксиэтоксиди)этанол	См. Диэтиленгликоля моноэтиловый эфир (№ 182)				

Примечания. 3. Фазу применяли для разделения *o*-, *m*- и *n*-изомеров № 21, 212, 235, 434). 15. См. прим. к № 326. 21. См. прим. к № 4. 27. Фаза эффективна ниях бенз[а]пирена и бенз[е]пирена, фенантрена и антрацена. Для ускорения нения 1 : 5. 58. Неполарная фаза, состоит из высокомолекулярных углеводородов ний. 75. Содержатся также другие эфиры, свободные кислоты и углеводороды. мите разлагается при температуре выше 140 °С. 189. Применяют для разделения стоит из эфиров высших жирных кислот, свободных стероидов и их эфиров и др. к № 4. 213. Комплексообразующая фаза, селективна к аминам, спиртам и кетонам 219. Очень слабо полярные фазы (среди силиконов — наименее полярные). 225. Про лонитовой глины) на органические катионы. В органических растворителях обра воды, не рекомендуется нагревать бентон выше 60—65 °С. Устойчив к действию *m*- и *n*-изомеров ароматических веществ. Используют в смеси с эфиром фталевой с ег S. F., Anal. Chem., 1963, v. 35, No. 4, p. 592; В и г д е р г а у з М. С., в сб.: гликолевые полиэфиры более стабильны, но менее полярны, чем соответствующие не разделяются эфиры насыщенных и моно-ненасыщенных жирных кислот. 235. См. к азотсодержащим соединениям (см. также № 259, 276). 247. См. прим. к № 304—306. Чувствительны к присутствию кислорода в газе-носителе. Полиимид, в отличие от можно использовать и в капиллярных колонках. 284. Эти фазы вследствие их очень ными методами анализа — масс-спектрометрией и ИКС. 295. Менее полярны по сивным веществам: HCl, HF, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, PCl<sub>3</sub>, SF<sub>4</sub> и др. Рекомендуется наносить на образуется ядовитый газообразный продукт. 304—306. Простые эфиры полиэтилен с ростом мол. массы (в отличие от незамещенных полиэтиленгликолей — см. разд. щенных углеводородов (F e r r i s C. R. e t a l., in: Gas chromatography, ed. by N. Wren высокую селективность по отношению к олефинам. Используют в виде насыщенных от гигроскопичных гликолей, не требует применения сухого газа-носителя. 327. При ционной способностью, которая может вызвать размывание пиков. 335—338. Селек Термическая стойкость выше, чем у изофталевои кислоты (№ 197). 359. Селективен продукт содержит токсичный орто-изомер. 390. Применяли для разделения опти (G i l - A v E., F e i b u s h B., Tetrahedron Letters, 1967, N. 35, p. 3345—3347). Gas chromatography 1966, ed. by A. B. Littlewood, L., p. 227—239). 392. Более разделения α- и β-аминокислот с асимметричными первичными аминогруппами 411. С увеличением замещения на фенил полярность метилсиликонов возрастает.

хлортолуола. 4. Комплексообразующая фаза, селективна к спиртам (см. также при разделениях многоядерных ароматических соединений, например при разделе- анализа рекомендуется применять смесь фазы с метилсиликоновым маслом в соотно- (масел, смол, асфальтенов) с небольшими примесями O-, N- и S-содержащих соедине- 82. Не рекомендуется применять из-за выявленной канцерогенности. 140. На диато- рацемических смесей. 197. См. прим. к № 345. 206. Селективна к спиртам. 208. Со- 209. См. D e B o e r F. E., Nature, 1960, v. 185, No. 4717, p. 915. 212. См. прим. (см. также № 236, 275). 214. Применяют для разделения рацемических смесей. 218, дукт замещения неорганических катионов решетки бентонита (природной монтморил- зует тиксотропные гели; так как эта способность ухудшается при потере связанной разбавленных минеральных кислот и щелочей. Применяется для разделения *o*-, кислоты, например динонилфталатом (1 : 1), или с силиконовым маслом. См. S p e n Газовая хроматография, М., НИИТЭХим, 1967, № 6, с. 30—44. 231—234. Неопентил диэтиленгликолевые и этиленгликолевые полиэфиры. Например, на фазе № 234 прим. к № 4. 236. См. прим. к № 213. 237. Комплексообразующая фаза, селективная 259. См. прим. к № 237. 275. См. прим. к № 213. 276. См. прим. к № 237. 277, 282. полиамидов, обладает хорошей смачивающей способностью, благодаря чему его малой испаряемости особенно пригодны для ГЖХ в сочетании с высокочувствитель- сравнению с полиэтиленгликолями. 296. См. прим. к № 326. 299. Устойчивы к агрес- фторопластовые носители. Соблюдать осторожность: при высокой температуре гликолей сходны по хроматографическим свойствам. Полярность эфиров возрастает 145/6). 322. Высокоселективная комплексообразующая фаза для отделения ненасы- пер, N. Y., Acad. Press, 1962, p. 423—429). 326. Комплексообразователь. Проявляет растворов в гликолях или бензилцианиде (см. № 15, 296, 449). Последний, в отличие присутствующий в смазках наполнитель (например, аэросил, аэросил, ≈10%) обладает сорб- тивны при разделениях аминов и азотистых гетероциклических соединений. 345. к ароматическим углеводородам. 370. См. прим. к № 304—306. 373. Технический ческих изомеров аминокислот (в виде N-TFA-производных) на набивных колонках 391. То же, для использования на капиллярных колонках (G i l - A v E. e t a l., in: полярны, чем фенилметилсиликоны. 406. Применяли на капиллярных колонках для (F e i b u s h B., G i l - A v E., J. Gas Chromatog., 1967, v. 5, No. 5, p. 257—260). 434. См. прим. к № 4. 449. См. прим. к № 326.



Указатель синонимов к разд. 143

Фазы	Синонимы	Фазы	Синонимы
1	137+, 156+, 357+	121—123	26+, 195+
2	1+, 137+	124	128+
3	3+, 191+	132	219+
6	264+	133	219+
8	82+	134	135+
9	193+	135	219+
14	407+	138	256+
18	413+, 426+	146	93+
20	19+, 230+	153	11+
23	99+	156	217+
33	137+, 264+, 360+	157	215+
36	4+, 35+	171	110+, 249+
39	378+	172—174	281+
40—43	285+, 298+	175	248+
41	264+	177	31+, 109+, 128+
47—52	170+	179	248+
58	91+, 224+	180	55+, 170+
59	79+, 426+	181	281+
62	67+	182	202+, 446+, 462+, 466+
63—67	67+, 277+, 278+	183—186	281+
68	64+	197	417+
71	346+	199	156+
76	426+	202	228+
77	79+, 426+	218—219	130+
79	4+, 426+	221	224+, 400+
81	430+	228	4+
90	157+, 375+	231—234	130+, 281+, 287+
93	92+, 202+	239	245+, 257+, 261+
94	227+	240	340+
96	13+	243	224+, 224+
114—116	126+		

Фазы	Синонимы	Фазы	Синонимы
247	246+, 305+	364	214+
249	36+, 44+, 156+, 157+	365	88+
253	4+, 338+	368	89+
254	251+, 338+	370	305+
263—264	294+	372	217+
286	287+	373	387+
301	249+, 285+, 288+ 309+	374	205+, 373+, 374+, 379+
305	195+	375	298+
310	310+	376	75+, 379+, 463+
311—312	296+	380	238+
314—318	296+	381	346+
319	310+	386	3+, 310+, 380+
323	323+	387	89+
325	92+	396	369+
327	73+	397	298+
328	297+, 328+	401—403	298+
329	81+, 273+	404	85+, 405+
330	81+	408	410+
339	251+	410	93+
340	109+	415	98+
343	346+, 357+	416	152+
345	417+	418	156+, 417+
348	224+	431—432	281+, 299+
350	460+	432	129+
351	346+, 460+	444—446	299+
354	352+, 446+	450	301+
356—357	298+	451	450+
359	273+	452	301+
363	156+	455—460	301+
		462	309+

Примечание. Синонимы следует смотреть ниже номеров, отмеченных знаком «+».

## 144. Неподвижные фазы для ГЖХ — фирменные марки

№ п/п	Марки фаз (я фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
501	AD 264 [C-G, Швейцария]	Полиэфир				
502	Aerosol OT [AC, США]	Диоктилсульфосукцинат натрия (№ 145)		100	X	ПАВ
503	Alathon 7040 [duP, США]	Полиэтилен (№ 300)		240	K	См. также № 740
504	Alkaterge C	Замещенный оксазолин (ПАВ)		100	X	* КМ (145/7), плотн. 0,93
505	Alkaterge T		60	75	X, Хм	
506	Amine 220	(1-Оксиэтил-2-гептадеценил)имидазолин (№ 250)	5—20	180	X, Хм	* КМ (145/7)
507	Атоко Н-100	Полибутен (№ 278)			T, X, Хм	См. также № 781—782
508	AN-600 [Ana, США]	Цианоэтил(25%)метилсиликоновый эластомер (№ 429)	20	>300	Метил- этилкетон	КМ (145/13)
509	Ansul Ether	ВМЕЕ (№ 33)		80	Me	См. также № 692
510	Antarox CO-990 [GAF, США]	Нонилфеноксиполи(этиленокси)этанол (№ 247), $n = 100$	50	225	X, Me, A	
511	Apiezon [Bid, США] H	Полимерные метилфениловые эфиры или углеводороды с M до 15 000, по хроматографическим свойствам близки к углеводородам	20	275—300	B, T, X, Хм	КМ (145/1)
512	J		20—50	275—300	То же	
513	K		20—50	250—300	»	
514	L		50	250—300	»	
515	M		50	250—300	»	
516	N		50	250—300	»	
517	W			250—300	»	
	Apolar (Silar)* [ASL, США]					* См. также № 868—870,

518	-7CP		Цианопропилсиликон (№ 427)	50	250 (275)	X	KM (145/13)
519	-9CP		» (№ 427)	50	250 (275)	X	
520	-10C		» (№ 427)	50	250 (275)	X	
521	AR-200 ФРГ]	[WC,	Фенил(25%)метилсиликоновое масло (№ 411)				Вязк. 200 сСт, плотн. 1,04
	Armeen						
522	12D		Амин (?), средн. М 297		75	X	
523	2HT		Амин (?)		75	X	KM (145/7)
524	2-S		Вторичный алифатический амин из соевого масла, М 508	30	100—125	T, X, X <sub>M</sub>	KM (145/7)
525	SD		Первичный алифатический амин из соевого масла, перегнанный, C <sub>16</sub> —C <sub>18</sub>	30	75—100	X, X <sub>M</sub>	KM (145/7)
	Arneel						
526	OD		Олеилнитрил (№ 258), перегнанный		100	Me	
527	SD		Алифатический нитрил из соевого масла, перегнанный		75—100		
	Araclocr США]	[Mon,					
528	1232		Смесь хлорированных бифенилов — полифенилов	20—50	75—125	Me, X, X <sub>M</sub>	T <sub>кип</sub> 290—325
529	1254		То же	30	75—125	X, X <sub>M</sub>	KM (145/2), T <sub>кип</sub> 365—390
530	ASI 50phenyl- 50суанопропил- (Silar-5CP)+ [ASL, США]		Цианопропил(50%)фенил(50%)силикон (№ 428)	50	250 (275)	X, A	KM (145/13). См. также № 867
531	Atpet 80		Сорбитана моноолеат (№ 333)		100	X, Г, А	См. также № 873
532	Atpet 200						KM (145/15)
533	Bayer M [Bayer, ФРГ]		Метилсиликоновое масло (№ 218)				ПП 13, вязк. от 50 до 300 000 сСт
534	Bayer PN-200		Фенил(средн.)метилсиликон (№ 411)				
535	Bentone 34 [NLC, США; Abbey, Англия]		Монтмориллонита диметилдиоктадецил-аммониевое производное (№ 225)	0—20	200	Б, Т, X, X <sub>M</sub>	* KM (145/7). См. также № 937
536	Benzyl Cellosolve [UC, США]		2-(Бензилокси)этанол (№ 14)	0	50	X, X <sub>M</sub> , Me	

№ п/п	Марки фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворителя	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
537	Carbowax [UC, США] 200	Полиэтиленгликоли (№ 301): М 190—210	0—20	70—100	Me, X, Xm То же	*
538	300	М 285—315	0			
539	400	М 380—420	10—20	100—125	»	
540	550	Смесь № 538 и № 545	40—50	120—125	»	
541	Δ <sup>1</sup> 600	М 570—630	30	110—125	»	КМ (145/6)
542	750	М 715—785	25	120—150	»	
543	1000	М 950—1050	40	125—175	»	КМ (145/6)
544	1500	Смесь № 538 и № 545, средн. М 500—600	40—50	150—200	»	КМ (145/6)
545	1540	М 1300—1600	50	150—200	»	КМ (145/6)
546	2000	М 1900—2200	60	160—200	»	
547	3000	М 2700—3300	60	160—200	»	
548	4000	М 3000—3700	60	170—200	»	КМ (145/6)
549	6000	М 6000—7500	60—70	170—210	»	КМ (145/6)
550	9000	М 9 000—10 000	70	170—210	»	
551	10000	М 8 500—11 500	70	170—220	»	
552	15000	М 13 000—17 000	70	200—250	»	
553	20M	М 15 000—20 000	70—80	200—250	»	КМ (145/6)
554	40M	М 35 000—40 000	70—100	200—250	»	
555	400 dioleate	Полиэтиленгликоля диолеат (№ 302), М ≈ 900		120—125	»	
556	4000 dioleate	То же, М ≈ 4500		220	»	
557	Methoxy PEG .750	Метоксиполиэтиленгликоль (№ 220), М715—785	30—40	125	»	
558	600 mono-stearate	Полиэтиленгликоля моностеарат (№ 304)		120—125	»	
559	1000 mono-stearate	» » (№ 304)		140—150	»	
560	1500 mono-stearate	» » (№ 304)	50	150—200	»	

561	4000 mono- stearate	»	»	(№ 304)	60	170—220	»	КМ (145/6)
562	20M termi- nated with nitro-terep- hthalic acid	Полиэтиленгликоль терминированный ни- тротерефталевой кислотой (№ 307)			50	250—275	»	* М ≈ 20000. См. также № 634, 863. КМ (145/6)
563	4000-TPA	Полиэтиленгликоль терминированный тере- фталевой кислотой (№ 308)			60	175	»	М ≈ 4000
564	20M-TPA				60	220—250	»	* М ≈ 20000, КМ (145/6)
565	Castorwax [UC, США]	Гидрогенированное касторовое масло, $C_8H_{13}CHOHC_{21}H_{40}COOH$ и др.			90	200	X, Хм, А	КМ (145/1)
566	Celanese Ester No. 9 (C-9) [Celan, США]	Триметилпропантрипеларгонат (№ 377)			20	200	X, Хм, А	КМ (145/4)
567	Cetamol Q	Хлорированный диалкилфосфат				80	X	
568	Chlorowax 70	Хлорированный парафин				125—140	X	
569	Citroflex A-4	Ацетилтрибутилцитрат (№ 7)			—25	180	А, Хм	КМ (145/4)
570	Citroflex 4	Трибутилцитрат (№ 367)			—15	150	Ме	КМ (145/4)
571	Convactor 12	Хлорированное углеводородное масло				200	X	М 326
572	Convoil 20	Ненасыщенное углеводородное масло				200	X	М 400, КМ (145/1)
573	CR [WC, ФРГ]	Хлорфенилметилсиликоновое масло (№ 421)						Вязк. 20—100 сСт
574	Суано-В	Тетракис(цианэтокс)бутан (№ 352)			100	150	X, А	КМ (145/9)
575	Cyclo-N	Гексакис(цианэтокс)циклогексан (№ 81)			125	170	X	КМ (145/9)
	DC Silicones [DC, США]							
576	DC 11	Метилсиликоновая смазка (№ 327), содер- жит 10% SiO <sub>2</sub>			0—20	300	Б, Т, X, Эа	* КМ (145/10)
577	DC 200/50	Метилсиликоновое масло (№ 218)				200	Т, X, К, А	Вязк. 50 сСт
578	DC 200/350	»	»	(№ 218)	0—20	220—250	То же	Вязк. 350 сСт
579	DC 200/500	»	»	(№ 218)	0—20	200—250	»	Вязк. 500 сСт
580	DC 200/12500	»	»	(№ 218)	0—20	250	»	* Вязк. 12 500 сСт, ПР 13, КМ (145/10), плотн. 0,97
581	DC 200/2 500 000	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)				250—300	»	Вязк. 2,5·10 <sup>6</sup> сСт

№ п/п	Марка фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
582	DC 220	Метилсиликоновое масло (№ 218)			Т, Х, К, А	Вязк. 44 сСт. Выпуск прекращен
583	DC 230	Стеарилметилсиликоновое масло				Вязк. 1200—1600 сСт. Выпуск прекращен
584	DC 330	Метилсиликоновое масло (№ 218)			То же	Вязк. 50 сСт, КМ (145/10). Выпуск прекращен
585	DC 400	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)			»	КМ (145/10). Выпуск прекращен
586	DC 401	» » (№ 219)		275—300	»	КМ (145/10)
587	DC 410	» » (№ 219)	0—20	300—325	»	КМ (145/10)
588	DC 430	Винил(1%)метилсиликоновое масло (№ 215)	20	300	Т, Х, ХМ, А	КМ (145/10)
589	DC 510	Фенил(5%)метилсиликоновое масло (№ 411)			То же	КМ (145/11), вязк. 50—1000 сСт, плотн. 1,00
590	DC 550	Фенил(25%)метилсиликоновое масло (№ 411)	—20	225—275	»	КМ (145/11), вязк. 100—150 сСт, плотн. 1,04
591	DC 550 — Stearic Acid	То же, с добавкой стеариновой кислоты		130—150	»	* См. также № 339, 606
592	DC 555	Фенил(≈ 10%)метилсиликоновое масло (№ 411)		200—275	»	Вязк. 10—30 сСт, плотн. 1,06. Вып. прекращен
593	DC 556	Фенил (10%)метилсиликоновое масло (№ 411)		200—275	»	КМ (145/11), вязк. 15—30 сСт. Вып. прекращен
594	DC 560 (F 60)+	Хлорфенил(≈ 11%)метилсиликоновое масло (№ 421)	0—20	250—300	»	КМ (145/12), вязк. 65—75 сСт. См. также № 861

595	DC 701	Фенил(вязк.)метилсиликоновое (№ 411)	масло			»	Вязк. 10—15 сСт, плотн. 1,03.
596	DC 702	Фенил(25%)метилсиликоновое (№ 411)	масло		200—250	»	Вып. прекращен КМ (145/11), вязк. 45 сСт
597	DC 703	То же		20	200—250	»	М 570, КМ (145/11), вязк. 55 сСт
598	DC 704	Фенил(50%)метилсиликоновое (№ 411)	масло	20	180—250	»	ПР 2, вязк. 39 сСт, плотн. 1,07
599	DC 705	Фенил(62,5%)метилсиликоновое (№ 411)	масло		200	»	ПР 3, вязк. 175 сСт, плотн. 1,10
600	DC 710	Фенил(50%)метилсиликоновое (№ 411)	масло	0—20	220—300	»	М 570, ПР 3, КМ (145/11), вязк. 475—525, плотн. 1,11
601	DC 730	Этилсиликоновое масло (№ 463)					Выпуск прекращен
602	DEGS-PS [Sup, США]	Диэтиленгликольсукцинат (№ 184), моди- фицированный $H_3PO_4$			200—225		*
603	Dexsil GC [Olin, США] 300 GC	Поликарборанметилсилоксановый эласто- мер (№ 284)		50 ( $T_{пл}$ 30—38)	400	Б, Т, Х, Э	Выпуск временно прекращен * М 16 000—20 000 ( $n \approx 50$ , отноше- ние силоксан : : карборан 4 : : 1), КМ (145/14)
604	400 GC	Поликарборанметилфенилсилоксановое мас- ло		20	375	Х	М 12 000—16 000 (отношение си- локсан : карбо- ран 5 : 1), КМ (145/14)
604a	410 GC	Поликарборанметилцианоэтилсилоксановое масло		20	360	Х	М 9000 (отношение силоксан : кар- боран 5 : 1), КМ (145/14)



№ п/п	Марки фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
605	Dimer Acid (Empol 1022) [Emery, США]	Дикарбоновая кислота C <sub>36</sub>	30	100—150	X, X <sub>M</sub> , Me, T	Добавка к фазам. Нейтрализацион- ный эквивалент 285—297
606	Dimer Acid — Silicone Oil 550	Смесь (1 : 1) фаз № 590 и № 605	20	100—150	X <sub>M</sub> , A	См. также № 591
607	Dow 174-500 [DC, США]	Полимер окиси стирола (№ 285)		100		
608	Dow-Fac [DC, США]	Силиконовая смазка (№ 327)			X, X <sub>M</sub> , T	*
609	Dowfax [DC, США] 9N9	Нонилфеноксиполи(этиленокси)этанол (№ 247), $n = 9$		150—225	Me, A	* Выпуск прекра- щен
610	9N15	То же, $n = 15$		150	X	
611	9N40	То же, $n = 40$		225	X, A	
	E Silicones [ICI, Англия]					Эквивалентны си- ликонам № 843, 846—849
612	<del>E 301 (E30)</del>	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)		250—300	T, X, Г	KM (145/10)
613	<del>E 302 (E31)</del>	Винил(1%)метилсиликоновый эластомер (№ 215)		250—300	T, X, Г	
614	E 303 (E33)	То же		250—300	T, X, Г	KM (145/14)
615	E 350 (E52)	Фенил(5%)метилсиликоновый эластомер		250—300	T, X, Г	
616	E 351 (E54)	Фенил(5%)винил(1%)метилсиликоновый эластомер		250—300	T, X, Г	
	Organosilicone Po- lymers [ASL, США]					
617	ECNSS-M	Этиленсукцинатцианоэтилсиликоновый по- лимер (№ 462), со средним содержанием силикона	30	210	X	

618	ECNSS-S	То же, с низким содержанием силикона	30	210	X	
619	EGSP-A	Этиленсукцинатфенилсиликоновый полимер (№ 462), с низким содержанием силикона	100	220	X	
620	EGSP-Z	То же, со средним содержанием силикона	50	230	X	
621	EGSS-X	Этиленсукцинатметилсиликоновый полимер (№ 462), с низким содержанием силикона	90	225	X	
622	EGSS-Y	То же, со средним содержанием силикона	100	230	X	
623	EDO-I [Sup, США]	Этил-N,N-диметилоксамат (№ 447)				
624	EGA-PS [Sup, США]	Этиленгликольадипинат (№ 450), модифицированный $H_3PO_4$				*
625	Elastex 50-B					КМ (145/15)
626	Embaphase Silicone Oil [M & B, Англия]	Метилсиликоновое масло (№ 218)	240—300		X, T	ПР 13, КМ (145/10), вязк. 300— 400 сСт, плотн. 0,97
—	Empol 1022	См. Dimer Acid (№ 605)				
—	Empol 1040	См. Trimer Acid (№ 888)				
627	Emulphor O [BASF, ФРГ]	Полиэтиленгликоль (№ 301) и оксидеканол		270	X	
628	Emulphor ON-870	Полиэтиленгликоля октадециловый эфир (№ 306)	0—20	175—200	X, Me	КМ (145/6). См. также № 754
629	Erikote 828	Эпоксидная смола (№ 440)	50	200	X	
—	Erikote 1001	См. Ероп 1001 (№ 630)				
630	Epon 1001 [Shell, США]	Эпоксидная смола (№ 440)	50—100	200—225	X, X <sub>M</sub> , A	Средн. М 900, КМ (145/5)
631	Estynox	Эпокси-пластификатор $CH_3(CH_2)_5CH(OCOCH_3)CH_2CH=CH(CH_2)_7COOC_4H_9$	0	175—200	X	КМ (145/4)
632	Ethofat 60/25	Полиэтиленгликоля моностеарат (№ 304)	50	125—140	Me, T, X, X <sub>M</sub>	КМ (145/6)
633	Ethomeen S/25	Полиоксизтилен — соевый амин		75	X, X <sub>M</sub>	КМ (145/7)
—	F-50	См. Versilube F-50 (№ 921)				
—	F 60	См. DC 560 (№ 594)				

№ п/п	Марки фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
634	FFAP (Free Fatty Acid Phase) [VA, США] Flexol [UC, США]	Полиэтиленгликоль Carbowax 20M, терминированный 2-нитротерефталевой кислотой (№ 307)	50	250—275	X, X <sub>M</sub>	* КМ (145/6). См. также № 562, 863
635	10-10	Ди- <i>n</i> -децилфталат (№ 113)	10—20	125—175	X, X <sub>M</sub> , A	КМ (145/3)
636	380	Бис(2-этилгексил)фталат (№ 52)	—20	160	X, Me	
637	A-26	Бис(2-этилгексил)адипинат (№ 47)		150	Me	КМ (145/3)
638	B-400					КМ <sub>2</sub> (145/15)
639	2GB	Диэтиленгликольдibenзоат (№ 175)		170		
640	3GO	Триэтиленгликольдикаприлат (№ 400)				
641	GPE					КМ (145/15)
642	8N8	Бис [(этилгексаноилокси)этил]этилгексанамид (№ 46)	0	175—200	X, X <sub>M</sub> , A	КМ (145/8)
643	Fluhyzon	Алкил (>C <sub>20</sub> ) нафталин		280—300		
644	Fluorene			150	T, A	
—	Fluoro-Ester	См. Zonyl E-7 (№ 934)				
	Fluorolube [Hooker]					*
645	GR 362	Полихлортрифторэтилен (№ 299)	0	75—100	X, Б, А	КМ (145/2)
646	HG 1200	» (№ 299)	0	200	X, Б, А	КМ (145/2)
647	Oil	» (№ 299)		75—100	X, Б, А	
648	Oil 2000	» (№ 299)		175	X, Б, А	
649	S-20	» (№ 299)			X, Б, А	
650	S-30	» (№ 299)		100	X, Б, А	
651	Fractonitrile II	Этиленгликоль-бис(цианэтоксид)эфир (№ 451)		140	A	Плотн. 1,07
652	Fractonitrile III	Трис(цианэтоксид)пропан (№ 386)	0—20	150—180	Me, X, X <sub>M</sub>	КМ (145/9), плотн. 1,11
653	Fractonitrile VI	Гексакис(цианэтоксид)гексан (№ 80)		150—200	A, T	(Из сорбита). Плотн. 1,18
—	FS-1265	См. QF-1 (№ 831)				

654	Gensil S-2116 [BAPL, Австра- лия]‡	Стеароил (30%) метилсиликон, М 400 000— 650 000	Т <sub>пл</sub> 62		* КМ (145/10)
	Gi Silikon [CWN, ГДР]				
655	Gi 7000FF	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)			
656	Gi 7100FF	» » (№ 219)			
657	Gi 7300F	Метилвинилсиликоновый эластомер (№ 215)			
658	Gi 7500F	Фенилметилсиликоновый эластомер (№ 411)			
659	Hallcomid M-18 [Hall]	Диметилстеарамид (№ 131)	40	150	Me, X, Xm, A КМ (145/8)
660	Hallcomid M-18-OL	Диметилолеиламид (№ 130)	—8	150	Me, X, Xm КМ (145/8)
661	Halocarbon 10-25	Полихлортрифторэтилен (№ 299)	0—20	100	A, X КМ (145/2)
662	14-25	» (№ 299)	0—20	150	A, X Масло
663	25-55	» (№ 299)		200	X, Xm Смазка
664	K-352	» (№ 299)	0	250	Фреон КМ (145/2)
665	Wax	» (№ 299)	50	150—200	X, Xm, A КМ (145/2)
666	Harflex 370	Пропиленгликольсебацнат (№ 316)			X КМ (145/5). См. также № 836
667	Hartwachs RS [BC, ГДР]	Битум (№ 58)		200	X
668	Hercoflex 600				КМ (145/15)
	<b>HI-EFF Polyesters</b> [ASL, США]				* КМ (145/5)
669	<b>HI-EFF-1A</b>	DEGA (№ 172)	20	210	X См. также № 705, 838
670	<b>HI-EFF-1B</b>	DEGS (№ 184)	20	200	X См. также № 767
671	<b>HI-EFF-2A</b>	EGA (№ 450)	100	210	X См. также № 717
672	<b>HI-EFF-2B</b>	EGS (№ 457)	100	200	X См. также № 708
673	HI-EFF-2C	EGSb (№ 456)	100	200	X См. также № 718
674	HI-EFF-2E	EGIP (№ 455)	100	210	X См. также № 711
675	HI-EFF-2G	EGP (№ 460)	100	200	X См. также № 714

№ п/п	Марки фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
676	HI-EFF-3A	NPGA (№ 231)	50	230	X	См. также № 713
677	HI EFF-3B	NPGS (№ 234)	50	230	X	См. также № 722
678	HI-EFF-3C	NPGSb (№ 233)	50	230	X	См. также № 721
679	HI-EFF-4B	BDS (№ 66)	50	230	X	См. также № 710
680	HI-EFF-8A	CHDMA (№ 431)	100	250	X	
681	HI-EFF-8B	CHDMS (№ 432)	100	250	X	См. также № 716
682	HI-EFF-9A	TMCBDA (№ 356)	100	250	X	
683	HI-EFF-9B	TMCBDS (№ 357)	100	250	X	
684	HI-EFF-10B	PDEAS (№ 409)	20	>230	X	
685	Hi Vac [DC, США]	Вакуумная силиконовая смазка (№ 327), содержит 10% SiO <sub>2</sub>		350	T	* КМ (145/10)
686	Histowax	Парафин (№ 260)	$T_{пл} 50-62$			
687	Hyprose SP-80	Октакис(оксипропил)сахароза (№ 255)	0—20	175—225	Me, X, Xm	КМ (145/6), плотн. 1,16—1,18
	Igepal [GAF, США]					*
688	CO-630	Полнэтиленгликоля монотетраметилбутил- фениловый эфир (№ 305), $n = 9$	100	200	Me	КМ (145/6)
689	CO-710					КМ (145/6)
690	CO-730					КМ (145/6)
691	CO-880	Нонилфеноксиполи(этиленокси)этанол (№ 247), $n = 30$	100	200	Me, X, Xm	КМ (145/6)
692	CO-990	То же, $n = 100$	100	200—220	То же	КМ (145/6). См. также № 510
693	Ionox 330			250	Xm	
694	Jenden Phase [ASL, США]	Сукцинамидовый полимер (№ 342) в смеси с силиконом OV-101 (№ 785)	50	200	X	* Выпуск прекра- шен
695	JXR [? ASL, США]	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)	0—50	250—300	X, T	* ПР 13, КМ (145/10)
	Kel-F [MMM, США]	Полихлортрифторэтилен (№ 299):				* Выпуск прекра- шен

696	Oil No. 3	масло	0	50	Me, X, Xm, A	См. также № 924
697	Oil No. 10	масло	20	100	То же	КМ (145/2). См. также № 923
698	90 Grease (Wax)	смазка	20—50	200—220	»	
	Kollidon [BASF, ФРГ]	Поливинилпирролидон (№ 280):				
699	K 15	M ≈ 10 000		225	Me	
700	K 17	M ≈ 11 500				
701	K 25	M 24 000—25 000				
702	K 30	M ≈ 40 000				
703	K 60	M ≈ 160 000				
704	K 90	M ≈ 360 000				
	LAC Polyesters [CIC, США]					
705	LAC-1-R-296	DEGA (№ 172)	20	200	X, Xm, A	КМ (145/5). См. также № 669, 838
706	LAC-2-R-446	DEGA-P (№ 173)	50	200	X, A	КМ (145/5)
707	LAC-3-R-728	DEGS (№ 184)	20	200	X, Xm, A	КМ (145/5). См. также № 670
708	LAC-4-R-886	EGS (№ 457)	100	200	То же	КМ (145/5). См. также № 672
709	LAC-5-R-737	EGGI (№ 452)	50	200	X	
710	LAC-6-R-860	BDS (№ 66)	50	200	X	См. также № 679
711	LAC-7-R-745	EGIP (№ 455)	100	190	X	См. также № 674
712	LAC-8-R-772	EGTCP (№ 459)	120	200	X	
713	LAC-9-R-769	NPGA (№ 231)	50	200	X	См. также № 676
714	LAC-10-R-744	EGP (№ 460)	100	190	X	См. также № 675
715	LAC-11-R-738	DEGGI (№ 174)		200	A	
716	LAC-12-R-796	CHDMS (№ 432)	100	200	X, Me	См. также № 681
717	LAC-13-R-741	EGA (№ 450)	100	190	A	См. также № 671
718	LAC-14-R-743	EGS (№ 456)	100	180	X	См. также № 673
719	LAC-15-R-806	DEGS (№ 183)	80	200	A	
720	LAC-16-R-897	Диэтиленгликоля дистеарат (№ 179)		200	A	
721	LAC-17-R-770	NPGSb (№ 233)	50	180	X	См. также № 678
722	LAC-18-R-767	NPGS (№ 234)	50	200	A, X	См. также № 677

№ п/п	Марки фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
723	LAC-19-R-922	Пропиленгликольфталат (№ 318)		210	X	
724	LAC-20-R-923	Пропиленгликольмалеинат (№ 314)		200	X	
725	LC-1 [LC, США]	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)				
726	Lexap	Поликарбонат дифенилолпропана (№ 283)	220	270	X	
727	LSX-3-0295 (LS 420) [DC, США]	Трифторпропил(50%)винил(1%)метилсиликоновый эластомер (№ 392)	100	250—275	A	
728	Lubrol MO [ICI, Англия]	Полиэтиленгликоль(№ 301)высокомолекулярный	40	160—200	T	
	Lukooil [LB, СССР]					
729	M 100	Метилсиликоновое масло (№ 218)		170—200		Вязк. 100 сСт
730	M 200	» » (№ 218)		170—200		Вязк. 200 сСт
731	M 500	» » (№ 218)		170—200		Вязк. 500 сСт
732	MF	Фенил(25%)метилсиликоновое масло (№ 411)		170—200		
732a	DF	Фенил(50%)метилсиликоновое масло (№ 411)		170—225		
733	X 100	Трихлорфенил(4,1%)метилсиликон (№ 421)				
734	X 200	» (5,5%) » (№ 421)				
735	X 600	» (8,3%) » (№ 421)				
	Lukopren [LB, СССР]					
736	G 1000	Метилвинилсиликоновый эластомер (№ 215)		300		M 350 000— 600 000
737	M-50	Метилсиликоновое масло (№ 218), вязк. 50 сСт				Вязк. 50 сСт
738	Lustrex HF-77	Полистирол (№ 298)		200	T	
739	Lutensol [BASF, ФРГ]	Нонилфеноксиполи(этиленокси)этанол (№ 247), $n \approx 20$			X	KM (145/6)
740	Marlex	Полиэтилен (№ 300)	>100	240	K	См. также № 503
741	Marlophen 87	Гептагликола моноизононилфениловый		150	A, X	

	(M87) [CWH, ФРГ]	эфир (№ 86)				
742	MER-2	Полиглигол (?)	30	250	X	КМ (145/15)
743	MER-21	Полиэтиленгликоль (№ 301), М 6000 (?)	70	200	X	КМ (145/6)
744	MER-35		20	200	X	КМ (145/15)
745	M. F. C. Silicone fluid [H & W, Англия]	Силиконовое масло		250		
	MO Silikon [CWN, ГДР]					
746	MO 50	Метилсиликоновое масло (№ 218)				Вязк. 50 сСт
747	MO 200	» » (№ 218)				Вязк. 200 сСт
748	MO 2 000 000	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)				
	MS Silicones [MS, Англия]					Идентичны сили- конам DC
749	MS 200	Метилсиликоновое масло (№ 218)		200—250	Т, Г	(№ 577 см.) КМ (145/10) Вязк. 50, 100, 200, 350, 1000, 12 500 сСт, КМ (145/10)
750	MS 510	Фенил(5%)метилсиликоновое масло (№ 411)		200—225	Т, Г, А	
751	MS 550	Фенил(25%)метилсиликоновое масло (№ 411)		200—225	Т, Г, А	
752	MS 555	Фенил(≈ 10%)метилсиликоновое масло (№ 411)		200—225	Т, Г, А	
753	MS 710	Фенил(50%)метилсиликоновое масло (№ 411)		200—225	Т, Г, А	
754	Mulgofen ON-870 [GAF, США]	Полиэтиленгликоля октадециловый эфир (№ 306)	0—20	175—200	X, Me	См. также № 628
755	Narcoil 40	Дионилфталат (№ 140)	20	100—150	X, Хм, А	КМ (145/3)
756	Newpol [Sanyo, Япония]	См. Ucon fluids № 906—917)				Производятся по лицензии от UC (США)



№ п/п	Марки фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
	NG, NM Silikon [CWN, ГДР]					
757	NG 100	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)		300—320		M > 300 000
758	NG 300	Метилвицилсиликоновый эластомер (№ 215)				
759	NM 1-50	Метилсиликоновое масло (№ 218)				Вязк. 50 сСт
760	NM 1-200	» » (№ 218)				Вязк. 100 сСт
761	NM 3-200	Фенил(3,3%)метилсиликоновое (№ 411) масло		160		
762	NM 4-500	Фенил(25%)метилсиликоновое (№ 411) масло		180		
763	NM 5-500	Фенил(33%)метилсиликоновое (№ 411) масло		220		
764	Nonex 63			120	Me	
765	Nonex 68			120	Me	
766	Nonex 76	Полиэтиленгликоль 400 дистеарат (№ 303)				
767	Nujol	Парафиновое масло (№ 261)	20	100—200	T, X, X <sub>M</sub>	KM (145/1)
768	Octoil	Бис(этилгексил)фталат (№ 52)	—20	150—160	Me, X	См. также № 636
769	Octoil S OE Silikon [CWN, ГДР]	Бис(этилгексил)себацинат (№ 49)	0—20	125—150	Me, X, A	KM (145/3)
770	OE 4006	Фенил(75%)метилсиликоновое (№ 411) масло				
771	OE 4007	Фенил(62,5%)метилсиликоновое (№ 411) масло		200		Соответствует № 599
772	OE 4008 D	Фенил(50%)метилсиликоновое (№ 411) масло		180		Соответствует № 598
773	OE 4011	Фенил(33%)метилсиликоновое (№ 411) масло		220		
774	OE 4018	Метилсиликоновое масло (№ 218)				
775	OE 4129	Фенил(25%)метилсиликоновое (№ 411) масло		180		
776	OE 4130	Фенил(3,3%)метилсиликоновое (№ 411) масло				

777	OE 4178	Цианопропил(37,5%)метилсиликоновое мас- ло (№ 427)			250			
778	OE 4910	Цианоэтилметилсиликон (№ 429)						
779	Oronite NI-W				170—200	А, Т	КМ (145/6)	
780	Oronite OD-1	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)			375	Х	*	
781	Oronite polybutene 32	Полибутен (№ 278)		50	200—210	Т, Х, ХМ	КМ (145/1). См. также № 507	
782	Oronite polybutene 128	» (№ 278)		50	200—210	Т, Х, ХМ	КМ (145/1)	
783	OS 124	Бис(феноксифенокс)бензол (№ 41)		0—20	200	Т, Х, Б	КМ (145/4). См. также № 980	
784	OS 138	Бис[(феноксифенокс)фениловый] эфир (№ 42)		0—20	225—250	Т, Х, ХМ	КМ (145/4)	
	<b>OV Silicones [OV, США]</b>							* КМ (145/10—13)
785	<b>OV-1</b>	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)		100	300—350	Х, Т, Г	М (3—4) · 10 <sup>6</sup> , ПР 13	
786	OV-3	Фенил(10%)метилсиликоновое масло (№ 411)		0—20	350	Х, Т, А	М 20 000, вязк. 500 сСт	
787	OV-7	Фенил(20%)метилсиликоновое масло (№ 411)		0—20	350	Х, Т, А	М 10 000, вязк. 500 сСт	
788	OV-11	Фенил(35%)метилсиликоновое масло (№ 411)		0—20	350	Х, Т, А	М 4000, вязк. 1300 сСт	
789	<b>OV-17</b>	Фенил(50%)метилсиликоновое масло (№ 411)		0—20	30 0—375	Х, Т, А	* М 4 000, вязк. 1300 сСт	
790	OV-22	Фенил(65%)метилсиликоновое масло (№ 411)		0—20	300—350	Х, Т, А	М 8 000, вязк. 50 000 сСт	
791	<b>OV-25</b>	Фенил(75%)метилсиликоновое масло (№ 411)		0—20	300—350	Х, Т, А	М 10 000, вязк. 100 000 сСт	
792	OV-61	Фенил(33%)метилсиликоновое масло (№ 411)		0—20	350	Х, Т, А	М 40 000, вязк. 50 000 сСт	
793	<b>OV-101</b>	Метилсиликоновое масло (№ 218)		0—20	350	Х, Т	М 30 000, вязк. 1500 сСт, ПР 13	
794	<b>OV-210</b>	Трифторпропил(50%)метилсиликоновое масло (№ 392)		0—20	275—300	Х, ХМ, А	М 200 000, вязк. 10 000 сСт. См. также № 831, 871	

№ п/п	Марки фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
795	<b>OV-225</b>	Цианопропил(25%)фенил(25%)метилсиликоновое масло (№ 428)	20	250—300	X, A	M 8 000, вязк. 9000 сСт
796	<b>OV-275</b>	Нитрилсиликон		250 (275)	X	
797	Paraplex G-25	Модифицированная алкидная смола (полиэфир)		150	A	KM (145/5)
798	Paraplex G-40					
799	Paraplex U-148					
<b>800</b>	<b>PC-3210 Ultraphase [Pc, США]</b>	Смесь силиконов			Me, X	*
801	<b>Pennwalt 223 (Amine Packing) [Pennw, США]</b>			180—225		*
802	<b>Pentasil 350 [CSI, США]</b>	Поликарборансилоксан (№ 284)	100	350 (370)	X	* KM (145/14). Выпуск прекращен (?)
803	<b>PhaseCarb L [Phase, Англия]</b>	Усовершенствованный Apiezon L (№ 514)		300	X	
804	PhaseCarb P			200	A	*
805	Pluracol P-2010 [MKW]	Простые эфиры поли(оксиэтиленоксипропилен) (№ 294) (?)				KM (145/6)
806—	Pluronic F68,					
811	F88, L35, L81, P65, P85 [MKW]					
812	Pluronic P84 <b>POLY [ASL, США]</b>	Поли(оксиэтиленоксипропилен) (№ 293)		175—200	K, T, A	*
813	POLY-A 101A	Полиамид (№ 277)	50	275—300	X	KM (145/8)
814	POLY-A 103	Полиамид [—CO(CH <sub>2</sub> ) <sub>34</sub> CO(NC <sub>5</sub> H <sub>9</sub> )(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> N)—] <sub>n</sub>	70	275—300	X	KM (145/8)
815	POLY-A 135	Полиамид [—(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (NC <sub>4</sub> H <sub>8</sub> N)(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NHCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CONH—] <sub>n</sub>	70	250 (275)	X	KM (145/8)
816	POLY-I 110	Полиамид (№ 282) [—(NC <sub>10</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> N)(CH <sub>2</sub> ) <sub>36</sub> —] <sub>n</sub> (NC <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )	90—95	275—300	X	KM (145/8)

817	POLY-S 179	Полифениловый эфир—сульфон	200	350 (400)		Среднеполярная фаза
818	Polyglycol 15-200	Простой эфир поли(оксиэтиленоксипропилена) (№ 294) (?)				КМ (145/6)
819	Polyox WSR N-10 [UC, США]	Полиэтиленгликоль (№ 301), М 100 000	$T_{пл} 63-67$			См. также № 953
820	Polysev	Бис(феноксифеноксифенокси)бензол (№ 43)	20	250	T	
821	Polysulfon [UC, США]	Полисульфон	250	>315	X	
822—825	Polytergent B-350, G-300, J-300, J-400	Простые эфиры полиэтиленгликоля (?)				КМ (145/6)
826	PPE-20 [Poly MPE]	Полиметафениловый эфир — 20 колец (№ 286)	125	375 (400)	X	* КМ (145/4)
827	PPE-21	То же, высокомолекулярный (№ 287)	125	375 (400)	X	* КМ (145/4)
	PPG [UC, США]	Полипропиленгликоли (№ 295):				
828	P 425	М 400—450		125—150	Me, X	Плотн. 1,01
829	P 1025	М 975—1075		160	Me, X	Плотн. 1,00
830	P 2025	М 1950—2100		180	Me, X	Плотн. 1,00
831	QF-1 (QF-1-0065; FS 1265) [DC, США]	Трифторпропил (50%) метилсиликоновое масло (№ 392)	—20	220—250	X, Хм, А	Вязк. 300, 1000, 10 000 сСт, КМ (145/12). См. также № 794, 871
832	Quadrol [WCC, США; BASF, ФРГ]	Тетракис(оксипропил)этилендиамин (№ 350)	0—20	150	X, Хм, Me, А	КМ (145/7)
833	Repex 678	Нонилфеноксиполи(этиленокси)этанол (№ 247)		150	Me	КМ (145/6)
	Reolube, Reoplex [C-G, Швейцария]					
834	Reolube DOS	Диоктилсебацинат (№ 143) (?)		150	Me	КМ (145/3)
835	Reolube LT 2700			150	Me	

№ п/п	Марки фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
836	Reoplex 100	Пропиленгликольсебацанат (№ 316)	20—50	150—190	X, A	См. также № 666 КМ (145/5) См. № 669, 705, КМ (145/5)
837	Reoplex 400	Пропиленгликольадипинат (№ 311)	20—50	190—220	X, Xм, A	
838	Resoflex R 296 [CIC, США]	DEGA (№ 172)	20	190	X	
839	Rhodorsil 47V 300 [R-P, Франция]	Силиконовое масло				
840	Rhodorsil 785	Метилвинилсиликон (№ 215)				
841	RTV-503	Силикон		200	Xм, T	
842	SE-30 Ultraphase [Pc, США]	Фаза № 843 — высшего качества	0—50	350	X, T	* Плотн. 0,98
	SE, SF Silicones [GE, США]					См. также № 612—616
843	SE-30	Метилсиликоновый эластомер (№ 219), M (1—2,5) · 10 <sup>6</sup>	0—50	250—300	X, Xм, T	ПР 13, КМ (145/10). См. также № 842, 844
844	SE-30 G. C. Grade	То же, повышенного качества	0—50	300—350	X, Xм, T	* КМ (145/10)
845	SE-30-Polyester	То же, терминированный NPGA (№ 231)		240	X	
846	SE-31	Винил(1%)метилсиликоновый эластомер (№ 215)		300	X, Xм, T	КМ (145/10)
847	SE-33	Винил(1%)метилсиликоновый эластомер (№ 215)		300	X, Xм, T	КМ (145/10)
848	SE-52	Фенил(5%)метилсиликоновый эластомер (№ 411)	50	300	X, Xм, T	ПР 12, КМ (145/11)
849	SE-54	Фенил(5%)винил(1%)метилсиликоновый эластомер	100	300	X, Xм, T	КМ (145/11)
850	SF-96/1000	Фторметилсиликоновое масло	—60	300	X, Xм, T	Вязк. 1000 сСт
851	SF-96/2000	Фторметилсиликоновое масло		250—300	X, Xм, T	ПР 13, КМ (145/12), вязк. 2000 сСт

852	SF-1125	Нитрилсиликоновое масло		200	X, X <sub>M</sub>	
	Silar [SiIar]	См. Apolar (№ 518—520) и ASI (№ 530)				
853	Silikon-Fett [Merck, ФРГ]	Метилсиликоновое масло (№ 218)		250		
854	Silikon-Gummi [Merck, ФРГ]	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)		300—350		
855	Siponate DS-10 [P & G, США]	Додecilбензолсульфонат натрия (№ 193)	0—20	200—225	Me, X, B	KM (145/4)
	SP [Sup, США]					
856	SP-70	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)				Выпуск прекращен
857	SP-216	Полиэфир (нитрил ?)		200		*
858	SP-216-PS	То же, модифицированный H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	20	200		* KM (145/9)
859	SP-222-PS	Полиэфир, модифицированный H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	20	200		* KM (145/9)
860	SP-392	Фенил(55%)метилсиликоновое масло (№ 411)	0	200	X	KM (145/11). Выпуск прекращен
861	SP-400	Хлорфенил(11%)метилсиликоновое масло (№ 421)	0	350	A, X	* KM (145/12), вязк. 75 сСт
862	SP-525	Углеводород (ароматический полимер)	60	275—330	X	* KM (145/1)
863	SP-1000	Полиэтиленгликоль 20M, терминированный 2-нитротерефталевой кислотой (№ 307)	50	275	X	* Средн. M 20 000, KM (145/6)
864	SP-1200	Сложный эфир	25	175—200	X	* KM (145/4)
865	SP-2100	Метилсиликоновое масло (№ 218)	0	350	X	IP 13, KM (145/10), вязк. 600 сСт
866	SP-2250	Фенил(50%)метилсиликоновое масло (№ 411)	0	375	X, T	* KM (145/11)
867	SP-2300	Цианопропил(50%)фенилсиликон (№ 428)	0	>275	X, A	KM (145/13). Соответствует № 530
868	SP-2310	Цианопропилсиликон (№ 427)	0	>275	X, A	KM (145/13). Соответствует № 518
869	SP-2330	» (№ 427)	0	275	X, A	KM (145/13). Соответствует № 519
870	SP-2340	» (№ 427)	0	275	X, A	KM (145/13). Соответствует № 520
871	SP-2401	Трифторпропил(50%)метилсиликоновое масло (№ 392)	0	>275	A	KM (145/5), вязк. 700 сСт. См. также № 794

№ п/п	Марки фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
872	Span 60 [AtI, США]	Сорбитана моностеарат (№ 334)	$T_{пл}$ 53	150	Me, T, X <sub>M</sub>	КМ (145/4)
873	Span 80	Сорбитана моноолеат (№ 333)	20	150	Me, T, X, X <sub>M</sub>	КМ (145/4), вязк. 1000 сСт. См. также № 531
874	SR 119 [GE, США]	Силиконовая смола				КМ (145/11)
875	STAP (Steroid Analysis Phase) [VA, США]	Модифицированный Carbowax 20M (№ 553)	50—100	225—255	X, A	КМ (145/6)
876	Stepan DS-60				Б	* КМ (145/4)
877	Sulframin 85	Алкилбензолсульфонат (ПАВ)		225		См. также № 855
878	Surfonic N-300	Нонилфеноксиполи(этиленокси)этанол (№ 247)	100	150	Me, T, A	* КМ (145/6)
879	Surfonic TD-300	Тридеканолполиэтиленоксид (№ 370)			Me, T	* См. также № 887
880	Tergitol NP-35 [UC, США]	Нонилфеноксиполи(этиленокси)этанол (№ 247)	50	175—200	X, X <sub>M</sub>	*
881	Tergitol NPX 728	То же	10—20	175—200	X, X <sub>M</sub> , Me	* КМ (145/6)
882	Thanol PPG 1000	Полипропиленгликоль (№ 295), M 1000				КМ (145/6)
883	Thermol-1	Силиконовое масло		280		
884	Thermol-2	То же		250		
885	Thermol-3	»		300		
886	TLC 200 Silicone	Метилсиликон				
887	Tridox [LB, СССР]	Тридеканолполиэтиленоксид (№ 370)		200—220	Me, T	См. также № 879
888	Trimer Acid (Empol 1040) [Emery, США]	Трехосновная кислота C <sub>54</sub>	0—20	150—200	Me, X, X <sub>M</sub>	КМ (145/15)
	Triton [R & H, США]					*
889	QS-15	Полиэтиленгликоля моно(тетраметилбутил)фениловый эфир (№ 305)		190	Me	

890	<b>X-100</b>	То же, $n = 10$ (M 647)	0—20	190—200	Me	ПР 3, КМ (145/6) КМ (145/6) КМ (145/15)
891	<b>X-305</b>	То же, $n = 30$ (M 1530)	0—20	200—250	Me, A	
892, 893	X-200, X-400					
894	<b>Tween 61 [Atl, США]</b>	Полиоксэтилен(4)сорбитанмоностеарат (№ 290)	$T_{пл}$ 38	125—150	T, X, A	
895	<b>Tween 80</b>	Полиоксэтилен(20)сорбитанмоноолеат (№ 289)	0—20	150—160	Me, X, X <sub>M</sub>	КМ (145/6), влжк. 425 сСт, плотн. 1,08
	<b>UC Silicones [UC, США]</b>					
896	UC L-45	Метилсиликоновое масло (№ 218)	20—50	300	T, X	ПР 13, КМ (145/10) ПР 13, КМ (145/10)
897	UC L-46	» » (№ 218)		250	T	
898	UC L-525	Фенилметилсиликоновое масло (№ 411)		200	T	
899	UC L-525 — Sorbitol	Смесь (1 : 1) силиконового масла (№ 898) с сорбитом (№ 331)		150	X <sub>M</sub> , Me	
900	UC W-95	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)				
901	UC W-950	» » (№ 219)				
902	UC W-96	Винил(1%)метилсиликоновое масло (№ 215)		300	X, T	Плотн. 0,96 Плотн. 0,96 Плотн. 0,98 КМ (145/10) * КМ (145/6). См. также № 756
903	<b>UC W-960</b>	» (1%) » » (№ 215)				
904	<b>UC W-98</b>	» (1%)метилсиликоновый эластомер	100	>300	X, T	
905	<b>UC W-982</b>	» (0,15%)метилсиликоновый эластомер	0	250—300	X, X <sub>M</sub> , T	
	<b>Ucon Fluids [UC, США]</b>					
906	50-HB-280X		0—20	200	Me, X, X <sub>M</sub>	
907	-660	Поли(оксэтиленоксипропилена)простые моноэфирры (№ 294)	0—20	200	То же	
908	-1800X		0—20	200	»	
909	-2000		0—20	200	»	
910	-3520		0—20	200	»	
911	-5100		0—20	200	»	
912	75-H-90.000	Поли(оксэтиленоксипропилен)гликоль (№ 293)	20	200	Me	



№ п/п	Марки фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
913	LB-135	Полиоксипропиленгликоля простые моноэфиры (№ 288)	0—20	200	Me, X	
914	LB-550X		0—20	200	Me, X	
915	LB-1200X		0—20	200	Me, X	
916	LB-1715		0—20	200	Me, X	
917	LB-1800X		0—20	200	Me, X	
	Versamid [GM, США]					*
918	900	Полиамид линейный (№ 277)	190	250—300	X + Me (85 : 15)	M 1000—8000 KM (145/8)
919	930	» » (№ 277)	115	250—300		
920	940	» » (№ 277)	115	200—250		
921	Versilube F-50 [GE, США]	Трихлорфенил(10%)метилсиликоновое масло		250—300	X, Хм, Т	KM (145/12), вязк. 50 сСг
922	Viton [duP, США]	Синтетический фторкаучук		>300	2-Бутанол	
	Voltalef [UK]	Полихлортрифторэтилен (№ 299):				* Производятся по лицензии от МММ (США)
923	90	смазка	50	200	Me, X, Хм, А	Аналог № 698
924	3S	масло	0	50	То же	Аналог № 696
	XE, XF Silicones [GE, США]					
925	XE-60	Цианоэтил(25%)метилсиликоновый эластомер (№ 429)	20	250—275	X, Хм, А	ПР 52, KM (145/13)
926	XE-61	Фенил(33%)нитрилсиликоновый эластомер		350	А	KM (145/11)
927	XF-1105	Цианоэтил(5%)метилсиликоновое масло (№ 429)		200	X, Хм, А	Выпуск прекращен
928	XF-1112	Цианоэтил(12%)метилсиликоновое масло (№ 429)	—40	150—200	X, Хм, А	

929	XF-1125	Цианоэтил(25%)метилсиликоновое масло (№ 429)	200	X, Xм, А	ПР 52, КМ (145/13)
930	XF-1130	Цианоэтил(30%)метилсиликоновое масло (№ 429)	200	X, Xм, А	
931	XF-1135	Цианоэтил(35%)метилсиликоновое масло (№ 429)	200	X, Xм, А	
932	XF-1150	Цианоэтил(50%)метилсиликоновое масло (№ 429)	200	X, Xм, А	КМ (145/13)
933	XF-1165	Цианоэтил(65%)метилсиликоновое масло (№ 429)	200	X, Xм, А	
934	Zonyl E-7 [duP, США]	Сложный эфир пиромеллитовой кислоты и тригидрофторалкоголя, $C_6H_2[COOCH_2(CF_2)_nH]_4$	200—250	X, Xм, А	ПАВ, КМ (145/4)
935	Zonyl E-91	Фторалкиловый эфир камфорной кислоты, $(C_8H_{14})[COOCH_2(CF_2)_nH]_2$	200	X	ПАВ, КМ (145/4)
936	Zytel [duP, США]	Полиамид (№ 277)		HCOOH	*
	Неподвижные фазы для ГЖХ [Реахим, СССР]				
937	Бентон-245	Монтмориллонита диметиалкилбензол-аммониевое производное			* Сходен с № 535
938	ВКЖ-94	Этилсиликоновое масло (№ 463)	150	Э	М 780, ПР 9, вязк. 16—33 сСт, плотн. 0,95
939	ВНИИ НП 300 А	Аналог Arizeon L (№ 514)			
940	НПС-50	Цианоэтил(25%)метилсиликоновое масло (№ 429)	200—250	А	М 1200, ПР 37, вязк. 350 сСт
941	НПС-100	Цианоэтил(50%)метилсиликоновое масло (№ 429)	180	А	М 1290, ПР 62, вязк. 1340 сСт
942	НСКТ-25	Цианоэтил(12,5%)метилсиликоновый эластомер	250—300	Me, А, Эа	* ПР 38
943	НСКТ-33	Цианоэтил(16,7%)метилсиликоновое масло	250—300	Me, А, Эа	* ПР 43
944	НСКТ-50	» (25%)метилсиликоновое масло	250—300	Me, А, Эа	* М 1200, ПР 53, вязк. 350 сСт
945	НСКТ-100	» (50%) » »	250—300	Me, А, Эа	* М 1300, ПР 71, вязк. 1340 сСт
946	НФС-100	Трифторпропил(50%)метилсиликон (№ 392)	340—350	А, Эа	ПР 35

№ п/п	Марки фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
947	ПМС-100	Метилсиликоновое масло (№ 218)		200—250	Э	М 5000, ПР 9, КМ (145/10), вязк. 100 сСт
948	ПМС-200	» » (№ 218)				ПР 9, вязк. 200 сСт, плотн. 0,97
949	ПМС-400	» » (№ 218)				М 780, ПР 9, вязк. 400 сСт, плотн. 0,98
950	ПМС-500	» » (№ 218)				Вязк. 500 сСт
951	ПМС-1000	» » (№ 218)				Вязк. 1000 сСт
952	ПМС-30000	» » (№ 218)				Вязк. 30 000 сСт
953	Полиокс-100	Полиэтиленгликоль (№ 301) высокомолекулярный				См. также № 819
954	ПФМС-2	Фенил(низк.)метилсиликоновое масло (№ 411)			Э	М 400 000— 650 000
955	ПФМС-4	Фенил(50%)метилсиликоновое масло (№ 411)			Э	М 1500, ПР 24, вязк. 500— 1000 сСт
956	ПФМС-6	Фенил(>50%)метилсиликоновое масло (№ 411)			Э	М 2000, ПР 33, вязк. 45 сСт
957	СКСВ (Т)	Метилсиликоновый эластомер (№ 219)				ПР 8
958	СКТ	» » (№ 219)		350	Э, Т, Г	М 400 000— 650 000, ПР 7

959	СКТ фенокси	Фенокси(13%)метилсиликон (№ 416)	400		
960	СКТА-1	Фенил(29%)метилсиликоновое масло (№ 411)	400	Т	ПР 21, плотн. 1,09
961	СКТВ	Винил(0,04%)метилсиликоновый эластомер (№ 215)	350	Э, Т, Г	М 400 000— 650 000, ПР 6— 8
962	СКТВ-1	Винил (0,18%)метилсиликоновый эластомер (№ 215)	350	Э, Т, Г	М 400 000— 650 000, ПР 6— 8
963	СКТН	Метилсиликоновое масло (№ 218)	350	Э, Т, Г	
964	СКТНФТ-50	Фенил(25%)метилсиликон (№ 411)			ПР 15
965	СКТФ-100	» (50%) » (№ 411)		Т	Эластомер, М 140 000— 680 000, ПР 36
966	СКТФВ-803	Фенил(4%)винил (0,15%)метилсиликоновый эластомер	320—330	Т, Г, Б	М 160 000— 370 000, ПР 10
967	СКТФТ-25	Трифторпропил (12,5%)метилсиликон (№ 392)	350	А	Эластомер, ПР 15
968	СКТФТ-33	Трифторпропил (16,7%)метилсиликон (№ 392)	350—400	А, Эа	
969	СКТФТ-50	Трифторпропил (25%)метилсиликон (№ 392)	350—400	А, Эа	Масло, ПР 21, плотн. 1,15
970	СКТФТ-50-Х	» » (№ 392)	450	А, Эа	Эластомер, ПР 21
971	СКТФТ-75	Трифторпропил(37,5%)метилсиликон (№ 392)	350	А, Эа	Эластомер, ПР 35
972	СКТФТ-100	Трифторпропил(50%)метилсиликон (№ 392)	350—400	А, Эа	Эластомер, ПР 35
973	СКТФТ-100-Х	» (50%) » (№ 392)	350	А, Эа	

№ п/п	Марки фаз (и фирма-изготовитель)	Химическое название или состав	Пределы рабочей температуры, °С		Растворители	Примечания (*: см. также прим. в конце табл.)
			мин	макс		
974	СКТЭ тип А	Этил(8%)метилсиликоновый эластомер (№ 463)		270—280	Э, Т	М 100 000— 800 000
975	ФМ-6	Фенил(низк.)метилсиликон (№ 411)				
976	ФС-5/260	Трифторпропилметилсиликоновое масло (№ 392)		220	Э	М 2400
977	ФС-16	То же		150	Э	М 980, ПР 26, вязк. 35 сСт, плотн. 1,21
978	ФС-169	»		250	Э	М 1610, ПР 17, вязк. 55 сСт, плотн. 1,11
979	ФС-303	»		200	Э	М 2420, ПР 42, вязк. 1000 сСт, плотн. 1,33
980	5Ф4Э	Бис(феноксифенокси)бензол (№ 41)		280—300	Б, Т	См. также № 783
981	ХС-2-1	Хлорфенилметилсиликоновое масло (№ 421)		200		

**Примечания. 505, 506.** Для разделения аминов и амидов. Применяют также в виде добавок к фазам (0,1—0,2%) для деактивации поверхности носителей и капиллярных колонок. **518—520.** Высокополярные фазы, способны разделять метиловые эфиры цис, транс-изомеров высших жирных кислот или жирных кислот с различной степенью ненасыщенности. **535.** Зернение около 75 мкм, влажность до 3%. См. также прим. к № 225. **537—554.** Полярность убывает в небольшой степени с ростом мол. массы. **555—561.** См. прим. к № 304—306. **562, 564.** Применяют для разделения свободных жирных кислот ( $C_6$  и выше). **576.** См. прим. к № 327. **580.** Особенно рекомендуется для анализа хлорорганических пестицидов. **591.** Для разделения летучих жирных кислот. **602.** Добавка фосфорной кислоты улучшает термическую стойкость фазы и снижает размывание пиков. **603.** См. прим. к № 284. По разделительной способности близок к № 786. Неустойчив к действию сильных оснований. Верхний температурный предел указан для работы на несилонизированных носителях, в случае силонизированных носителей температура не должна превышать

шать 350—400 °С. 608. См. прим. к № 327. 609—611. См. прим. к № 304—306. 624. См. прим. к № 602. 634. См. прим. к № 562. 645—650. См. прим. к № 299. 654. Применяли для разделения сложных эфиров и других производных гликолей (Ashes J. R., Haken J. K., J. Chromatog., 1971, v. 60, No. 1, p. 33—44; v. 62, No. 1, p. 39—45; Haken J. K., Khamangkorn V., J. Chromatog. Sci., 1972, v. 10, No. 1, p. 41—47). 669—684. Полиэфирные фазы высокого качества, синтезируют без использования катализаторов. Фазы высшего сорта обозначают дополнительным индексом «Р» (pretested — подвергнутые специальным испытаниям). 685. См. прим. к № 327. 688—692. См. прим. к № 304—306. 694. Для разделения биогенных аминов (Jenden D. J. et al., Anal. Chem., 1968, v. 40, No. 1, p. 125—128; Hanin I., Jenden D. J., Biochem. Pharmacol., 1969, v. 18, No. 4, p. 837—845; Jenden D. J. et al., Anal. Biochem., 1970, v. 35, No. 1, p. 209—211). 695. По качеству уступает фазам типа 785 и 843. 696—698. См. прим. к № 299. 780. Приблизительно равнозначен фазам № 785 и 843. 785—796. Силиконы высшего качества, по термической стойкости обычно превосходят другие силиконы аналогичного состава. 789. Широко используют для анализа стероидов, алкалоидов, барбитуратов и тому подобных веществ. 796. Наиболее полярная из высокотемпературных фаз. Рекомендуется использовать на несилеконизированных носителях (см. прим. к № 867—870). 800. Высокоэффективная ультрачистая фаза, предназначенная специально для токсикологических анализов (барбитураты, амфетамины и т. п.). Поставляют только в виде готовых наборов (на носителе). 801. Специальная высокоэффективная фаза для разделения аминов, по разделительной способности превосходит фазу № 609. Амины со свободными карбоксильными или фенольными группами не разделяются, их необходимо блокировать посредством образования TMS- или метиловых эфиров. Поставляют только в составе готовых наборов: 28 или 10% фазы + 4% KOH на носителе Gas-Chrom R. 802. См. прим. к № 284. Лит.: Novotny M. et al., Anal. Chem., 1972, v. 44, No. 1, p. 9—13. 804. Высокополярная фаза. 813—815. См. прим. к № 277. Обладают лучшей смачивающей способностью и повышенной термической устойчивостью по сравнению с фазами № 918—920 (Mathews R. G. et al., J. Chromatog. Sci., 1970, v. 8, No. 9, p. 508—512.) 816. См. прим. к № 282. 826. Для разделения кислот соединений (Veeson J. H., Pesaar R. E., Anal. Chem., 1969, v. 41, No. 12, p. 1678—1682). 827. По разделительным свойствам идентичен № 826; рекомендован для разделения нейтральных веществ. 842, 844. Сорта повышенного качества, с более высокой термической стойкостью (сравнимы с № 785). 855. В смеси с фазой № 848 (в соотношении 4 : 10) на стеклянном носителе показана высокая эффективность при разделении изомерных соединений — бензиленов, сложных эфиров и др. (Zossolillo L., Salomoni F., J. Chromatog., 1975, v. 106, No. 1, p. 103—108). 857. Применяют для анализа жирных кислот (C<sub>6</sub> и выше) и их эфиров. 858, 859. Высокополярные фазы для разделения высших жирных кислот в свободном виде или в виде их метиловых эфиров. Поставляют только в составе готовых наборов на носителе. Добавка фосфорной кислоты улучшает термическую стойкость фаз и уменьшает размывание пиков (см. также № 602 и 624). 861. По термической стойкости и разделительной способности превосходит аналогичную фазу № 594. 862. Для анализа желчных кислот. 863. См. прим. к № 562; термическая стойкость выше, чем у фазы № 634. 864. Слабополярная фаза для разделения свободных жирных кислот C<sub>2</sub>—C<sub>5</sub> (Ottenstein D. M., Bartley D. A., Anal. Chem., 1971, v. 43, No. 7, p. 952—955; I dem, J. Chromatog. Sci., 1971, v. 9, No 11, p. 673—681). 866. По термической стойкости превосходит фазу № 789. 867—870. Рекомендуется наносить на носитель 5—10% фазы. Сильнополярные силиконы № 869, 870 дают лучшие результаты при нанесении на несилеконизированные носители (из-за трудностей получения равномерного покрытия на силанизированной поверхности). Фаза № 870 пригодна для разделения изомеров положения и цис, транс-изомеров. 871. По сравнению с аналогичными фазами № 794 и 831 отличается меньшей вязкостью и большей термической стойкостью. 876. По хроматографическим свойствам сходен с фазой № 855. 878—881, 889—891. См. прим. к № 304—306. 906—912. Полярные, растворимые в воде жидкости. Второе число марки обозначает вязкость по Сейболту. 913—917. Неполярные, нерастворимые в воде жидкости. Цифровое обозначение фаз указывает на вязкость по Сейболту. 918—920. См. прим. к № 813—815. 923, 924. См. прим. к № 299. 936. См. прим. к № 277. 937. См. прим. к № 225. 942—945. Могут быть цианопропил-группы вместо цианоэтил-групп.

## 145. Константы Мак-Рейнолдса

Константы Мак-Рейнолдса дают наиболее полную характеристику селективности неподвижных фаз для ГЖХ. Константы определяют по разнице индексов удерживания вещества на колонке с данной фазой и на колонке с фазой сравнения — скваланом:  $\Delta I = RI_x - RI_{\text{сквала}}$ . Последний выбран как наименее полярная из фаз. Индексы удерживания (по Ковачу) рассчитывают относительно нормальных парафинов, для которых принято  $RI = 100$  С (С — число атомов углерода в молекуле). Например вещество, выходящее из колонки между *n*-гексаном ( $C_6$ ) и *n*-гептаном ( $C_7$ ), будет иметь индекс удерживания между 600 и 700. Значение индекса удерживания для данного вещества и на данной неподвижной фазе не зависит от условий хроматографирования.

Хроматографические свойства неподвижных фаз испытывают по 10 стандартам, отобраным Мак-Рейнолдсом с учетом удобства определения. Каждая из констант, таким образом, характеризует селективность фаз по отношению к веществам определенной химической специфичности, представляемой стандартом:

Константа	Стандарт	Классы веществ, характеризуемые данной константой
$\Delta I_1$	Бензол	Ароматические соединения, олефины
$\Delta I_2$	Бутанол-1	Спирты, нитрилы, кислоты, алкилхлориды
$\Delta I_3$	2-Пентанон (метилпропилкетон)	Кетоны, простые и сложные эфиры, альдегиды, эпокси соединения, диметиламинопроизводные
$\Delta I_4$	1-Нитропропан	Нитропроизводные, нитрилы
$\Delta I_5$	Пиридин	Гетероциклические азосодержащие вещества
$\Delta I_6$	2-Метил-2-пентанол	Разветвленные вещества (особенно спирты)
$\Delta I_7$	1-Иодобутан	Галогенсодержащие вещества
$\Delta I_8$	2-Октин	Ацетиленовые соединения
$\Delta I_9$	1,4-Диоксан	Простые эфиры, многоатомные спирты
$\Delta I_{10}$	<i>цис</i> -Гидриндан	Полициклические соединения, стероиды

Чем выше значения констант Мак-Рейнолдса, тем более выражена селективность фазы к веществам соответствующих классов, и тем прочнее такие вещества будут удерживаться на колонке. Наоборот, при малых значениях констант Мак-Рейнолдса, хроматографируемые вещества будут выходить из колонки быстрее. Селективность неподвижных фаз по отношению, например, к метиловым эфирам ненасыщенных жирных кислот характеризуется константами (3) и (1).

Метод оценки неподвижных фаз по константам пятичленного уравнения впервые предложен Роршайндером, а затем усовершенствован Мак-Рейнолдсом, который несколько изменил и расширил набор стандартных веществ. Роршайндер использовал в качестве стандартов бензол, этанол, метилэтилкетон, нитрометан и пиридин, которым соответствуют первые пять стандартов Мак-Рейнолдса. Кроме того, Мак-Рейнолдс предложил проводить испытания при 120 °С вместо 100 °С.

В ряде случаев константы Мак-Рейнолдса позволяют априори выявить идентичность некоторых фаз, имеющих различное обозначение. Таким образом, становится возможно значительно сократить число испытаний при экспериментальном подборе условий разделения, а также сократить необходимый в исследовательской лаборатории набор неподвижных фаз. Об идентичности фаз по разделительной способности свидетельствует равенство соответствующих констант Мак-Рейнолдса. Совпадение всех констант говорит о полной взаимозаменяемости фаз; предпочтение в таких случаях отдается фазе с большей термической стойкостью.

Лит.: Kováts E., *Helv. Chim. Acta*, 1958, v. 41, No. 7, p. 1915—1932; Rohrschneider L., *J. Chromatog.*, 1966, v. 22, No. 1, p. 6—22; Supina W. R., Rose L. P., *J. Chromatog. Sci.*, 1970, v. 8, No. 4, p. 214—217; McReynolds W. O., *Ibid.*, No. 12, p. 685—691; Hacken J. K., *J. Chromatog.*, 1972, v. 73, No. 2, p. 419—448; Supina W. R., *Chromatog. Newsl. (Perkin Elmer Corp.)*, 1973, v. 2, No. 1, p. 10—12.

Неподвижные фазы	Константы Мак-Рейнолдса									
	$\Delta I_1$	$\Delta I_2$	$\Delta I_3$	$\Delta I_4$	$\Delta I_5$	$\Delta I_6$	$\Delta I_7$	$\Delta I_8$	$\Delta I_9$	$\Delta I_{10}$
<b>1. Углеводороды</b>										
Сквалан ( <i>R/I</i> )	(653)	(590)	(627)	(652)	(699)	(690)	(818)	(841)	(654)	(1006)
$\Delta I$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0
Гексатриаконтан	12	2	—3	1	11	0	10	2	5	8
Парафиновое масло	11	6	2	7	13	2	12	2	9	9
Nujol	9	5	2	6	11	2	9	2	6	6
Нефть	10	5	3	7	13	3	11	2	9	7
Sonvoil 20	14	14	8	17	21	10	15	5	14	10
Битум	19	58	14	21	47	21	16	5	21	10
Oronite Polybutene 32	21	29	24	42	40	18	24	8	40	24
Oronite Polybutene 128	25	26	25	41	42	14	29	8	43	33
Castorwax	108	265	175	229	246	202	105	73	196	49
Сквален	152	341	238	329	344	248	140	101	265	64
SP-525	225	255	253	368	320	190				
Apiezon M	31	22	15	30	40	12	32	10	28	29
Apiezon L	32	22	15	32	42	13	35	11	31	33
	35	28	19	37	47	16	36	11	33	33
Apiezon J	38	3	27	49	57	23	42	15	42	35
Apiezon N	38	40	28	52	58	25	41	15	43	35
Apiezon H	59	86	81	151	129	46	53	23	81	37
Apiezon W	82	135	99	155	154	90	93	42	109	59
<b>2. Галогенированные углеводороды</b>										
Halocarbon 10-25	47	70	108	133	111	70				
Halocarbon K-352	47	70	73	238	146	120				
Fluorolube HG 1200	51	68	114	144	118	68	12	53	104	3
Fluorolube GR 362	51									
Kel-F Wax	55	67	114	143	116	73	16	57	109	4
Halocarbon Wax	55	71	116	143	123	70	16	57	110	4
Arcochlor 1254	127				204					
<b>3. Диэферы</b>										
Бис(2-этилгексил)-адипинат (Flelol A-26)	76	181	121	197	134	144	71	55	119	9
Динзооктиладипинат	78	187	126	204	140	148	72	59	126	8
Динзонониладипинат	73	174	116	189	129	137	68	54	116	10
Октилдециладипинат	79	179	119	193	134	141	72	57	119	10



Неподвижные фазы	Константы Мак-Рейнолдса									
	$\Delta I_1$	$\Delta I_2$	$\Delta I_3$	$\Delta I_4$	$\Delta I_5$	$\Delta I_6$	$\Delta I_7$	$\Delta I_8$	$\Delta I_9$	$\Delta I_{10}$
Динизодциладипи- нат	71	171	113	185	128	134	67	52	114	11
Бис(2-бутоксиптил)- адипинат	137	278	198	300	235	216	118	104	205	28
Диоктилсебацинат	72	168	108	180	123	132	68	49	106	10
Бис(2-этилгексил)- себацинат	72	168	108	180	125	132	68	49	107	11
Octoil S	72	167	107	179	123	132	68	49	106	11
Динонилсебацинат	66	166	107	178	118	130	62	50	106	8
Бис(2-этоксиптил)- себацинат	151	306	211	320	274	238	129	110	224	36
Дибутилфталат	130				227					
Дициклогексил- фталат	146	257	206	316	245	196	144	104	204	58
Бутилоктилфталат	97	194	157	246	174	149	96	69	147	27
Диоктилфталат	92	186	150	236	167	143	92	66	140	25
	96	188	150	236	172	144	92	68	142	27
Динзоогилфталат	94	193	154	243	174	149	92	69	147	24
Бис(2-этилгексил)- фталат	92	186	150	236	167	143	92	66	140	26
То же (?)	135	254	213	320	235	200	126	101	202	38
Бис(2-этилгексил)- тетрахлорфталат	109	132	113	171	168	104	75	45	137	34
Динонилфталат	112	150	123	168	181	110				
Дидецилфталат	83	183	147	231	159	141	82	65	138	18
Дидецилфталат	136	255	213	320	235	201	126	101	202	38
Динзодецилфталат	84	173	137	218	155	133	83	59	130	24
Дидодецилфталат	79	158	120	192	158	120	79	52	116	26
Дитридецилфталат	75	156	122	195	140	119	76	51	115	25
Бис(2-этоксиптил)- фталат	214	375	305	446	364	290	190	159	312	79
Бис(этоксиптил)- фталат	233	408	317	470	389	309	207	170	337	92
Бис(2-бутоксиптил)- фталат	151	282	227	338	267	217	138	112	225	48
	157	292	233	348	272	222	143	117	233	50
<b>4. Сложные эфиры</b>										
Пчелиный воск	43	110	61	88	122	86	41	24	73	18
Бутилстеарат	41	109	65	112	71	85	37	29	61	-1
Бутоксиптилстеарат	56	135	83	136	97	102	49	40	81	5
Диэтиленгликоль- дистеарат	64	193	106	143	191	147	57	41	121	20
Стеарат цинка	61	231	59	98	544	98	50	29	78	33
Celanese Ester No. 9 (триметилпро- пана трипелар- гонат)	84	182	122	197	143	143	77	55	127	18
Srap 60 (сорбита- на монстеарат)	88	263	158	200	258	201	82	55	180	37
Srap 80 (сорбитана моноолеат)	97	266	170	216	268	207	94	66	191	41
Сахарозоацети- зобутират (SAIB)	172	330	251	378	295	264	147	128	276	54

Неподвижные фазы	Константы Мак-Рейнолдса									
	$\Delta I_1$	$\Delta I_2$	$\Delta I_3$	$\Delta I_4$	$\Delta I_5$	$\Delta I_6$	$\Delta I_7$	$\Delta I_8$	$\Delta I_9$	$\Delta I_{10}$
Сахарозооктаацетат	344	570	461	671	569	457	292	251	546	152
Сорбита гексаацетат	335	553	449	652	543	446	273	247	521	131
Ацетилтрибутилцитрат	135	268	202	314	233	214	112	102	207	26
Citroflex A-4 (то же)	136				233					
Трибутилцитрат	135	286	213	324	262	226	119	102	229	29
Три(этилгексил)-фосфат	71	288	117	215	132	225	71	47	103	7
Три(бутоксиптил)-фосфат	141	373	209	341	274	285	126	104	204	31
Трикрезилфосфат	176	321	250	374	299	242	169	131	254	76
Крезилдифенилфосфат	199	351	285	413	336	266	190	153	292	88
Sironate DS-10 (додецилбензолсульфонат)	99	569	320	344	388	466	114	61	437	63
Stepan DS-60	97	550	303	338	402	440	111	60	418	61
Полиметафениловые эфиры:										
OS 124	176	227	224	306	283	177	169	135	266	103
OS 138	182	233	228	313	293	181	176	136	273	112
PPE-20	257	355	348	433		270				
PPE-21	232	350	398	413		350				
Zonyl E-7	223	359	468	549	465	338	146	137	469	62
Zonyl E-91	130	250	320	377	293	235	81	95	295	10
Estynox	136	257	182	285	227	202	130	86	194	52
SP-1200	67	170	103	203	166	166	145			
<b>5. Полиэфиры</b>										
Этиленгликольадипинат (EGA)	371	579	454	655	633	466	323	248	550	175
	372	577	455	658	619	463	325	250	548	177
	372	576	453	655	617	462	325	250	546	177
Диэтиленгликольадипинат (DEGA)	377	601	458	663	655	477	328	253	551	177
	378	603	460	665	658	479	329	254	554	176
Диэтиленгликольадипинат, сшитый пентаэритритом (DEGA-P)	387	616	471	679	667	489	339	257	567	186
Пропиленгликольадипинат (PGA), Reoplex 400	364	619	449	647	671	482	317	245	540	171
Неопентилгликольадипинат (NPGA)	234	425	312	462	438	339	210	157	362	103
	232	421	311	461	424	335	208	156	357	103
Этиленгликольсукцинат (EGS)	536	775	636	897	864	622	450	347	783	259
	537	787	643	903	889	633	452	348	795	259

Неподвижные фазы	Константы Мак-Рейнолдса									
	$\Delta I_1$	$\Delta I_2$	$\Delta I_3$	$\Delta I_4$	$\Delta I_5$	$\Delta I_6$	$\Delta I_7$	$\Delta I_8$	$\Delta I_9$	$\Delta I_{10}$
Диэтиленгликоль-сукцинат (DEGS)	470	705	558	788	779	556	393	301	677	215
	492	733	581	833	791	579	418	321	705	237
	496	746	590	837	835	594	420	325	718	238
	499	751	593	840	860	595	422	323	725	240
	502	755	597	849	852	599	427	329	726	234
Бутадиолсукцинат (BDS)	370	571	448	657	611	457	324	242	533	178
	369	591	457	661	629	476	325	243	544	177
Неопентилгликольсукцинат (NPGS)	272	467	365	539	472	371	243	184	419	124
	272	469	366	539	474	371	243	184	419	124
	275	472	367	543	489	374	245	186	423	127
Циклогександиметанолсукцинат (CHDMS)	269	446	328	493	481	351	248	176	394	124
	271	444	330	498	463	346	252	175	396	127
Фенилдиэтанол-аминсукцинат (PDEAS)	386	555	472	674	654	437	362	242	562	213
Неопентилгликольсебацинат (NPGSb)	172	327	225	344	326	257	156	109	257	73
Пропиленгликольсебацинат (PGSb)	196	345	251	381	328	271	176	129	285	83
Harflex 370	193				327					
Этиленгликоль-о-фталат (EGP)	453	697	602	816	872	560	419	306	699	260
Этиленгликоль-изофталат (EGIP)	326	508	425	607	561	400	299	213	498	168
Неопентилгликольизофталат (NPGIP)	207				377					
Этиленгликоль-тетрахлорфталат (EGTCP)	307	345	318	428	466	265				
Epon 1001	284	489	406	539	601	378	291	207	502	187
Paraplex G-25	189	328	239	368	312	257	169	124	271	79
Paraplex G-40	282	459	355	528	457	364	247	193	414	125
<b>6. Полиолы</b>										
Диглицерин	371	826	560	676	854	608	245	141	724	36
Carbowax 600	350	631	428	632	605	472	308	240	503	162
Carbowax 1000	347	607	418	626	589	449	306	240	493	161
Carbowax 1500	347	607	418	626	589	449				
Carbowax 1540	371	639	453	666	641	479	325	255	534	172
Carbowax 4000	325	551	375	582	520	399	285	224	443	148
	317	545	378	578	521	400				
Carbowax 6000	322	540	369	577	512	390	282	222	437	147
MER-21	322	541	370	575	512	392	283	222	438	149
Carbowax 20M	322	536	368	572	510	387	282	221	434	148
Carbowax 20M-TPA	321	537	367	573	520	387	281	220	435	148
GFAP	340	580	397	602	627	423	298	228	473	161

Неподвижные фазы	Константы Мак-Рейнолдса									
	$\Delta I_1$	$\Delta I_2$	$\Delta I_3$	$\Delta I_4$	$\Delta I_5$	$\Delta I_6$	$\Delta I_7$	$\Delta I_8$	$\Delta I_9$	$\Delta I_{10}$
STAP	345	586	400	610	627	428	301	235	484	163
SP-1000	332	555	393	583	546	400				
Простые эфиры полиэтиленгликоля:										
Polytergent J-300	168	366	227	350	308	266	149	119	255	61
Polytergent J-400	180	375	234	366	317	270	150	127	265	68
Ethofat 60/25	191	382	244	380	333	277	168	131	279	73
Igepal CO-630	192	381	253	382	344	277	172	136	288	78
Tergitol NPX 728	197	386	258	389	351	281	176	139	293	81
Emulphor ON-870	202	395	251	395	344	282	179	140	289	80
	202	396	251	395	345	283	179	139	289	80
Polytergent B-350	202	392	260	395	353	284	180	142	297	84
Polytergent G-300	203	398	267	401	360	290	180	145	303	83
Igepal CO-710	205	397	266	401	361	289	183	144	303	85
Triton X-100	203	399	268	402	362	290	181	145	304	83
Renex 678	223	417	278	427	381	301	198	156	321	95
Igepal CO-730	224	418	279	428	379	302	198	157	321	95
Tween 80	227	430	283	438	396	310				
Lutensol	232	425	293	438	386	315				
Igepal CO-880	259	461	311	482	426	334	227	180	362	112
Surfonic N-300	261	462	313	484	427	334	228	180	364	114
Triton X-305	262	467	314	488	430	336	229	183	366	113
Carbowax 4000	280	486	325	512	449	350	244	191	382	122
mono-stearate	282	496	331	517	467	357	247	193	389	145
Igepal CO-990	298	508	345	540	475	366	261	205	406	133
Полипропиленгликоли:										
PPG 1000 (Thanol)	131	314	185	277	243	214	110	101	205	46
PPG 2000 (Jefferson)	128	294	173	264	226	196	106	98	194	45
Простые эфиры поли(оксэтиленоксипропилена):										
Ucon LB-550X	118	271	158	243	206	177	96	91	177	40
Ucon 50-HB-1800X	123	275	161	249	212	179	101	95	181	45
Pluracol P-2010	129	295	174	266	227	197	106	99	195	46
Ucon LB-1715	132	297	180	275	235	201	109	100	199	46
Pluronic L81	144	314	187	289	249	211	120	108	212	55
Ucon 50-HB-280X	177	362	227	351	302	252	151	130	256	65
Ucon 50-HB-660	193	380	241	376	321	265	166	141	274	75
Ucon 50-HB-3520	198	381	241	379	323	264	169	144	278	80
Pluronic P85	201	390	247	388	335	271	172	145	285	82
Ucon 50-HB-2000	202	394	253	392	341	277	173	147	289	80
Pluronic P65	203	394	251	393	340	276	174	146	289	83
Pluronic L35	206	406	257	398	349	286	177	148	296	85
Polyglycol 15-200	207	410	262	401	354	289	179	150	301	86
Ucon 50-HB-5100	214	418	278	421	375	301	185	155	316	86

Неподвижные фазы	Константы Мак-Рейнолдса									
	$\Delta I_1$	$\Delta I_2$	$\Delta I_3$	$\Delta I_4$	$\Delta I_5$	$\Delta I_6$	$\Delta I_7$	$\Delta I_8$	$\Delta I_9$	$\Delta I_{10}$
Усол 75-Н-90 000	255	452	299	470	406	321	220	180	348	110
Pluronic F88	262	461	306	483	419	327	227	183	359	114
Pluronic F68	264	465	309	488	423	331	229	184	363	115
<b>7. Амины</b>										
Armeen 2HT	24				36					
Armeen 2-S	35				103					
Armeen SD	44				78					
Alkaterge T	89				230					
Amine 220	117	380	181	293	133	274				
Полипропилен-мин	122	425	168	263	224	270				
Ethomeen 18/25	176	382	230	353	323	275	158	118	265	72
Ethomeen S/25	186	395	242	370	339	285	169	127	279	79
Тетракис(оксипропил)этилендиамин (Quadrol)	214	571	357	472	489	431	208	142	379	111
Bentone 34	241									
Полиэтиленмин	322	800		573	524	585				
Тетракис(оксипропил)этилендиамин (THEED)	463	942	626	801	893	746	427	269	721	254
<b>8. Амиды</b>										
Hallcomid M-18	79	268	130	220	146	202	82	48	106	16
Hallcomid M-18-OL	89	280	143	239	165	211	93	58	211	21
Flexol 8N8	96	254	164	260	179	197	98	64	147	23
Versamid 930	108	309	137	208	207	222	110	57	148	77
	109	313	144	211	209	225	112	57	150	79
Versamid 940	109	314	145	212	209	225	112	57	150	78
POLY-A 101A	115	357	151	262	214	233		64		
POLY-A 103	115	331	149	263	214	221		62		
POLY-A 135	163	389	168	340	269	282				
POLY-I 110	115	194	122	204	202	152		55		
<b>9. Нитрилы</b>										
Тетрацианоэтилпентаэрит (ТСЕРЕ)	526	782	677	920	837	621	444	333	766	237
Гексакис(цианэтокс)циклогексан (Cyclo-N)	567	825	713	978	901	620				
Оксидипропионитрил (OPN)	588				919					
Трис(цианэтокси)пропан (ТСЕР)	593	857	752	1028	915	672	503	375	853	
	594	857	759	1031	917	680	509	379	854	
Тетракис(цианэтокс)бутан (Су-по-В)	617	860	773	1048	941	685				
Цианоэтилсахараза	647	919	797	1043	976	713	544	388	917	299

Неподвижные фазы	Константы Мак-Рейнолдса									
	$\Delta I_1$	$\Delta I_2$	$\Delta I_3$	$\Delta I_4$	$\Delta I_5$	$\Delta I_6$	$\Delta I_7$	$\Delta I_8$	$\Delta I_9$	$\Delta I_{10}$
Бис(цианэтил)- формамид (BCEF)	690	991	853	1110	1000	773	557	371	964	279
SP-216-PS, SP-222-PS	632	875	733	1000	680					
<b>10. Метилсилико- ны</b>										
М а с л а:										
OV-101	17	57	45	67	43	33	4	23	46	-2
SP-2100	17	57	45	67	43	33				
DC 200	16	57	45	66	43	33	3	23	46	-3
MS 200	16	57	45	66	43					
ПМС-100	16	56	44	65	43	33				
Embaphase	14	57	46	67	43	33	2	22	46	-4
UC W-982	16	55	45	66	42	33	4	23	46	-1
UC L-45	16	56				33				
UC L-46	16	56	44	65	41	33	3	22	45	-2
DC 430	16	54	45	65	43	32				
DC 330	13	51	42	61	36	31	0	21	41	-6
<b>Эластомеры:</b>										
OV-1	16	55	44	65	42	32	4	23	45	-1
SE-30	15	53	44	64	41	31	3	22	44	-2
	16	55	44	65	42	32				
SE-30 G. C.	15	53	44	64	41	31	3			
	15	55	44	63	42	32				
E 301	15	56	44	66	40	32	3	22	45	-1
JXR	15	53	45	64	41	31				
	16	55	44	65	42	32				
SE-31	16	54	45	65	43	32	3	23	46	-1
SE-33	17	54	45	67	42	33	4	23	46	-1
DC 400	15	56	44	66	40	32				
DC 401	17	58	47	66	46	34	4	23	48	-1
DC 410	18	57	47	68	44	34	5	24	48	0
DC 11 (смазка)	17	86	48	69	56	36	3	23	51	-2
Hi Vac (смазка)	16			48						
Gensil S-2116 (сте- арилсиликон)	23			56						
<b>11. Фенил(х%)ме- тилсиликоны</b>										
DC 510 (5%)	25	65	60	89	57	42	16	32	59	2
SE-52 (5%)	32	72	65	98	67	44	23	36	67	9
SE-54 (5%)	33	72	66	99	67	46	24	36	68	10
DC 556 (10%)	37	77	80	118	79	53	32	49	77	3
OV-3 (10%)	44	86	81	124	88	55	39	46	84	17
OV-7 (20%)	69	113	111	171	128	77	68	66	120	35
DC 550 (25%)	74	116	117	178	135	81	74	72	128	36
	81	124	124	189	145	87	81	77	136	40
DC 703 (25%)	76	123	126	189	140	89	79	78	134	31
DC 702 (25%)	77	124	126	189	142	90	79	79	136	31
XE-61 (33%)	98			185						
OV-11 (35%)	102	142	145	219	178	100	103	92	164	59

Неподвижные фазы	Константы Мак-Рейнолдса									
	$\Delta I_1$	$\Delta I_2$	$\Delta I_3$	$\Delta I_4$	$\Delta I_5$	$\Delta I_6$	$\Delta I_7$	$\Delta I_8$	$\Delta I_9$	$\Delta I_{10}$
DC 710 (50%)	107	149	153	228	190	107	108	98	174	60
OV-17 (50%)	119	158	162	243	202	112	119	105	184	69
SP-2250 (50%)	119	158	162	243	202	112				
SP-392 (55%)	133	169	176	258	219	123	133	114	202	74
OV-22 (65%)	160	188	191	283	253	133	152	132	228	99
OV-25 (75%)	178	204	208	305	280	144	169	147	251	113
SR 119 (?)	166	238	221	314	299	175	158	133	257	100
<b>12. Галогенированные силиконы</b>										
SF-96 (фторметил)	12	53	42	61	37	31	0	21	41	-6
	16	57	45	66	43					
Versilube F-50 (хлорфенил 10%)	19	57	48	69	47	36	7	23	50	-1
DC 560 (хлорфенил 11%)	32	72	70	100	68	49	24	35	69	7
SP-400 (то же)	32	72	70	100	68	49				
QF-1 (трифторпропил 50%)	144	233	355	463	305	203	136	53	280	59
OV-210 (то же)	146	238	358	468	310	206	139	56	283	60
SP-2401 (то же)	146	238	358	468	310	206				
LSX-3-0295 (то же)	152	241	366	479	319	208	144	55	291	64
<b>13. Нитрилсиликоны</b>										
XE-60 (цианоэтил 25%)	204	381	340	493	367	289	203	120	327	94
XF-1125 (то же)	204	381	340	493	367	289				
AN-600 (то же)	202	369	332	482	408					
OV-225 (цианопропил 25%)	228	369	338	492	386	282	226	150	342	117
XF-1150 (цианоэтил 50%)	308	520	470	669	528	401	302	174	471	156
ASI 50phenyl50cyanopropyl (цианопропил 50%)	319	495	446	637	531	379	320	216	470	175
SP-2300 (то же)	316	495	446	637	530					
Apolar-7CP	440	638	605	844	673	492	401	268	603	225
SP-2310	440	637	605	840	670					
Apolar-9CP	489	725	631	913	778	566	459	292	696	256
SP-2330	490	725	630	913	778					
Apolar-10C	523	757	659	942	801	584	480	298	722	267
SP-2340	520	757	659	942	800					
OV-275	629	872	763	1106	849					
<b>14. Поликарборан-этиленсукцинат-силоксаны</b>										
Pentasil 350	16	3	121	131	162	74		25		
Dexsil 300 GC	47	80	103	148	96	55				
	37	78	113	154	117					
Dexsil 400 GC	72	108	118	166	123					
Dexsil 410 GC	72	286	174	249	171					
EGSP-Z	308	474	399	548	549	373	279	220	469	167
EGSS-Y	391	597	493	693	661	469	335	261	591	190

Неподвижные фазы	Константы Мак-Рейнолдса									
	$\Delta I_1$	$\Delta I_2$	$\Delta I_3$	$\Delta I_4$	$\Delta I_5$	$\Delta I_6$	$\Delta I_7$	$\Delta I_8$	$\Delta I_9$	$\Delta I_{10}$
EGSP-A	397	629	519	727	700	496		278		
ECNSS-S	438	659	566	820	722	530		286		
ECNSS-M	421	690	581	803	732	548	383	259	644	211
EGSS-X	484	710	585	831	778	566	412	316	713	237
<b>15. Прочие фазы</b>										
Atpet 200	108	282	186	235	289	220	106	74	209	48
Elastex 50-B	140	255	209	318	239	198	134	103	202	47
Flexol B-400	121	284	169	259	217	191	100	95	186	39
Flexol GPE	93	210	140	224	162	166	90	65	146	20
Hercoflex 600	112	234	168	261	194	187	102	77	176	27
MER-2	381	539	456	646	615	421	337	262	566	197
MER-35	162	200	178	268	256	140				
Oronite NI-W	185	370	242	370	327	267	165	130	275	75
Trimer Acid	94	271	163	182	378	234	94	57	216	60
Triton X-200	117	289	172	266	237	180	105	81	192	48
Triton X-400	68	334	97	176	131	218		36	95	23

(Продолжение текста со стр. 350.)

Второе особенно ценно при работе с термически нестойкими соединениями. Превращение веществ в форму эфиров одновременно приводит, как правило, и к существенному возрастанию эффективности разделения, так как благодаря замещению активного водорода на менее полярные силиловые, метиловые, бутиловые (и т. п.) группы пики веществ получаются симметричными и мало размытыми. Иногда целью химического превращения является получение более устойчивых производных нестабильных соединений. При работе с сильно летучими веществами, например с низшими жирными кислотами и летучими аминами, бывает выгодно несколько снизить летучесть.

В последнее время получение производных все чаще применяют для того, чтобы ввести в анализируемые вещества функциональные группы или атомы, к которым особенно чувствительны специальные высокоселективные детекторы. Например, при наличии хроматографа с электрозахватным детектором можно добиться весьма значительного повышения чувствительности определения, если ввести в молекулы галогенсодержащие группы.

Основными требованиями, предъявляемыми к методикам получения производных, являются полнота реакции и отсутствие побочных продуктов, мешающих анализу. Разумеется, желательны также высокая скорость реакции, простота и одноступенчатость процесса. К сожалению, далеко не все методики удовлетворяют этим требованиям. В связи с этим следует иметь в виду, что можно избежать многих аналитических затруднений, связанных с получением производных, применив иной метод разделения (например, подобрав более специфический сорбент или применив жидкостной вариант хроматографии вместо газового) или изменив параметры хроматографирования — материал колонок, температуру, скорость потока газа-носителя и т. д.

Реактивы для получения производных для газовой хроматографии поставляют фирмы: **Pc, ASL, Ana, AA, Sup, Kodak, NBCo** (США); **KLL, Phase, BDH** (Англия); **Merck, Serva** (ФРГ) и др.



# ХИИ. РЕАКТИВЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ ДЛЯ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

## СИЛИЛИРУЮЩИЕ РЕАКТИВЫ

146. Триметилсиллил (TMS)-доноры . . . . .	351
147. Готовые смеси реактивов для приготовления TMS-эфиров	354
148. Диметилсиллил (DMS)-доноры . . . . .	355
149. Готовые смеси реактивов для приготовления DMS-эфиров . .	356
150. Галогенметилсиллил-доноры . . . . .	356
151. Гидроксиламины (для блокирования карбонильных групп перед силилированием) . . . . .	357

## АЦИЛИРУЮЩИЕ РЕАКТИВЫ

152. Ангидриды и хлорангидриды . . . . .	358
153. N-Ацилимидазолы . . . . .	360
154. N-Метил-бис(трифторацетамид) . . . . .	361

## ЭТЕРИФИЦИРУЮЩИЕ РЕАКТИВЫ

155. Спирты с катализаторами — галогенидами бора . . . . .	361
156. Алкилацетали диметилформаида . . . . .	363
157. Алкилборные кислоты . . . . .	364
158. Прочие метилирующие реактивы . . . . .	365

## КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИЕ РЕАКТИВЫ

159. $\beta$ -Дикетоны . . . . .	366
----------------------------------	-----

Получение производных ставит целью перевести анализируемые вещества в форму, более пригодную или более удобную для хроматографического разделения. Чаще всего этот прием используют при ГЖХ-анализе высококипящих веществ. Перевод последних в форму эфиров или других более летучих производных позволяет уменьшить продолжительность анализа или снизить температуру. (Продолжение см. на стр. 349.)

## Силилирующие реактивы

Силилирование — наиболее универсальный метод получения производных для газовой хроматографии. Его применяют при работе с веществами, содержащими гидроксильные, карбоксильные и аминные группы, — углеводами, спиртами, фенолами, аминами, аминокислотами, амидами, стероидами, карбоновыми кислотами.

Силилирующие реактивы в большинстве случаев реагируют быстро и количественно, образуя летучие и термически (до 300—350 °С) устойчивые силиловые эфиры. Замещение активного водорода на незаряженные кремнийорганические радикалы благоприятствует элюированию веществ из колонок в виде симметричных неразмытых пиков.

Силилирование следует проводить в абсолютно безводных средах (особое внимание нужно обратить на отсутствие влаги в растворителях).

Лит.: Pierce A. E., *Silylation of organic compounds*, Rockford, Pierce Chem. Co., 1968, 487 p.; К а ш у т и н а М. В. и др., Усп. химии, 1975, т. 44, № 9, с. 1620—1648.

## 146. Триметилсилил (TMS)-доноры

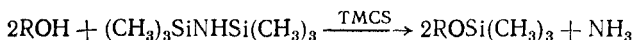
Силилирующие реактивы этой группы замещают активный водород на триметилсилиловые группы  $-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ . Особое внимание рекомендуем обратить на реактивы № 1, 2, 4, 5, 8, 9, 11, 12.

### 1. 1,1,1,3,3,3-Гексаметилдисилазан, HMDS



Плотность 0,76—0,78,  $T_{\text{кип}}$  123—126 °С.

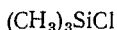
Наиболее часто применяемый TMS-донор для силилирования спиртов, фенолов, углеводов, окси- и кетостероидов, желчных кислот, аминов, аминокислот. Используют обычно в сочетании с TMCS в соотношении от 2 : 1 до 40 : 1. Реакция протекает в мягких условиях:



Лит.: Sweetley C. C. et al., J. Am. Chem. Soc., 1963, v. 85, No. 16, p. 2497—2507.

HMDS применяют также для силинизирования диатомитовых носителей для ГЖХ с целью их деактивации (Bohemen J. et al., J. Chem. Soc., 1960, No. 6, p. 2444—2451).

### 2. Триметилхлорсилан, TMCS



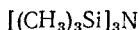
Плотность 0,85—0,86,  $T_{\text{кип}}$  57—59 °С.

Применяют в сочетании с HMDS, BSA и другими силил-донорами в качестве катализатора, частично участвующего в реакции:

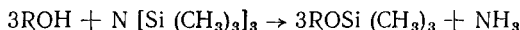


При хранении реактива возможно его окрашивание; в таком случае его необходимо очистить перегонкой.

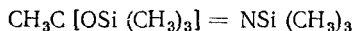
### 3. Нонаметилтрисилазан, NMTS



Твердое вещество. Реагирует без катализатора:

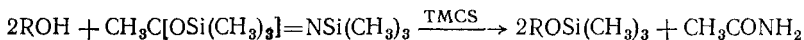


### 4. N, O-Бис(триметилсилил)ацетамид, BSA



Жидкость, плотность 0,83—0,84.

Значительно более активный, чем HMDS, силилирующий реагент для образования TMS-эфиров спиртов, фенолов, енолов, фосфатов сахаров, уроновых и желчных кислот, ароматических амидов, аминов, аминокислот, карбоновых кислот, а также стероидов с пространственно незатрудненными гидроксильными группами:

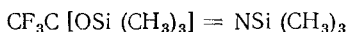


Для силилирования сахаров реактив непригоден, так как он вызывает их аномеризацию.

BSA используют в чистом виде или в сочетании с катализатором TMCS (1—10%) и другими реактивами. Применение растворителей не всегда обязательно, так как BSA сам является хорошим растворителем для многих веществ. На 0,5—1 мг пробы расходуют 0,2—1 мл реактива. Реакционную смесь выдерживают в закрытом сосуде несколько часов при комнатной температуре (иногда реакция проходит в несколько минут). При работе следует учитывать очень высокую чувствительность реактива к влаге.

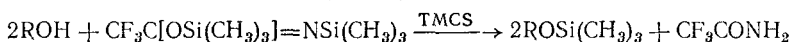
Лит.: Klebe J. F. et al., J. Am. Chem. Soc., 1966, v. 88, No. 14, p. 3390—3395; Nair P. P. et al., Arch. Biochem. Biophys., 1966, v. 114, No. 3, p. 488—493; Cham baz E. M., Horning E. C., Analyt. Letters, 1967, v. 1, No. 3, p. 201—211.

5. N,O-Бис(триметилсилил)трифторацетамид, BSTFA



Плотность 0,97,  $T_{\text{пл}}$  —10 °C.

Фтор-аналог BSA, имеет приблизительно ту же (или немного более высокую) силилирующую способность. Главное преимущество— высокая летучесть реактива и побочного продукта реакции трифторацетамида, которые благодаря этому легко удаляются из реакционной среды перед ГЖХ. Как и BSA, обычно используют в сочетании с TMCS (1—2%):



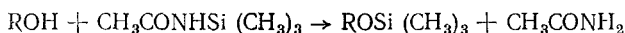
Лит.: Stalling D. L. et al., Biochem. Biophys. Res. Comm., 1968, v. 31, No. 4, p. 616—622; Gehrke C. W. et al., J. Chromatog., 1969, v. 45, No. 1, p. 24—51.

6. N-(Триметилсилил)ацетамид, TMSA



$T_{\text{пл}}$  52—55 °C.

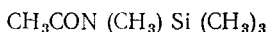
Применяют для получения TMS-эфиров сахаров и аминов. Преимуществом реактива является то, что он может действовать без добавки кислого катализатора типа TMCS:



Для различных сахаров молярное соотношение реактивов : вещество задается от 1 : 1 до 7 : 1. Реакция проходит приблизительно за 20 мин при температуре плавления. Избыток реактива и побочный продукт реакции ацетамид удаляют дистилляцией под вакуумом.

Лит.: Birkofer L. et al., Chem. Ber., 1964, Bd. 97, Nr. 8, S. 2196—2201.

7. N-(Триметилсилил)-N-метилацетамид, TMSMA



(N-Метил-N-триметилсилилацетамид). Жидкость.

Применяют для силилирования карбоновых и аминокислот.

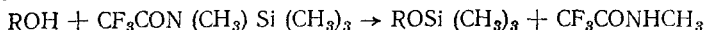
Лит.: Birkofer L., Donike M., J. Chromatog., 1967, v. 26, No. 1, p. 270—273.

8. N-(Триметилсилил)-N-метилтрифторацетамид, MSTFA.



(N-Метил-N-триметилсилилтрифторацетамид). Плотность 1,07,  $T_{\text{кип}}$  132 °C.

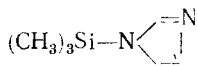
Наиболее летучий TMS-донор. Применяют для силилирования карбоновых кислот, окси- и кетокислот, аминокислот, аминов, спиртов, сахаров, тиолов, стероидов. Реагирует без катализатора:



Побочный продукт реакции N-метилтрифторацетамид имеет очень малое время удерживания и выходит из колонки даже раньше MSTFA.

Лит.: Donike M., J. Chromatog., 1969, v. 42, No. 1, p. 103—104.

## 9. N-(Триметилсилил)имидазол, TSIM



(TMSIM, TMSI). Плотность 0,96,  $T_{\text{кип}}$  222—223 °С.

Применяют для получения TMS-эфиров стероидов, содержащих трудно-доступные OH-группы (например, кортикостероидов), а также спиртов, фенолов, гликолей, сахаров, оксаминов, оксикислот, аминокислот, летучих жирных кислот, флавоноидов, нуклеотидов, барбитуратов. Реагирует только с гидроксильными группами. Для силилирования стероидов часто используют смесь TSIM, BSA (или BSTFA) и TMCS в соотношении 3 : 3 : 2, без добавления растворителя. Реакция протекает 1—2 ч при 100—200 °С.

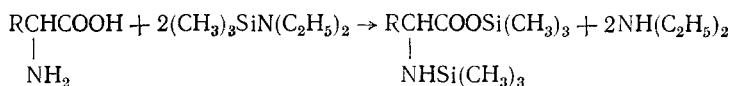
Лит.: *Horning M. G. et al.*, *Biochim. Biophys. Acta*, 1967, v. 148, No. 2, p. 597—600; *Chambaz E. M. and Horning E. C.*, *Analyt. Letters*, 1967, v. 1, No. 3, p. 201—211; *Sakauchi N. and Horning E. C.*, *Ibid.*, 1971, v. 4, No. 1, p. 41—52.

## 10. N-(Триметилсилил)диэтиламин, TMSDEA



(N,N-Диэтил-1,1,1-триметилсилиламин). Плотность 0,76—0,77,  $T_{\text{кип}}$  123—127 °С.

Применяют для получения TMS-эфиров ароматических и аминокислот:



Диэтиламин и избыток реактива отделяются дистилляцией.

Лит.: *Rühlmann K.*, *Chem. Ber.*, 1961, Bd. 94, Nr. 7, S. 1876—1878; *Smith E. D., Sherrard H.*, *Nature*, 1965, v. 208, No. 5013, p. 878—880; *Mason P. S., Smith E. D.*, *J. Gas Chromatog.*, 1966, v. 4, No. 11, p. 398—400.

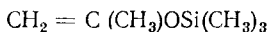
## 11. N-(Триметилсилил)диметиламин, TMSDMA



(TMDA).  $T_{\text{кип}}$  86—87 °С.

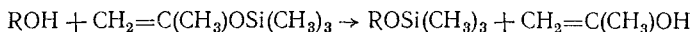
Применение аналогично TMSDEA. По сравнению с ним TMSDMA более реакционноспособен и более летуч. Избыток реактива и побочный продукт реакции диметиламин по завершении реакции легко удаляются.

## 12. (Изопропенилокси)триметилсилан, IPOTMS



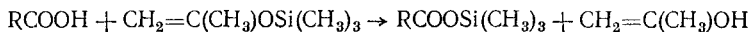
$T_{\text{кип}}$  93—94 °С. Растворим в ацетонитриле, тетрагидрофуране.

Реактив применяют для получения TMS-эфиров, спиртов, фенолов, стероидов, некоторых диолов:



Реакция ускоряется в присутствии кислого катализатора — TMCS (1 : 40) или ледяной уксусной кислоты (1—2 капли на 0,5 мл). Реакция с холестерином протекает 30 мин при кипячении с обратным холодильником.

Карбоновые кислоты реагируют с IPOTMS без участия катализатора:



Побочный продукт реакции — метилвиниловый спирт — сразу же таутомеризуется в ацетон. Сам реактив и побочные продукты нейтральны и достаточно

летучи, чтобы не мешать ГЖХ К небольшим количествам воды реактив нечувствителен

Реактив непригоден (по различным причинам) для силилирования аминов,  $\alpha$  аминокислот, 1,2 диолов,  $\alpha$  оксиаминов,  $\beta$  меркаптоспиртов

Лит Donike M, Jaenicke L, Angew Chem Internat Ed, 1969, v 8, No 12, p 974—975

## 147. Готовые смеси реактивов для приготовления TMS-эфиров

[Рс, США]

1 Tri Sil HMDS + TMCS + пиридин (растворитель) в соотношении (по объему) 3 : 1 : 9 Рекомендуется для приготовления TMS эфиров спиртов, фенолов, сахаров, некоторых аминов, аминокислот, окси и кетостероидов, карбоновых кислот На 5—10 мг сухой пробы (растворитель удаляется с помощью струи азота) расходуют 1 мл состава Продолжительность реакции при комнатной температуре в большинстве случаев не больше 5 мин См также составы № 9, 12, 17, 26, 34.

Лит Sweeley C C et al, J Am Chem Soc, 1963, v 85, No 16, p 2497—2507, Grundy S M et al, J Lipid Res, 1965, v 6, No 3, p 397—410

2 Tri Sil DMF HMDS + TMCS + диметилформамид (40 : 1 : 40), комплект состоит из двух растворов, смешиваемых непосредственно перед применением Назначение то же, что и состава № 1 Для некоторых соединений, особенно для 3 кетостероидов, при замещении пиридина на диметилформамид реакция протекает более гладко, без образования побочных продуктов На 10 мг сухой пробы расходуют 2 мл реактива Продолжительность реакции при комнатной температуре в пределах 15—60 мин Срок хранения реактива в холодильнике 6—8 мес См также составы № 10, 18, 27, 35

Лит Miettinen T A et al, J Lipid Res, 1965, v 6, No 3, p 411—424

3 Tri Sil Concentrate HMDS + TMCS (без растворителя) См также составы № 13, 16

4 Tri Sil/BSA, Formula P 2,5 н раствор BSA в пиридине Рекомендуется для силилирования стероидов и веществ, плохо растворимых в одном BSA См также составы № 19, 28

5 Tri Sil/BSA, Formula D 2,5 н раствор BSA в диметилформамиде Назначение то же, что и состава № 4 Рекомендуется для силилирования фенолов См также состав № 20

6 Tri Sil' BT' BSA + TMCS (5 : 1) Используют для силилирования стероидов с умеренно пространственно затрудненными гидроксильными группами (например, в положении 11 $\beta$ ) Продолжительность реакции при 20—60 °C — несколько часов См также составы № 14, 21, 24, 29, 32, 33

7 Tri Sil' TBT' BSA + TMCS + TSIM (3 : 2 : 3) Используют для силилирования стероидов с сильно стесненными, труднодоступными гидроксильными группами (например, в положениях 3, 7, 16, 17 $\alpha$ , 20 и 21), а также других веществ Продолжительность реакции при 60—80 °C 6—24 ч См также составы № 11, 15, 25, 36

Лит Chambaz E M, Horning E C, Analyt Letters, 1967, v 1, No 3, p 201—211

8 Tri Sil' Z' 1,5 н раствор TSIM в пиридине Применяют для получения TMS эфиров полярных соединений с OH группами в присутствии умеренных количеств воды С аминами не реагирует Реакционную смесь вводят непосредственно в хроматограф

[ASL, США]

9. Sil-Prep: идентичен составу № 1.
10. DMF-Sil-Prep: идентичен составу № 2.
11. Power Sil-Prep: идентичен составу № 7.

[Sup, США]

12. Sylon-HTP: идентичен составу № 1.
13. Sylon-HT: идентичен составу № 3.
14. Sylon-BT: идентичен составу № 6.
15. Sylon-BTZ: идентичен составу № 7.

[NBCo, США]

16. All-Sil: HMDS + TMCS (2 : 1).
17. All-Sil/Pyridine: HMDS + TMCS + пиридин (2 : 1 : 2). См. также № 23.
18. All-Sil/DMF: HMDS + TMCS + диметилформамид (2 : 1 : 2).
19. BSA/Pyridine: BSA + пиридин (1 : 1).
20. BSA/DMF: BSA + диметилформамид (1 : 1).
21. BSA/TMCS/DMF: BSA + TMCS + диметилформамид (5 : 4 : 1).
22. BSTFA/TMCS: BSTFA + TMCS (100 : 1). См. также № 30.
23. Ster-Sil I: идентичен составу № 17.
24. Ster-Sil II: BSA + TMCS + пиридин (5 : 4 : 1).
25. Ster-Sil III: BSA + TMCS + TSIM + пиридин (3 : 2 : 3 : 2). Идентичен составу № 7, но с добавлением растворителя.

[Ana, США]

26. HMDS Reagent in Pyridine: HMDS + TMCS + пиридин (2 : 1 : 10).
27. HMDS Reagent in DMF: идентичен составу № 2.
28. BSA in Pyridine: BSA + пиридин (1 : 10).
29. BSA in Pyridine (TMCS): BSA + TMCS + пиридин (5 : 1 : 50).
30. BSTFA in Pyridine: BSTFA + TMCS + пиридин (5 : 1 : 50).

[Regis, США]

31. Regisil = BSTFA.
32. Regisil + 1% TMCS.
33. Regisil + 10% TMCS.

[Serva, ФРГ]

34. TMSi-P-reagent: идентичен составу № 1.
35. TMSi-D-reagent: идентичен составу № 2.
36. TMSi-S-Universal Reagent: BSTFA + TMCS + TSIM (3 : 2 : 3). Подобен составу № 7, с заменой BSA на более летучий BSTFA.

## 148. Диметилсилил (DMS)-доноры

Превращение в диметилсилиловые эфиры применяют главным образом при газохроматографическом анализе углеводов.

DMS-производные по сравнению с TMS-производными более летучи, но хроматографическое разрешение их обычно хуже. Другим недостатком DMS-эфиров является чувствительность к гидролизу, из-за чего необходимо удалять избыток реактива сразу же по окончании реакции.

В этот же раздел включен *трет*-бутилдиметилхлорсилан (№ 5), реагирующий с гидроксильными группами с образованием *трет*-бутил-DMS-эфиров. В отличие от DMS-эфиров, они не подвержены гидролизу.

1. 1,1,3,3-Тетраметилдисилазан, TMDS

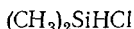


$T_{\text{кип}}$  99—100 °С. Используют обычно в сочетании с DMMCS:



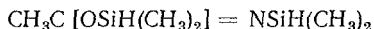
Лит.: Thomas B. S., et al., Chem. Commun., 1966, No. 13, p. 408—409; Surina W. R., J. Am. Oil Chem. Soc., 1967, v. 44, No. 2, p. 74—76.

2. Диметилмонохлорсилан, DMMCS



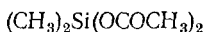
(Диметилхлорсилан).  $T_{\text{кип}}$  36—38 °С. Аналог TMCS.

3. N,O-Бис(диметилсилил)ацетамид, BDSA



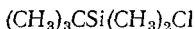
Жидкость. Более энергичный реактив по сравнению с TMDS.

4. Диметилдиацетоксисилан

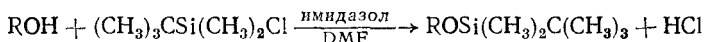


$T_{\text{кип}}$  164—167 °С. Применяют для силилирования кортикостероидов.

5. *tert*-Бутилдиметилхлорсилан, *t*-Butyl-DMCS



Реактив для получения *tert*-бутил-DMS-эфиров углеводов, нуклеозидов, стероидов. Эфиры отличаются устойчивостью к гидролизу.



Лит.: Corey E. J., Venkateswara A., J. Am. Chem. Soc., 1972, v. 94, No. 17, p. 6190—6191.

## 149. Готовые смеси реактивов для приготовления DMS-эфиров

1. Di-Sil-Prep [ASL, США].

2. TMDS Reagent in Pyridine [Ana, США].

3. DMSi-P-Reagent [Serva, ФРГ].

Реагенты № 1—3 идентичны по составу: TMDS + DMMCS + пиридин (3 : 1 : 9). Применяют для силилирования сахаров. На 50 мг пробы расходуют 1 мл реактива. Продолжительность реакции при комнатной температуре 10—30 мин. По завершении реакции избыток реактива необходимо удалить с помощью струи азота.

4. *t*-Butyl-DMCS/Imidazole Reagent Kit [ASL, США]: раствор *t*-Butyl-DMCS (1 M) и имидазола (2,5 M) в диметилформамиде. Применяют для получения *tert*-бутил-DMS-эфиров кортикостероидов, эстрогенов, холестерина, спиртов, глицеридов. На пробу до 0,8 ммоль требуется 1 мл реактива. Продолжительность реакции при 160 °С: с эстрогенами 10 мин, с холестерином — почти мгновенно.

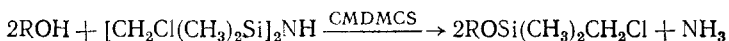
## 150. Галогенметилсилил-доноры

Применяют для силилирования сахаров — производных пентоз и гексоз. Благодаря введению в молекулу атомов галогенов становится возможно (с использованием электрозахватного детектора) анализировать вещества в нанограммовых количествах.

1. 1,3-Бис(хлорметил)-1,1,3,3-тетраметилдисилазан, CMTMDS



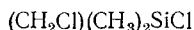
Жидкость. Применяют для получения хлорметилсилиловых (CMS) эфиров сахаров:



Рекомендуются составы: CMTMDS + CMDMCS + пиридин (3 : 1 : 9) и CMTMDS + CMDMCS + диметилформамид (4 : 1 : 4). При комнатной температуре (или со слабым нагреванием для улучшения растворения) продолжительность реакции с сахарами — обычно в пределах 5 мин, со стероидами — до 3 ч.

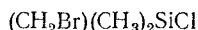
Лит.: V a n d e n H e u v e l W. J. A., J. Chromatog., 1967, v. 27, No. 1, p. 85—95.

2. Хлорметилдиметилхлорсилан, CMDMCS

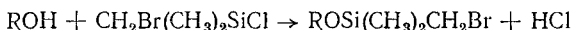


Жидкость, плотность 1,08. Используют в сочетании с CMTMDS (катализатор) или с диэтиламином.

3. Бромметилдиметилхлорсилан, BMDMCS



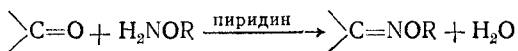
Реактив для образования бромметилсилиловых эфиров:



Время удерживания производных приблизительно в 2 и 5 раз больше, чем у соответствующих CMS- и TMS-эфиров.

## 151. Гидроксиламины (для блокирования карбонильных групп перед силилированием)

Кетостероиды, нуклеозиды и другие вещества, содержащие наряду с гидроксильными карбонильные группы, нельзя подвергать непосредственному воздействию силилирующих реактивов (особенно — сильндействующих), так как при этом образуются еноловые эфиры, которые отличает низкая летучесть. Во избежание енолизации карбонильных групп, перед силилированием их рекомендуется блокировать с помощью гидроксиламинов (в результате реакции образуются оксимы):



На второй стадии реакции TMS-доноры взаимодействуют только с OH-группами.

1. О-Метилгидроксиламин солянокислый



(Метоксинамин солянокислый). Твердое вещество.

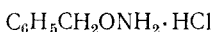
Применяют для получения метилоксим-триметилсилиловых (МО-TMS-) производных кетостероидов и нуклеозидов. Используют обычно в виде 2—10%-ного раствора в пиридине.

МОХ [Рс, США]: готовый 2%-ный раствор реактива в пиридине. На 2 мг пробы расходуют 0,5 мл раствора. Продолжительность реакции при 60—75 °С составляет 3 ч, при комнатной температуре — 15 ч (ночь). Затем, после упаривания досуха под струей азота, пробу силилируют.



Лит.: Fales H. M., Luukkainen T., Anal. Chem., 1965, v. 37, No. 7, p. 955—957; Gardiner W. L., Horning E. C., Biochim. Biophys. Acta, 1966, v. 115, No. 2, p. 524—526; Horning M. G., et al., Anal. Biochem., 1968, v. 22, No. 2, p. 284—294; Brooks C. J. W., Harvey D. J., Steroids, 1970, v. 15, No. 2, p. 283—287; Butts W. V., J. Chromatog. Sci., 1970, v. 8, № 8, p. 474—476; Sakauchi N., Horning E. C., Analyt. Letters, 1971, v. 4, No. 1, p. 41—52; Thenot J.-P., Horning E. C., Ibid., 1972, v. 5, No. 1, p. 21—33.

#### 2. О-Бензилгидроксиламин солянокислый

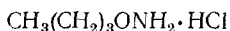


Твердое вещество. Применяют для получения бензилоксим-триметилсилиловых (ВО-TMS-) эфиров кетостероидов. Приготовление ВО-TMS-производных проще, и разделение их происходит успешнее, чем МО-TMS-производных, однако время удерживания ВО-TMS-производных значительно больше.

На 1 мг кетостероидов расходуют 0,5 мл 2%-ного раствора реактива в пиридине. Продолжительность реакции около 15 ч при 70 °С. После удаления растворителя с помощью струи азота кетостероиды силилируют с BSTFA (3 г) при 100 °С.

Лит.: Devaux P. G. et al., Anal. Biochem., 1971, v. 41, No. 1, p. 70—82.

#### 3. О-Бутилгидроксиламин солянокислый



Твердое вещество. Применяют для получения бутилоксим-триметилсилиловых (БуО-TMS) эфиров кетостероидов. Наилучший из гидроксиламиновых реактивов: хорошее разделение достигается без значительного увеличения длительности анализа (время удерживания БуО-TMS-производных занимает промежуточное положение между временами удерживания для МО-TMS- и ВО-TMS-производных).

На 20 мг стероидов расходуют 0,5 мл 2%-ного раствора реактива в пиридине. Продолжительность реакции образования оксимов около 15 ч при 70 °С. После удаления растворителя пробу силилируют с BSTFA (0,5 мл реактива на 20 мг вещества).

Лит.: Baillie T. A., Brooks C. J. W., Analyt. Letters, 1972, v. 5, No. 6, p. 351—361.

#### 4. О-(2,3,4,5,6-Пентафторбензил) гидроксиламин солянокислый



Применяют для превращения кетостероидов (и β-кетоспиртов) в производные (РГВ-оксимы), пригодные для ГЖХ с электронозахватным детектором с чувствительностью до 0,1 нг. Реактив не вызывает деградации стероидов в отличие от F-содержащих ангидридов и хлорангидридов (см. разд. 152), действие которых сопряжено с образованием сильных кислот.

Флогх [Рс, США]: готовый раствор реактива в пиридине (2,5 мг/мл). На 1—10 мкг стероидов расходуется 0,1 мл раствора. Продолжительность реакции 1 ч при 65 °С. После упаривания растворителя под струей азота остаток растворяют в циклогексане, смешивают с небольшим количеством воды и затем аликвотную часть из органического слоя вводят в хроматограф.

Лит.: Koshy K. T. et al., J. Chromatog. Sci., 1975, v. 13, No. 2, p. 97—104.

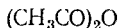
## АЦИЛИРУЮЩИЕ РЕАКТИВЫ

### 152. Ангидриды и хлорангидриды

Применяют для ацилирования спиртов, первичных и вторичных аминов, а также аминокислот, стероидов, углеводов, глицеридов, фенолов. Образующиеся производные более летучи, чем исходные вещества, и дают менее размытые пики. Вве-

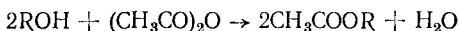
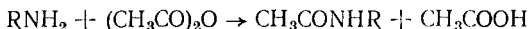
дение в молекулу анализируемого вещества атомов F или Cl дает возможность повысить чувствительность определения посредством использования электронозахватного детектора.

#### 1. Уксусный ангидрид



Плотность 1,08,  $T_{\text{кип}}$  140 °C.

Используют в смеси (1 : 2) с растворителем пиридином. На 10—100 мг пробы расходуется 10 мл смеси. В результате реакции образуются амиды или эфиры



Лит.: Farquhar J. W., J. Lipid Res., 1962, v. 3, No. 1, p. 21—30; Galli G., Grossi-Paoletti E., Lipids, 1967, v. 2, No. 1, p. 72—75; Coulter J. R., Hann C. S., J. Chromatog., 1968, v. 36, No. 1, p. 42—49.

#### 2. Хлоруксусный ангидрид

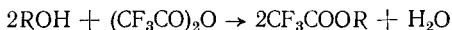


#### 3. Трифторуксусный ангидрид, TFAA

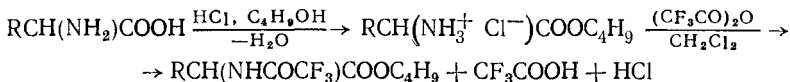


Плотность 1,50—1,52,  $T_{\text{кип}}$  39—43 °C.

Реактив обладает мощным ацилирующим действием:



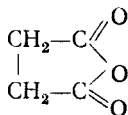
Применяют также для образования *n*-бутиловых, N-трифторуксусных (*n*-Bu, N-TFA-) эфиров аминокислот:



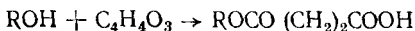
Первая стадия реакции — бутилирование в 3 н. растворе HCl в *n*-бутаноле — продолжается 15 мин при 100 °C. Затем после отгонки растворителя в вакууме (при 60 °C) к сухому остатку добавляют смесь TFAA с хлористым метиленом (1 : 3). Вторая стадия реакции длится 5 мин при 150 °C. Чувствительность газохроматографического определения аминокислот приблизительно на 2—3 порядка выше, чем в ионообменной хроматографии.

Лит.: Gehrke C. W. et al., Quantitative gas-liquid chromatography of amino acids in proteins and biological substances, Columbia, Anal. and Biochem. Labs., Inc., 1968, 108 p.; Roach D., Gehrke C. W., J. Chromatog., 1969, v. 44, No. 2, p. 269—278; Коултер Дж. Р., Ханн К. С., в кн.: Новые методы анализа аминокислот, пептидов и белков, М., «Мир», 1974, с. 85—141; Нусек Р., Масек К., J. Chromatog., 1975, v. 113, No. 2, p. 139—230 (Chromatog. Revs., v. 19, No. 2); Витт С. В. и др. Усп. химии, 1976, т. 45, № 3, с. 548—574.

#### 4. Янтарный ангидрид



$T_{\text{пл}}$  116—120 °C. См. также разд. 125/7.

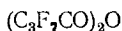


5. Пентафторпропионовый ангидрид, PFPA



Применяют для ацилирования аминов, спиртов, фенолов. Реакция протекает 15 мин при 50 °С и использовании триметиламина в качестве катализатора (растворитель — бензол).

6. Гептафтормасляный ангидрид, HFBA

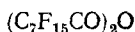


Плотность 1,67,  $T_{\text{кип}}$  108—110 °С.

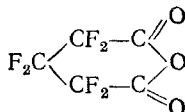
Применение аналогично PFPA. N-Гептафтормасляные и N-пентафторпропионовые эфиры аминокислот имеют меньшее время удерживания по сравнению с соответствующими TFA-эфирами. На 0,1—1 мг аминокислот необходимо 0,2 мг смеси ангидрида и пиридина (1 : 1), реакция продолжается 2 ч при 60 °С.

Лит.: P o l l o s k G. E., Anal. Chem., 1967, v. 39, No. 10, p. 1194—1196.

7. Перфтороктановый (пентадекафтороктановый) ангидрид



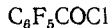
8. Гексафторглутаровый ангидрид



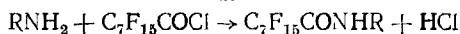
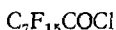
9. Гексафторглутарил хлористый



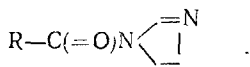
10. Пентафторбензоил хлористый



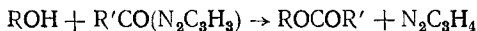
11. Перфтороктаноил хлористый



### 153. N-Ацилимидазолы



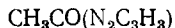
N-Ацилимидазолы в качестве ацил-доноров во многом превосходят ангидриды и хлорангидриды (см. разд. 152): реакция протекает в мягких условиях, количественно и с единственным побочным продуктом — имидазолом:



Радикалы с большим удельным содержанием атомов F вводят для повышения чувствительности определения при использовании электрозахватных детекторов.

На 0,1 — 2 мг пробы необходимо 0,2 мл реактива. Смесь выдерживают в закрытых сосудах 2—6 ч при 60 °С и затем вводят непосредственно в хроматограф. Ацилимидазолы весьма чувствительны к воде, поэтому особое внимание нужно обратить на отсутствие влаги в растворителях.

1. N-Ацетилимидазол



$T_{\text{пл}}$  103—105 °С.

Применяют для ацетилирования первичных и вторичных аминов, аминокислот и оксисоединений. Лимитирующей стадией процесса является растворение пробы.

2. N-Трифторацетилимидазол, TFAI



(Трифторметилацетимидазол).

3. N-Пентафторпропионилимидазол, PFPI



4. N-Гептафторбутирилимидазол, HFBI



Твердое вещество. Применяют для ацилирования аминов, катехоламинов, стероидов.

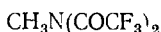
Лит.: Horning M. G. et al., *Analyt. Letters*, 1968, v. 1, No 5, p. 311—321

5. N-Пентафторбензоилимидазол, PFBI



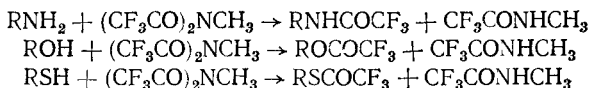
$T_{\text{пл}}$  55—56 °С.

#### 154. N-Метил-бис(трифторацетамид), MBTFA



$T_{\text{кип}}$  123—124 °С.

Трифторацетилирующий реактив. Взаимодействует с веществами, содержащими первичные и вторичные аминные, а также гидроксильные и тиоловые группы:



Реакция протекает в мягких условиях, быстро и количественно. Побочный продукт — метилтрифторацетамид — нейтрален и выходит в начале хроматограммы, поэтому нет необходимости удалять его из реакционной смеси. То же относится и к избытку самого реактива.

Реагент используют в чистом виде (0,1—0,2 мл на 10 мг пробы) или с добавлением растворителя, если проба плохо растворяется. В качестве растворителя можно использовать пиридин, диметилформамид, тетрагидрофуран или ацетонитрил в 4—5-кратном количестве по отношению к реагенту. Продолжительность реакции с аминами — 30 мин при комнатной температуре, с гидроксилсодержащими веществами — 15—30 мин при 60—100 °С; карбоновые кислоты при 120 °С реагируют медленно.

Лит.: Donike M., *J. Chromatog.*, 1973, v. 78, No. 2, p. 273—279.

### ЭТЕРИФИЦИРУЮЩИЕ РЕАКТИВЫ

#### 155. Спирты с катализаторами — галогенидами бора

Реактивы получают пропусканием сухого газа (галогенида бора) через охлаждаемый льдом спирт. Фторид и хлорид бора образуют со спиртом координационные комплексы, обладающие сильнокислотным характером. Основной недостаток данных реактивов состоит в необходимости экстрагирования образующихся эфиров из реакционной среды.

### 1. Метанол — $\text{BF}_3$ (10—20, обычно 14%)

Применяют для получения метиловых эфиров свободных жирных кислот. На 100—500 мг жирных кислот необходимо приблизительно 3—10 мл реактива. Для метилирования жирных кислот, входящих в состав триглицеридов, фосфолипидов, липопротеидов и других липидов, последние вначале подвергают омылению: на 150 мг липидов добавляют 4 мл 0,5 н. раствора  $\text{NaOH}$  в метаноле и нагревают приблизительно 5 мин до растворения, а затем вводят 5 мл реактива. Метилирование продолжается 2—5 мин при кипячении. После добавления воды или насыщенного раствора  $\text{NaCl}$  метиловые эфиры экстрагируют петролейным эфиром, гексаном, пентаном или другим подходящим растворителем. Эфиры низших жирных кислот (до  $\text{C}_{16}$ ) легко снимаются с поверхности воды в виде пленки.

Реактив недостаточно устойчив при хранении, но в холодильнике сохранность его превышает 6 месяцев.

Лит.: Metcalf L. D., Schmitz A. A., Anal Chem., 1961, v. 33, No. 3, p. 363—364; Morrison W. R., Smith L. M., J. Lipid Res., 1964, v. 5, No. 4, p. 600—608; Metcalf L. D. et al., Anal. Chem., 1966, v. 38, No. 3, p. 514—515.

### 2. Метанол — $\text{BCl}_3$ (10%)

По сравнению с реактивом № 1 менее электрополярен и действует на некоторые вещества несколько слабее, но зато значительно превосходит его по устойчивости при хранении. При комнатной температуре реактив хранится не менее нескольких месяцев.

Лит.: Morrison W. R., Smith L. M., J. Lipid Res., 1964, v. 5, No. 4, p. 600—608.

### 3. 2,2,2-Трифторэтанол — $\text{BCl}_3$ (Eston-F<sub>3</sub> [Sup, США])

Применяют для этерификации пестицидов (лучшие результаты дает применение реактива № 4).

### 4. 2-Хлорэтанол — $\text{BCl}_3$ (10%)

Применяют для получения 2-хлорэтиловых эфиров низших жирных кислот ( $\text{C}_6$ — $\text{C}_{10}$ ), некоторых пестицидов и гербицидов. Хлорэтиловые эфиры менее летучи, чем метиловые, и менее растворимы в воде (что облегчает их экстрагирование). Продолжительность этерификации 5—10 мин.

Лит.: Woodham D. W. et al., J. Agr. Food Chem., 1971, v. 19, No. 1, p. 186—188.

### 5. 1-Пропанол — $\text{BF}_3$ (14%)

Применяют для получения пропиловых эфиров одно- и двухосновных органических кислот и кортикостероидов. Особенно часто используют для этерификации молочной и янтарной кислот. Пропиловые эфиры этих кислот легко извлекаются хлороформом и диэтиловым эфиром (экстрагирование метиловых эфиров затруднено из-за значительной их растворимости в воде). Хроматографическое разделение пропиловых эфиров лучше, чем бутиловых и TMS-эфиров.

Лит.: Salwin H., Bond J. F., J. Ass. Offic. Anal. Chem., 1969, v. 52, No. 1, p. 41—47.

### 6. 1-Бутанол — $\text{BF}_3$ (14%)

Применяют для получения бутиловых эфиров низших жирных кислот с целью некоторого снижения их летучести. На 100—200 мг жирных кислот добавляют 3 мл реактива и нагревают 10 мин на паровой бане. Эфиры отделяют в делительной воронке после добавления 50%-ного водного раствора  $\text{NaCl}$ .

Реактив можно использовать и для этерификации высших жирных кислот, но время удерживания эфиров может оказаться чрезмерно большим.

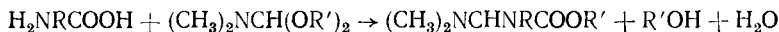
Лит.: Jones E. P., Davison V. L., J. Am. Oil Chem. Soc., 1965, v. 42, No. 2, p. 121—126.

## 156. Алкилацетали диметилформаида

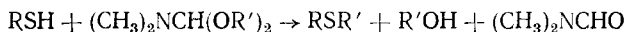
Применяют для получения алкиловых эфиров жирных и других органических кислот. Алкилирование происходит количественно и практически мгновенно (по растворении пробы), в одну стадию:



Реактивы взаимодействуют также с аминами, образуя N-диметиламинометиленовые (DMAM) производные. Аминокислоты, следовательно, реагируют одновременно по карбоксильным группам и аминогруппам:



Возможна также реакция с тиолами:



С гидроксильными группами реагенты не взаимодействуют.

Реактивы используют с растворителем пиридином (можно также с бензолом, метанолом, хлороформом, хлористым метиленом, тетрагидрофураном, диметилформамидом). На 10—50 мг жирных кислот расходуется 1 мл 2 н. раствора реактива в пиridине. Реакционную смесь нагревают до 60 °С в течение 10—15 мин и затем вводят непосредственно в хроматограф. Раствор реактива в пиridине устойчив при комнатной температуре.

Лит.: Th en o t J.-P. e t a l., *Analyt. Letters*, 1972, v. 5, No. 4, p. 217—223; No. 8, p. 519—529; H o l ú A., *Tetrahedron Lett.*, 1972, No. 7, p. 585—588.

1. Диметилацеталь N,N-диметилформаида, DMF-DMA



Methyl-8 [Pc, США] } 2 н. раствор в пиridине  
Esterate-M [Sup, США] }

Methyl-8 Concentrate [Pc, США] } реактив в чистом виде  
Esterate-СМ [Sup, США] }  
DMF-DMA Reagent [ASL, США] }

Плотность 0,90. Применяют для образования метиловых эфиров жирных кислот (С<sub>8</sub> и выше), а также аминокислот, фенолов, альдегидов:



Жирные кислоты метилируют 10—15 мин при 140 °С. Для метилирования желчных кислот реактив неприменим.

2. Диэтилацеталь N,N-диметилформаида



Ethyl-8 [Pc, США] } 2 н. раствор в пиridине  
Esterate-E [Sup, США] }

Ethyl-8 Concentrate [Pc, США] } реактив в чистом виде  
Esterate-CE [Sup, США] }

Плотность 0,86.

3. Ди-n-пропилацеталь N,N-диметилформаида



Propyl-8 [Pc, США] } 2 н. раствор в пиridине  
Esterate-P [Sup, США] }

Propyl-8 Concentrate [Pc, США] } реактив в чистом виде  
Esterate-CP [Sup, США] }

4. Ди-n-бутилацеталь N,N-диметилформаида



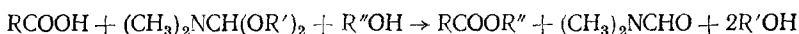
*t*-Butyl-8 [Pc, США] }  
 Esterate-B [Spu, США] } 2 н. раствор в пиридине  
*t*-Butyl-8 Concentrate [Pc, США] реактив в чистом виде  
 5. Ди-*трет*-бутилацеталь N,N-диметилформамида



*t*-Butyl-8 [Pc, США] }  
 Esterate-TB [Sup, США] } 2 н. раствор в пиридине  
*t*-Butyl-8 Concentrate [Pc, США] } реактив в чистом виде  
 Esterate-CTB [Sup, США] }  
 6. Динеопентилацеталь N,N-диметилформамида, DMF-DNA

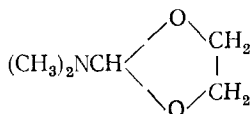


Реактив образует с карбоновыми кислотами, амидами и тиолами промежуточные продукты, способные (в присутствии спирта) подвергаться алкилированию:



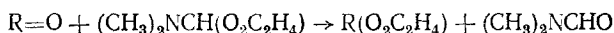
Лит.: В ü c h i Н. e t a l., Angew. Chem. Internat. Ed., 1964, v. 3, No. 1, p. 62—63; Н o l ý А., Tetrahedron Lett., 1972, No. 7, p. 585—588.

7. Этилснцеталь N,N-диметилформамида



$T_{пл}$  142—144 °С.

Специфически и в очень мягких условиях реагирует с 3-кетостероидами, образуя 3-этиленкетали:



Реакция протекает в кипящем хлористом метиле или бензоле в присутствии небольших количеств уксусной кислоты. Выход 70—90%. С другими насыщенными и ненасыщенными кетонами реактив не взаимодействует.

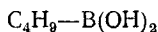
## 157. Алкилборные кислоты

Алкилборные кислоты реагируют с  $\alpha$ - и  $\beta$ -дифункциональными соединениями, образуя 5—6-членные циклические бораты. Наиболее пригодны для ацилирования веществ, содержащих гидроксильные и карбоксильные группы: 1,2- и 1,3-диолов,  $\alpha$ - и  $\beta$ -оксикислот и кетокислот, 1,2- и 1,3-оксиаминов (например, углеводов, моноглицеридов, кортикостероидов, катехоламинов, аминокспиртов).

Реакция протекает в очень мягких условиях, быстро (за 10—15 мин при комнатной температуре) и количественно. Производные стабильны. Хроматографическое разрешение их лучше, чем соответствующих силиловых эфиров.

Для предотвращения гидролиза производных (при реакции образуется вода) рекомендуется добавлять эквимолярное или немного большее количество 2,2-диметоксипропана (DMP) в подходящем растворителе — ацетоне, хлороформе, диметилформамиде, пиридине, тетрагидрофуране. DMP связывает воду с образованием ацетона и метанола, которые легко удаляются при упаривании.

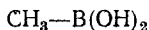
1. н-Бутилборная кислота, NBVA



Используют в виде раствора в пиридине (100 мг/мл), расходуя на 1—10 мг пробы 1 мл раствора.

Лит.: Anthony G. M. et al., *J. Chromatog. Sci.*, 1969, v. 7, No. 10, p. 623—631; Brooks C. J. W., Maclean I., *Ibid.*, 1971, v. 9, No 1, p. 18—24.

## 2. Метилборная кислота

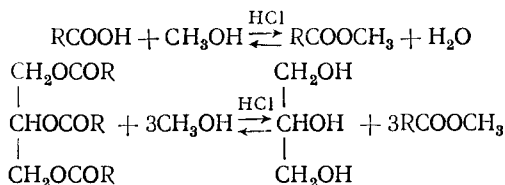


Преимущества перед НВБА: производные более летучи, с меньшим временем удерживания; реакционная смесь не загрязняется изоалкилизомерами.

## 158. Прочие метилирующие реактивы

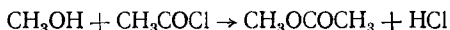
### 1. Метанол — HCl

Применяют для метилирования жирных кислот и омыления липидов (HCl играет роль катализатора):



В присутствии 2,2-диметоксипропана (DMP) равновесие сдвигается вправо. Образующийся при реакции DMP с глицерином изопропилиденглицерин можно использовать как маркер времени удерживания. При комнатной температуре реакция продолжается не менее 6 ч, но повышать температуру не рекомендуется из-за риска вызвать полимеризацию.

Реактив готовят путем пропусканием сухого хлористого водорода через охлаждаемый льдом метанол, до достижения концентрации HCl приблизительно 10%. Другой способ предлагает фирма **ASL** (набор реактивов «Instant Methanolic HCl Kit»). Реагент образуется при смешивании метанола с ацетилхлоридом:



При соотношении исходных реактивов 20 : 1 конечная концентрация образующегося HCl составляет 2,5%. Такой способ избавляет от необходимости работы с газообразным HCl. Второй продукт реакции — метилацетат — не мешает этерификации и хроматографическому разделению.

Лит.: Mason M. E., Waller G. R., *Anal. Chem.*, 1964, v. 36, No. 3, p. 583—586; S t a l l i n g D. L. et al., *Anal. Biochem.*, 1967, v. 18, No. 1, p. 118—125.

### 2. Метилат натрия — метанол

0,5—2 н. раствор NaOCH<sub>3</sub> в метаноле получают растворением металлического натрия в безводном спирте. Реактив применяют для метилирования моно-, ди- и триглицеридов и других липидов. В некоторых случаях, как, например, при метилировании холестериновых эфиров высших жирных кислот, применение этого реактива дает лучшие результаты, чем состав с BF<sub>3</sub>.

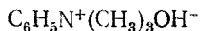
На 10 мг пробы расходуются 1 мл 0,5 н. раствора реактива с 0,5 мл бензола. Реакцию выполняют в запаянных ампулах при 75—80 °С в течение 20 мин. Недопустимо присутствие влаги, вызывающей омыление жирных кислот в соответствующие натриевые соли. Хранить реактив следует в холодильнике.

Лит.: Christopherson S. W., Glass R. L., *J. Dairy Sci.*, 1969, v. 52, No. 8, p. 1289—1290; S a h a S., D u t t a J., *Lipids*, 1973, v. 8, No. 11, p. 653—655.

Готовые реактивы выпускают фирмы **ASL** (No. 18018) и **Sup** («Methanolic-bases»).



### 3. Триметиланилиния гидроокись, ТМАН



(Триметилфениламмония гидроокись).

Мгновенно действующий реактив для метилирования барбитуратов, феноловых алкалоидов, ксантиновых оснований и других веществ, имеющих реакционно-способный водород у атома азота.

Реакция происходит непосредственно в инжекторе хроматографа, при введении пробы вместе с раствором реактива. Температура инжектора должна быть 250—300 °С.

Выпускают готовые растворы реактива в метаноле:

[Kodak, США; Serva, ФРГ] — 0,1 М;

MethElute [Pc, США] — 0,2 М;

X-TractElute [Pc, США] — 2 М, для анализа барбитуратов в крови и моче (по Кананен).

Лит.: Brochmann-Hanssen E., Oke T. O., J. Pharm. Sci., 1969, v. 58, No. 3, p. 370—371; Barrett J., Chem. Eng. News, 1971, v. 49, No. 15, p. 13; Kananen G. et al., J. Chromatog. Sci., 1972, v. 10, No. 5, p. 283—287.

### 4. Tri-Deuter-8 [Pc, США]

Состав для быстрого, в течение 15—30 мин, получения тридейтерометил-эфиров ( $\text{RCOOCd}_3$ ) жирных и других карбоновых кислот. Дейтерированные производные используют в газовой хроматографии, совмещенной с масс-спектрометрией.

Лит.: Smith P. K., Schewe L. R., U. S. Patent No. 3859 048.

## КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИЕ РЕАКТИВЫ

### 159. β-Дикетоны

Образуют летучие хелаты с переходными металлами, редкоземельными и другими элементами. Применяют для анализа следов металлов, например в токсикологии (пищевая и консервная промышленность).

Лит.: Мошьер Р., Сиверс Р., Газовая хроматография хелатов металлов, М., «Мир», 1967, 175 с.

#### 1. 1,1,1-Трифторацетилацетон, TFAA



(Трифтор-2,4-пентандион).

#### 2. 1,1,1,5,5,5-Гексафторацетилацетон, HFAA



(Гексафтор-2,4-пентандион).

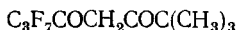
#### 3. Бензоилтрифторацетон, BTA



#### 4. Этилтрифторацетоацетат, ETAA



#### 5. 1,1,1,2,2,3,3-Гептафтор-7,7-диметил-4,6-октандион, Hfod



(Гептафторбутирилпивалоилметан).

#### 6. 2,2,6,6-Тетраметилгептан-3,5-дион, Hthd



(Дипивалоилметан).

## XIV. ПРОЯВИТЕЛИ ДЛЯ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

160. Основные проявители для тонкослойной и бумажной хроматографии . . . . . 367  
161. Проявители для колоночной хроматографии . . . . . 380

### 160. Основные проявители для тонкослойной и бумажной хроматографии

Главное внимание в данном разделе уделено наиболее часто применяемым проявителям; многие из них фирмы поставляют в готовом виде, например в аэрозольной упаковке или вместе с аппликатором, состоящим из распылителя и баллончика со сжатым газом.

Лит.: Хроматография на бумаге, под ред. И. М. Хайса и К. Мацека, М., Издательский центр «Лань», 1962, с. 719—756; Вальди Д., в кн.: Хроматография в тонких слоях, под ред. Э. Шгала, М., «Мир», 1965, с. 475—492; Dyeing reagents for thin layer and paper chromatography, Darmstadt, E. Merck, 1971, 118 p.

### КЛАССЫ СОЕДИНЕНИЙ И НОМЕРА ПРОЯВИТЕЛЕЙ ДЛЯ НИХ

Алкалоиды 24, 27, 28	Металлы 14, 39
Альдегиды 2, 19, 60, 61	Ненасыщенные соединения 27, 53, 59
Аминокислоты 26, 34—37	Нуклеозиды, нуклеотиды 42, 59, 63
Амины алифатические 17, 35	Оксисоединения 33, 50, 53, 60
Амины ароматические 15, 17, 24, 27, 28, 36, 41, 53, 63	Основания 10
Амфетамины 45	Пептиды 35, 63
Антиоксиданты 60	Перекиси 18
Барбитураты 21, 29, 44, 45, 47	Редуцирующие соединения 3—6, 48, 56, 58, 60
Белки 1, 27, 35, 53	Сахара 3—8, 32, 33, 56, 58, 60
Витамины 50, 54, 55, 60	Серусодержащие соединения 28, 58
Гидроксамовые кислоты 25	Спирты 8, 13, 42, 46, 64
Гликозиды 7, 58	Стероиды 7, 12, 13, 27, 50, 54—56, 58, 60
Гликолипиды 20, 33, 64	Терпены 7, 13, 54, 55
Желчные кислоты 25, 38, 40, 50	Уроновые кислоты 33, 46 <sup>-</sup>
Инсектициды 18, 42, 47	Фенолы 7, 13, 25, 41, 43, 50, 53, 57, 60
Каротиноиды 54	Флавоноиды 8, 9, 46, 54
Катехоламины 25	Фосфаты 31
Кетозы 32, 33	Хинолины 9
Кетоны 13, 19	Хлорированные соединения 18, 47
Кислоты 8, 10, 11, 22, 42, 60, 64	
Липиды 12, 13, 16, 20, 21, 23, 27, 30, 31, 42, 43, 59, 60, 64	

Универсальные проявители: 7, 27, 42, 43, 49, 51, 52, 62

### 1. Амидо-черный 10Б

(проявление белков)

Бумажные хроматограммы погружают на 10 мин в насыщенный раствор красителя в метаноле, содержащем ледяную уксусную кислоту, затем промывают смесью (10 : 1) метанола и ледяной уксусной кислоты. При ТСХ на сефадексах пластины выдерживают 5 ч в насыщенном растворе красителя в смеси метанол—вода—уксусная кислота (75 : 20 : 5) и затем промывают растворителем 2 ч.

### 2. 4-Амино-5-гидразино-1,2,4-триазол-3-тиол, АНТТ

(проявление альдегидов)

Раствор 2%-ный в 1 н. растворе NaOH (устойчив приблизительно 1 неделю). Специфически действующий реактив, к кетонам нечувствителен. При проявлении альдегидов в присутствии липидов следует предотвратить автоокисление последних, приводящее к образованию альдегидов. После опрыскивания хроматограмму высушивают на воздухе 10—30 мин или нагревают 2 мин до 80° С. Проявленные пятна окрашены в красный или пурпурный цвет, чувствительность определения 1 мкг.

Лит.: Dickinson R. G., Jacobsen N. W., Anal. Chem., 1969, v. 41, No 10, p. 1324—1327; Idem, Chem. Comm., 1970, No. 24, p. 1719—1720; Rahn C. H., Schlenk H., Lipids, 1973, v. 8, No. 11, p. 612—616.

Готовый реактив для опрыскивания выпускает фирма ASL (No. 18223).

### 3. *n*-Анизидинфталат

(проявление редуцирующих сахаров)

Раствор 0,1 М (1,23%) *n*-анизидина и 0,1 М (1,66%) *o*-фталевой кислоты в 96%-ном этаноле (или в метаноле). После опрыскивания хроматограммы выдерживают 10 мин при 100—110° С.

Готовый реактив в аэрозольной упаковке выпускает фирма Baker (No. 4492), растворитель—метанол.

### 4. Анилин—дифениламин—фосфорная кислота

(проявление редуцирующих сахаров)

Раствор 2 мл анилина, 2 г дифениламина (или трифениламина) и 10 мл 85%-ной фосфорной кислоты в 100 мл ацетона или этанола. Пятна различного цвета образуются при 5—10-минутном нагревании до 80—85° С.

Лит.: Buchan J. L., Savage R. I., Analyst, 1952, v. 77, No. 917, p. 401—406; Schwimmer S., Bevenue A., Sci., 1956, v. 123, No. 3196, p. 543—544; Bailey R. W., Bouigne E. J., J. Chromatog., 1960, v. 4, No. 3, p. 206—213.

Готовый реактив в аэрозольной упаковке выпускает фирма Sigma (Code ADA-2).

### 5. Анилин — фосфорная кислота

(проявление редуцирующих сахаров)

Смесь (1 : 2) 2 н. растворов анилина и фосфорной кислоты в *n*-бутаноле, насыщенном водой. После опрыскивания хроматограммы выдерживают 10 мин при 105° С.

Лит.: Bryson J. L., Mitchell T. J., Nature, 1951, v. 167, No. 4256, p. 864.

### 6. Анилиифталат

(проявление редуцирующих сахаров)

Раствор 0,1 М (0,93%) анилина и 0,1 М (1,66%) *o*-фталевой кислоты в *n*-бутаноле, насыщенном водой. После опрыскивания хроматограммы выдерживают 10 мин при 105° С. Пятна окрашены и флуоресцируют в УФ-свете. Чувствительность определения до 1 мкг.

Лит.: Partridge S. M., Nature, 1949, v. 164, No. 4167, p. 443; Peschke W., J. Chromatog., 1965, v. 20, No 3, p. 572—579.

Готовые реактивы в аэрозольной упаковке выпускают фирмы **Gelm** (No. 72822), **Merck** (No. 1266), **NBCo** (No. 841266 — 1,15%-ный раствор).

#### 7. *n*-Анисовый альдегид

(универсальный проявитель, особенно для сахаров, гликозидов, стероидов, терпенов, фенолов)

Для опрыскивания используют свежеприготовленные растворы:

а) 5 мл анисового альдегида, 5 мл концентрированной серной кислоты, 90 мл 96%-ного этанола и 1 мл ледяной уксусной кислоты; б) 1 мл анисового альдегида, 2 мл концентрированной серной кислоты и 100 мл ледяной уксусной кислоты; в) 0,5 г анисового альдегида, 15 мл хлорной кислоты (23%-ной) и 40 мл ацетона. Максимальная интенсивность окрашивания достигается при нагревании хроматограммы в течение 5—10 мин при 90—110 °С. Розовый фон можно ослабить действием водяных паров (на бане).

Лит.: Stahl E., Kaltenbach U., J. Chromatog., 1961, v. 5, No. 4, p. 351—355; Lisboa V. P., Ibid., 1964, v. 16, No. 1, p. 136—151.

#### 8. Бензидин—метапериодат натрия (калия)

(проявление кислот, сахаров, многоатомных спиртов, флавоноидов)

Раствор I — 0,1%-ный раствор метапериодата в воде; раствор II — смесь раствора 2,8 г бензидина в 80 мл 96%-ного этанола, 70 мл воды, 30 мл ацетона и 1,5 мл 1 н. соляной кислоты. После опрыскивания раствором I влажную хроматограмму опрыскивают раствором II.

#### 9. Борная кислота—лимонная кислота (проявление хинолинов, флавоноидов)

Раствор 2,5 г борной кислоты и 2,5 г лимонной кислоты в 100 мл метанола или ацетона. После выдерживания хроматограммы в течение 10 мин при 100 °С флуоресцирующие пятна видны в УФ-свете.

#### 10. Бромкрезоловый зеленый

(кислотно-основной индикатор)

Раствор 0,04—0,3%-ный в этаноле (96%-ном) или метаполе, с добавлением 0,1 н. раствора NaOH или NH<sub>4</sub>OH до окрашивания в голубой цвет. Кислоты и основания проявляются в виде пятен соответственно желтого и голубого цвета на зеленом фоне.

Лит.: Вгуант F., Overell V. T., Biochim. Biophys. Acta, 1953, v. 10, No. 3, p. 471—476.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (No 18206), **RDN** (No. 32748); в аэрозольной упаковке — фирмы **Baker** (No. 4493—0,1%-ный раствор в пропаноле-2), **Sigma** (Code BCG-04), **Merck** (No. 1998), **NBCo** (No. 841998 — 0,05%-ный раствор).

#### 11. Бромкрезоловый пурпурный

(проявление кислот)

Раствор 0,04%-ный в этаноле (50%-ном) с добавлением 0,1 н. раствора NaOH или NH<sub>4</sub>OH до pH = 10. Кислоты проявляются в виде желтых пятен на сине-красном фоне.

#### 12. Бромтимоловый синий

(проявление липидов, кортикостероидов)

Раствор 0,04%-ный в 0,01 н. растворе NaOH. После опрыскивания хроматограммы выдерживают в камере с парами аммиака. Цвет пятен зелено-голубой. Чувствительность определения 0,1—1 мкг.

Лит.: Jatzkewitz H., Mehl E., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem., 1960, Bd. 320, Nr 4—6, S. 251—257.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (No. 18207) и **Gelm** (No. 72820 — в аэрозольной упаковке).

#### 13. Ванилин — серная кислота (см. также № 50)

(проявление высших спиртов, фенолов, терпенов, стероидов, эфирных масел)

К 100 мл 3%-ного раствора ванилина в абсолютном этаноле добавляю 0,5 мл концентрированной серной кислоты или 1,5 г *n*-толуолсульфокислоты. Зелено-голубые пятна образуются после нагревания хроматограммы до 120 °С.

#### 14. Виолуровая кислота

(проявление щелочных и щелочноземельных металлов)

Раствор 1,5%-ный в воде (при растворении не нагревать до температуры выше 60 °С). После опрыскивания хроматограмму выдерживают 20 мин при 100—120 °С. Пятна ионов окрашиваются в различные оттенки от желто-оранжевого до фиолетово-голубого цвета.

Лит.: E g l e n m e y e r H. e t a l., Helv. Chim. Acta, 1951, v. 34, No. 5, p. 1419—1421.

#### 15. Глюкоза — фосфорная кислота

(проявление ароматических аминов)

Смесь 50 мл 4%-ного раствора глюкозы в 3 М фосфорной кислоте, 30 мл этанола и 30 мл *n*-бутанола. После опрыскивания хроматограммы выдерживают 10 мин при 115 °С.

#### 16. Джоунса реактив (Jones)

(проявление липидов)

Состав: 0,1 г родамина Б, 0,035 г 2', 7'-дихлорфлуоресцеина, 150 мл диэтилового эфира, 70 мл этанола (95%-ного), 16 мл воды. Пятна флуоресцируют оранжевым и оранжево-пурпурным цветом на зеленом фоне.

Лит.: J o n e s D. e t a l., J. Chromatog., 1966, v. 23, No. 1, p. 172—174. Готовый реактив для опрыскивания выпускает фирма **BDH** (No. 44136).

#### 17. *n*-(Диметиламино)бензальдегид — HCl, реактив Эрлиха (Ehrlich)

(проявление первичных и вторичных аминов)

Раствор 1%-ный в смеси (1 : 1) 96%-ного этанола и концентрированной соляной кислоты, или в смеси (3 : 1) метанола и концентрированной соляной кислоты, или в 96%-ном этаноле. В последнем случае после опрыскивания реактивом хроматограмму помещают на 3—5 мин в камеру, насыщенную парами HCl, или опрыскивают 25%-ной соляной кислотой. Иногда хроматограмму нужно нагреть до 50—80 °С.

Лит.: H e a s o c k R. A., M a h o n M. E., J. Chromatog., 1965, v. 17, No. 2, p. 338—348.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы: **ASL** (No. 18221 — модифицированный реактив Эрлиха, особенно чувствительный к ароматическим аминам), **RDH** (No. 33169); в аэрозольной упаковке — фирмы **Baker** (No. 4495 — 1%-ный раствор в пропанол-2), **Merck** (No. 3056 — 0,5%-ный раствор в изопропанол-2), **NBCo** (No. 843056 — 0,5%-ный раствор).

#### 18. *N,N*-Диметил-*n*-фенилендиаммоний двухлористый

(проявление хлорированных инсектицидов, перекисей)

Раствор 0,5%-ный в метоксиде или этоксиде натрия, который готовят растворением 1 г металлического натрия в 100 мл метанола или этанола. После опрыскивания хроматограмму увлажняют и облучают УФ-светом в течение 1 мин. Пятна флуоресцируют в УФ-лучах фиолетово-зеленым цветом.

Лит.: B ä u m l e r J., R i p p s t e i n S., Helv. Chim. Acta, 1961, v. 44, No. 4, p. 1162—1164.

Готовый реактив для проявления перекисей выпускает фирма **Sup** («Nu-регоху-Спра»).

#### 19. 2,4-Динитрофенилгидразин

(проявление альдегидов и кетонов)

Раствор 0,4%-ный в 2 н. соляной кислоте или 0,1%-ный в этаноле, к которому добавлена соляная кислота (1 мл концентрированной кислоты на 100 мл раствора). Цвет пятен от желтого до красного, на бледно-оранжевом фоне. Дополни-

тельным опрыскиванием 0,2%-ным раствором  $K_3Fe(CN)_6$  в 2 н. соляной кислоте можно уточнить класс проявленных веществ: насыщенные кетодифенилгидразоны сразу же становятся голубыми, насыщенные альдодифенилгидразоны несколько медленнее окрашиваются в оливково-зеленый цвет, а ненасыщенные карбонил-производные не изменяют своего цвета или изменяют его очень медленно.

Лит.: Mehlitz A. et al., Chemiker-Ztg., 1963, Bd. 87, Nr. 16, S. 573—576.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускает фирма **Sup** (No. 3-2093, 3-3093).

20. Дифениламин  
(проявление гликолипидов)

Смесь 10 мл 10%-ного спиртового раствора дифениламина, 50 мл концентрированной соляной или серной кислоты и 40 мл ледяной уксусной кислоты. После выдерживания пластин 5—10 (до 30) мин при 100—105 °С появляются серо-голубые пятна. Чувствительность определения до 0,05 мкг.

Лит.: Jatzkewitz H., Mehl E., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem., 1960, Bd. 320, Nr. 4—6, S. 251—257.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (No. 18216 и **Sup** (No. 3-3087).

21. Дифенилкарбазон  
(проявление барбитуратов, липидов)

Раствор 0,1—0,2%-ный в 96%-ном этаноле. Интенсивность окрашивания возрастает при повторном опрыскивании 0,05 н. раствором азотной кислоты в этаноле. Чувствительность определения 0,25—1 мкг.

Лит.: Ипоще Y. et al., J. Am. Oil Chem. Soc., 1955, v. 32, No. 3, p. 132—135.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **Gelm** (No. 77876), **VI** (No. 3504110-9 — 0,01%-ный раствор в смеси ацетон + вода, 1 : 1), **QI** (QSR-A/1 — 0,01%-ный раствор в хлороформе).

22. 2,6-Дихлорфенолиндофенол, натриевая соль  
(проявление кислот)

Раствор 0,1%-ный в 96%-ном этаноле. После непродолжительного нагревания хроматограмм кислоты проявляются в виде розовых пятен на голубом фоне. Экспозиция в парах аммиака в течение нескольких секунд делает хроматограмму более четкой. При продолжительном нагревании пятна кегокислот становятся белыми, тогда как пятна карбоновых кислот остаются розовыми.

Лит.: Passera C. et al., J. Chromatog., 1964, v. 14, No. 2, p. 289—291.

23. 2',7'-Дихлорфлуоресцеин  
(проявление насыщенных и ненасыщенных липидов)

Раствор 0,2%-ный в 96%-ном этаноле. Пятна флуоресцируют желто-зеленым цветом при облучении УФ-лучами (366 нм). Интенсивность свечения иногда возрастает при обработке хроматограммы водяным паром. Вещества, поглощающие в УФ-свете (витамин Е, убихиноны) рекомендуется опрыскивать 0,01%-ным раствором реактива. Без облучения УФ-светом на бледно-желтом фоне проявляются розовые пятна.

Лит.: Malins D. C., Mangold H. K., J. Am. Oil Chem. Soc., 1960, v. 37, No. 11, p. 576—578; Dunphy P. J. et al., Chem. Ind. (London), 1965, No. 27, p. 1217—1218.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (No. 18201), **Baker** (No. 4494 — 0,2%-ный раствор в пропанол-2), **Merck** (No. 9677), **Sup** (No. 3-3078).

#### 24. Драгендорфа реактив (**Dragendorff**)

(проявление алкалоидов и других азотистых оснований — третичных и четвертичных аминов)

Запасной раствор, который можно хранить в холодильнике несколько месяцев, получают смешиванием (в соотношении 1 : 1) растворов 1,7 г нитрата висмута и 20 г винной кислоты (или 20 мл ледяной уксусной кислоты) в 80 мл воды и 16 г йодида калия в 40 мл воды. Раствор для опрыскивания смешивают перед применением: 10 мл запасного раствора, 20 г винной кислоты (или 20 мл уксусной кислоты) и 100 мл воды. Витамин В<sub>1</sub> рекомендуется проявлять запасным раствором. Алкалоиды проявляются в виде красных пятен на светло-желтом фоне. Чувствительность определения 0,1—0,5 мкг.

Лит.: M u n i e r R., M a s c h e b o e u f M., Bull. soc. chim. biol., 1951, T. 33, No. 7, p. 846—856; M u n i e r R., Ibid., 1953, T. 35, No. 10, p. 1225—1231; J a t z k e w i t z H., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem., 1953, Bd. 292, Nr. 1—2, S. 94—100.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (No. 18219), **VI** (No. 3504140-1 — в двух растворах: 0,94%-ный раствор  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  в 30,6%-ной уксусной кислоте и 11,21%-ный раствор  $\text{KI}$  в воде), **QI** (QSR-D — в 20%-ной уксусной кислоте).

#### 25. Железа хлорид

(проявление гидроксамовых кислот, катехоламинов, фенолов, желчных кислот)

Раствор 1—2 (до 10)%-ный  $\text{FeCl}_3$  в 0,5 н. соляной кислоте или в смеси (85 : 15) *n*-бутанола и серной кислоты, или насыщенный раствор  $\text{FeCl}_3$  в водонасыщенном *n*-бутаноле.

Лит.: F i n k K., F i n k R. M., Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 1949, v. 70, No. 4, p. 654—656; A n t h o n y W. L., B e h e r W. T., J. Chromatog., 1964, v. 13, No. 2, p. 567—570.

#### 26. Изатин—ацетат цинка

(проявление пролина, оксипролина и других аминокислот)

К раствору 1 г изатина и 1,5 г ацетата цинка в 100 мл 95%-ного изопропанола (растворяются при нагревании до 80 °С) после охлаждения добавляют 1 мл уксусной кислоты. Раствор хранят в холодильнике. После опрыскивания хроматограммы выдерживают 30 мин при 80—85 °С, но лучше оставить их на сутки при комнатной температуре. Проявление полихроматическое. Чувствительность определения до  $3 \cdot 10^{-8}$  моль/см<sup>2</sup>.

Лит.: B a r r o l l i e r J. et al., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem., 1956, Bd. 304, Nr. 1, S. 21—25.

Готовый раствор в аэрозольной упаковке выпускает фирма **Sigma** (Code ISA-2).

#### 27. Иод

(универсальный проявитель, особенно для ненасыщенных соединений, стероидов, алкалоидов, липидов, белков)

Хроматограммы выдерживают 5—15 мин в эксикаторе с парами иода (для чего кристаллы иода нагревают или смачивают небольшим количеством воды) или опрыскивают 0,5—5%-ным раствором иода в хлороформе или метаноле. Избыток иода улетучивается при стоянии на воздухе в течение 5—10 мин, после чего пятна можно окрасить в голубой цвет опрыскиванием 1%-ным водным раствором крахмала.

Лит.: B r a n t e G., Nature, 1949, v. 163, No. 4147, p. 651—652; B e t t s c h a r t A., F l ü c k H., Pharm. Acta Helv., 1956, Bd. 31, Nr. 5, S. 260—283; B a r r e t t G. C., Nature, 1962, v. 194, No. 4834, p. 1171—1172.

#### 28. Иодоплатинат

(проявление алкалоидов и других гетероциклических азотистых соединений)

Смесь (1 : 1) водных растворов 0,3%-ной платинохлористоводородной кислоты  $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и 6%-ного  $\text{KI}$ . В темной склянке раствор сохраняется длительно.

тельное время. После опрыскивания хроматограммы выдерживают 5 мин при 110 °С. Пятна можно наблюдать в видимом и УФ-свете. Чувствительность определения 0,1—1 мкг.

Лит.: Zaffaroni A. et al., J. Biol. Chem., 1949, v. 177, No. 1, p. 109—116; Goldbaum L. R., Kazuyak L., Anal. Chem., 1956, v. 28, No. 8, p. 1289—1290; Hilf R. et al., J. Lab. Clin. Med., 1959, v. 54, No. 4, p. 634—639.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (No. 18215), **VI** (No. 35 04 130-3 — из двух растворов: 0,79%-ной платинохлористоводородной кислоты и 19,35%-ного KI), **Gelm** (No. 77879), **Sup** («Sulf-Spra» — те же реактивы и HCl, в спирте; реактив предназначен для проявления серусодержащих соединений).

Карра-Прайса реактив: см. № 54

29. Кобальта нитрат—аммиак, реактив Цвиккера (**Zwicker**)  
(проявление барбитуратов)

Раствор 1—5%-ный нитрата кобальта в абсолютном этаноле. После опрыскивания раствором хроматограммы сушат 1—2 мин при 80 °С и затем помещают в пары аммиака. Барбитураты проявляются и в виде фиолетовых пятен.

Лит.: Shellard E. J., Osisiogu J. U., Lab. Pract., 1964, v. 13, No. 6, p. 516—522.

30. Меди ацетат—фосфорная кислота (проявление липидов)

Раствор 3%-ный ацетата меди в 15—17%-ной фосфорной кислоте. После опрыскивания хроматограммы выдерживают 10—20 мин при 120—125 °С. Чувствительность определения 1—5 мкг.

Лит.: Andersen N. H., J. Lipid Res., 1969, v. 10, No. 3, p. 316—319.  
Готовый реактив для опрыскивания выпускает фирма **ASL** (No. 18217).

31. Молибденовая синь

(проявление фосфатов, фосфолипидов)

Раствор I — 1%-ный раствор молибдата аммония, раствор II — 1%-ный раствор хлорида олова в 10%-ной соляной кислоте. После опрыскивания раствором I и высушивания хроматограммы опрыскивают раствором II. В некоторых случаях рекомендуется после второго опрыскивания выдержать хроматограмму 3—5 мин при 105—110 °С.

Лит.: Dittmer J. C., Lester R. L., J. Lipid Res., 1964, v. 5, No. 1, p. 126—127.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (No. 18213) и **Sup** («Phospray», «Phosphate Mix»).

32. Мочевина — соляная кислота

(проявление кетоз, олигосахаридов)

Раствор: 5 г мочевины, 20 мл 2 н. соляной кислоты, этанол до 100 мл. Синее окрашивание усиливается при непродолжительном нагревании до 100—105 °С.

Лит.: Dedonder R., Bull. soc. chim. biol., 1952, т. 34, No. 1—2, p. 144—156.

33. α-Нафтол

(проявление кетоз, гликолипидов, уроновых кислот, полиоксисоединений)

Смесь 0,2—1%-ного раствора α-нафтола в этаноле с фосфорной кислотой (плотность 1,7) в соотношении 10 : 1 или с 20%-ным раствором серной или трихлоруксусной кислоты в соотношении 1 : 1. Вместо α-нафтола можно использовать нафторезорцин (1,3-диоксинафталин). После опрыскивания хроматограммы выдерживают 5—10 мин при 100—110 °С (при проявлении уроновых кислот — 10—15 мин при 70—80 °С во влажной атмосфере, на водяной бане).



Лит.: Jacin H., Mishkin A. R., J. Chromatog., 1965, v. 18, No. 1, p. 170—173; Lato M. et al., Ibid., 1968, v. 34, No. 1, p. 26—34.

Готовый раствор для опрыскивания выпускает фирма **Sup** (No. 3-3073).

34. 1,2-Нафтохинон-4-сульфонат натрия, реактив Фолина (**Folin**)  
(проявление аминокислот)

Раствор 0,02%-ный в 5%-ном водном растворе соды. Нагревать хроматограмму после опрыскивания не требуется. Окрашивание аминокислот полихроматическое.

Лит.: Mü t t i n g D., Naturwiss., 1952, Bd. 39, Nr. 13, S. 303.

35. Нингидрин

(проявление аминокислот, алифатических аминов, аминсахаров, пептидов, белков)

Раствор 0,1—0,5%-ный в *n*-бутаноле (или ацетоне, этаноле) с добавкой ледяной уксусной кислоты (3 : 100 по объему). После опрыскивания хроматограммы выдерживают 30 мин при 60 °С или 10 мин при 110 °С. Чувствительность определения 0,01—0,5 мкг.

Лит.: Patton A. R., Chism P., Anal. Chem., 1951, v. 23, No. 11, p. 1683—1685; Fahmy R. A. et al., Helv. Chim. Acta, 1961, v. 44, No. 7, p. 2022—2026.

Выцветающую со временем окраску пятен можно стабилизировать дополнительным опрыскиванием смесью 1 мл насыщенного водного раствора нитрата меди (II), 0,2 мл 10%-ной азотной кислоты и 100 мл 96%-ного этанола с последующим выдерживанием хроматограммы в парах аммиака.

Лит.: Kawerau E., Wieland T., Nature, 1951, v. 168, No. 4263, p. 77—78.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (No. 18220, 18222), **VI** (No. 68 01 210-4), **Gelm** (No. 77878, 72818 — последний в аэрозольной упаковке), **Merck** (No. 6758), **NBCo** («Ninspray» — 0,5%-ный раствор в бутаноле), **Pc** («Nip-Sol» — 0,25%-ный раствор в *n*-бутаноле и «Nip-Print» — 6%-ный раствор в ацетоне, реагент с повышенной чувствительностью), **RDH** (No. 33462), **Sigma** («NIN-3»), **S/M** (No. 0101, 0102 — 0,2%-ный раствор в ацетоне или *n*-бутаноле), **Sup** (No. 3-3072), **QI** (QSR-N).

36. Нингидрин — ацетат кадмия

(проявление аминокислот и аминов, особенно гетероциклических)

Раствор 0,2 г нингидрина, 0,5 г ацетата кадмия и 2 мл ледяной уксусной кислоты в 100 мл этанола (ацетона). После опрыскивания хроматограмму выдерживают 20 мин при 120 °С.

Лит.: Heilmann J., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem., 1957, Bd. 309, Nr. 4—6, S. 219—220.

37. Нингидрин—коллидин

(проявление аминокислот)

Состав: 50 мл 0,2%-ного раствора нингидрина в абсолютном этаноле, 10 мл ледяной уксусной кислоты и 2 мл симм. коллидина (2,4,6-триметилпиридина). Перед использованием к этой смеси добавляют (в соотношении 3 : 50) 1%-ный раствор  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  в абсолютном этаноле. Красные, постепенно выцветающие пятна образуются при нагревании хроматограмм в течение 5—10 мин при 110 °С.

Лит.: Веннерг М., Niederwieser A., Experientia, 1960, v. 16, No. 8, p. 378—383.

Готовый реактив для опрыскивания выпускает фирма **Baker** (No. 4496 — 0,2% нингидрина и 2,5% коллидина в пропаноле-2).

38. 8-Окси-1,3,6-пирентрисульфонат натрия

(проявление желчных кислот)

Раствор 0,005%-ный в метаноле. Проявленные пятна флуоресцируют в УФ-свете. Чувствительность определения 1 мкг. В отличие от проявления пиреном (см. № 40), данным реактивом желчные кислоты не конъюгируются и могут быть элюированы с пластин в чистом виде (например с помощью ацетона).

Лит.: Kelllogg T. F., J. Lipid Res., 1970, v. 11, No. 5, p. 498—499.  
Готовый реактив для опрыскивания «Bile-Spra» выпускает фирма Sup.

39. 8-Оксихиолин

(проявление ионов металлов)

Раствор 0,5—1%-ный в 60—70%-ном этаноле. Перед опрыскиванием реактивом хроматограмму выдерживают в парах аммиака или опрыскивают 25%-ным водным аммиаком. Пятна различного цвета видны также при освещении УФ-светом.

Лит.: Arden T. V. et al., Nature 1948, v. 162, p. 691—692; Reeves W. A., Crompter T. B., Anal. Chem., 1951, v. 23, No. 11, p. 1576—1578.

Паули реактив: см. № 53.

40. Пирен

(проявление желчных кислот)

Раствор 0,05%-ный в петролейном эфире. Чувствительность определения до 0,2 мкг. См. также № 38.

Лит.: Eastwood M. A., Hamilton D., Biochem. J., 1967, v. 105, No. 2, part 2, p. 37 c.

41. Прочная голубая соль Б

(проявление фенолов, аминов)

Раствор I — 0,5%-ный в воде или 0,1%-ный в 70%-ном этаноле, раствор II — 0,1 н. раствор едкого натра. Растворы используют последовательно.

42. Родамин Б

(универсальный флуоресцентный проявитель, особенно чувствителен к липидам, кислотам, высшим алифатическим спиртам, пуринам)

Раствор 0,025 — 0,5%-ный в 96%-ном этаноле. Розовато-лиловые пятна на розовом фоне видны также в УФ-свете (366 нм). Усиление окраски пятен с одновременным обесцвечиванием фона достигается при экспозиции хроматограммы в парах брома.

Лит.: Kaufman H. P., Budwig J., Fette u. Seifen, 1951, Bd. 53, S. 390—399.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (No. 18203), **Apol** (0,05 и 0,5%-ные растворы в аэрозольной упаковке), **Baker** (No. 4498, 4499 — 0,25 и 0,025%-ные растворы в пропаноле-2, в аэрозольной упаковке), **Gelm** (No. 72825), **Merck** (No. 7597, 7598 — 0,025%-ный раствор для инсектицидов и 0,25%-ный раствор для высших жирных кислот и липидов), **RDH** (No. 32636), **NBCo** (No. 847596 — 0,1%-ный раствор).

43. Родамин 6Ж

(универсальный флуоресцентный проявитель, особенно чувствителен к липидам и фенолам)

Раствор 0,001%-ный в ацетоне или 0,05%-ный в этаноле.

Лит.: Witter R. F. et al., Arch. Biochem. Biophys., 1957, v. 68, No. 1, p. 15—20.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (No. 18211) и **Sup** (No. 3-3069).

#### 44. *n*-Розанилин — нитрат ртути(I)

(проявление барбитуратов)

Раствор I — 0,025%-ный раствор *n*-розианилина солянокислого в 50%-ном метаноле, раствор II — 1%-ный водный раствор нитрата ртути  $Hg_2(NO_3)_2$ . После опрыскивания раствором I хроматограмму сушат 5—10 мин при 110 °С, затем опрыскивают раствором II. Цвет пятен барбитуратов — от розового до пурпурного.

#### 45. Ртуть(II) дифенилкарбазон

(проявление барбитуратов, амфетаминов)

а) Раствор I — к суспензии 5 г окиси ртути желтой ( $HgO$ ) в 100 мл воды добавляют 20 мл концентрированной серной кислоты; по охлаждении раствор разбавляют водой до 250 мл; раствор II — 0,01%-ный раствор дифенилкарбазона в хлороформе. После опрыскивания раствором I хроматограмму высушивают и опрыскивают раствором II.

б) Раствор I — 0,1%-ный раствор дифенилкарбазона в 95%-ном этаноле, раствор II — 0,33%-ный раствор нитрата ртути  $Hg(NO_3)_2$  в 0,04 н. азотной кислоте. Хроматограммы опрыскивают последовательно растворами I (до слабо-розового окрашивания) и II. Образуются розовые пятна на фиолетовом фоне. Под действием УФ-света фон обесцвечивается, а пятна становятся фиолетовыми.

в) Равные объемы спиртовых растворов хлорида ртути  $HgCl_2$  (2%-ного) и дифенилкарбазона (0,2%-ного) смешивают непосредственно перед использованием.

Лит.: а) Sunshine I. et al., Clin. Chem., 1963, v. 9, No. 3, p. 312—316; б) Lehmann J., Karamustafaoglu V., Scand. J. Clin. Lab. Invest., 1962, v. 14, No. 5, p. 554—558; в) Christensen E. K. J. et al., Pharm. Weekblad, 1965, Bd. 100, S. 517.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускает фирма ASL (No. 18220).

#### 46. Свинца тетраацетат

(проявление уროновых кислот, флавоноидов, диолов, моноглицеридов)

Раствор насыщеный водный или 1%-ный в толуоле (бензоле). После опрыскивания хроматограммы сушат 10 мин при 110 °С. Образуются белые пятна на коричневом фоне. Чувствительность определения 50—100 мкг.

Лит.: Mangold H. K. et al., J. Am. Chem. Soc., 1955, v. 77, No. 22, p. 6070—6072.

#### 47. Серебра нитрат

(проявление хлорорганических соединений, барбитуратов)

Водный 0,5%-ный раствор. После опрыскивания и высушивания хроматограммы облучают УФ-светом (254 нм). Хлорорганические вещества образуют пятна бурого цвета, барбитураты — белые пятна на сером фоне (для проявления барбитуратов рекомендуется использовать 5%-ный раствор).

#### 48. Серебра нитрат—аммиак

(проявление редуцирующих соединений)

Свежеприготовленная смесь (1 : 5 или 1 : 1) растворов 0,1 н. нитрата серебра и 5 н. гидроксида аммония. После нагревания в течение 5—10 мин при 105 °С образуются темные пятна восстановленного серебра.

Лит.: Zaffaroni A. et al., J. Biol. Chem., 1949, v. 177, No. 1, p. 109—116; Bate-Smith E. C., Westall R. G., Biochim. Biophys. Acta, 1950, v. 4, No. 4—6, p. 427—440.

#### 49. Серная кислота

(универсальный обугливающий проявитель)

Для опрыскивания используют концентрированную или разбавленную (50%-ную) серную кислоту, а также смеси (в соотношении от 1 : 1 до 1 : 20) 50%-ной кислоты со спиртами (метиловым, этиловым, *n*-бутиловым) или другими

кислотами (азотной, уксусной) или уксусным ангидридом. После опрыскивания хроматограмму подсушивают на воздухе в течение 15 мин, затем выдерживают 10—15 мин при 80—120 °С (иногда рекомендуется нагревать до 200 °С).

Лит.: Anthony W. L., Beher W. T., J. Chromatog., 1961, v. 13, No. 2, p. 567—570.

Серная кислота—бихромат: см. № 62.

50. Серная кислота—ванилин (см. также № 13)

(проявление желчных кислот и др. стероидов, витаминов, незамещенных фенолов, полиоксисоединений)

Раствор 0,5—1%-ный ванилина в концентрированной серной кислоте или в смеси кислоты с этанолом (4 : 1). При нагревании хроматограммы до 110—120 °С в течение 5—10 мин (иногда до 30 мин) образуются пятна различного цвета, некоторые из которых видны в УФ-свете.

Лит.: Le Rosen A. L. et al., Anal. Chem., 1952, v. 24, No. 8, p. 1335—1336; Tyihák E. et al., J. Chromatog., 1963, v. 11, No. p. 45—49; Matthews J. S., Biochim. Biophys. Acta, 1963, v. 69, No. 1, p. 163—165.

51. Серная кислота — перманганат калия  
(универсальный проявитель)

Раствор 1—3%-ный перманганата калия в концентрированной серной кислоте. Перед опрыскиванием хроматограмму тщательно высушивают для удаления следов растворителя. После опрыскивания хроматограмму выдерживают 10 мин при 110 °С.

Лит.: Ertel H., Hognner L., J. Chromatog., 1962, v. 7, No. 2, p. 268—269.

52. Серная кислота — формальдегид  
(универсальный проявитель)

К концентрированной серной кислоте добавляют 35—37%-ный водный раствор формальдегида в соотношении от 1 : 50 до 1 : 200. Для проявления требуется нагревание до 180 °С.

Лит.: Le Rosen A. L. et al., Anal. Chem., 1952, v. 24, No. 8, p. 1335—1336; Kucharczyk N. et al., J. Chromatog., 1963, v. 11, No. 1, p. 55—61.

Готовый реактив выпускает фирма Sup (No. 3-3071).

53. Сульфаниловая кислота диазотированная, реактив Паули (Pauly)  
(проявление фенолов, ароматических оксикислот, гетероциклических соединений, аминов, белков)

а) Приготовление соли диазония: к раствору 25 г сульфаниловой кислоты в 125 мл 10%-ного раствора едкого кали добавить (при охлаждении) 100 мл 10%-ного раствора нитрита натрия, 40 мл концентрированной соляной кислоты и 20 мл воды. Соль промывают ледяной водой, этанолом и диэтиловым эфиром и высушивают. При хранении в темной склянке в холодильнике соль устойчива несколько месяцев. Для опрыскивания готовят раствор 0,1 г диазониевой соли в 20 мл 10%-ного раствора карбоната натрия.

б) Запасной раствор (по Кирби—Берри) — 4,5 г сульфаниловой кислоты растворяют при нагревании в 45 мл 12 н. соляной кислоты и разбавляют водой до 500 мл. Раствор для опрыскивания — 10 мл запасного раствора смешивают с 10 мл 4,5%-ного раствора нитрита натрия, выдерживают при 0 °С в течение 15 мин, затем добавляют 20 мл 10%-ного раствора карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Лит.: Jatzkewitz H., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem., 1953, Bd. 292, Nr 1—2, S. 94—100; Jatzkewitz H., Lenz U., Ibid., 1956, Bd. 305, Nr. 2—3, S. 53—60; Grimmett M. R., Richards E. L., J. Chromatog., 1965, v. 20, No. 1, p. 171—173.

54. Сурьмы(III) хлорид, реактив Карра-Прайса (Carr-Price) (проявление стероидов, каротиноидов, флавоноидов, витаминов А и Д, терпенов)

Насыщенный ( $\approx 25\%$ -ный) раствор хлорида сурьмы(III) в хлороформе или четыреххлористом углеводе. Используют также смесь хлорида сурьмы и ледяной уксусной кислоты (1 : 1). Пятна различного цвета, некоторые из которых видны в УФ-свете, образуются после выдерживания хроматограммы в течение 5—10 мин при 90—120 °С.

Лит.: Stahl E., Chemiker-Ztg., 1958, Bd. 82, Nr. 10, S. 323—329; Takeda K. et al., J., Chromatog., 1963, v. 11, No. 4, p. 562—564.

Готовый реактив для опрыскивания выпускает фирма ASL (No. 18204).

55. Сурьмы(V) хлорид

(проявление терпенов, масел, смол, стероидов, витаминов AD, E)

Свежеприготовленная смесь (1 : 4) хлорида сурьмы (V) и четыреххлористого углерода или хлороформа. После опрыскивания хроматограмму нагревают до 100—120 °С.

Лит.: Le Rosen A. L. et al., Anal. Chem., 1952, v. 24, No. 8, p. 1335—1336; Davis R. B. et al., J., Am. Chem. Soc., 1952, v. 74, No. 18, p. 4483—4484; Stahl E., Chemiker-Ztg., 1958, Bd. 82, Nr. 10, S. 323—329; Kan R. et al., J. Chromatog., 1964, v. 14, No. 2, p. 275—279; Henkel H. G., Ebing W., Ibid., p. 283—285.

Готовый реактив для опрыскивания выпускает фирма ASL (No. 18205).

56. Тетразоловый синий

(проявление редуцирующих сахаров, кортикостероидов и др. редуцирующих соединений)

Свежеприготовленная смесь (1 : 1) 0,5%-ного раствора реактива в метаноле и 6 н. раствора едкого натра в воде или водно-метанольной смеси. Вариант: свежеприготовленная смесь (1 : 1) 2%-ного водного раствора реактива и 1 н. раствора едкого натра. Фиолетовые пятна проявляются при комнатной температуре или после непродолжительного нагревания. Чувствительность проявления выше, чем с трифенилтетразолом (№ 58).

Лит.: Bush I. E., Willoughby M., Biochem. J., 1957, v. 67, No. 4, p. 689—700; Nishikaze O. et al., J., Biochem. (Tokyo), 1963, v. 54, No. 5, p. 427—431; Adames O. et al., Steroids, 1963, v. 1, p. 495—506; Freimuth V. et al., Acta Biol. Med. Ger., 1964, Bd. 13, Nr. 4, S. 624—628; Fehér T., Mikrochim. Technol. Acta, 1965, No. 1 p. 105—116.

57. *o*-Толидин тетраазотированный

(проявление фенолов)

Свежеприготовленная смесь (1 : 1) 10%-ного раствора нитрита натрия и 0,5%-ного раствора *o*-толидина (5 г *o*-толидина растворяют в 25 мл 25%-ной соляной кислоты и разбавляют водой до 1 л). Проявитель сохраняет силу в течение 2—3 ч. После опрыскивания хроматограммы выдерживают 5 мин при 110 °С.

58. 2,3,5-Трифенилтетразол хлорид, ТТС

(проявление редуцирующих сахаров, гликозидов, кортикостероидов, тиокислот и др. редуцирующих соединений)

Свежеприготовленная смесь (1 : 1) растворов в метаноле — 4%-ного ТТС и 1 н. едкого натра. Пятна красного цвета образуются при нагревании хроматограмм в течение 5—10 мин при 100 °С. Более высокой чувствительностью обладает реактив № 56.

Лит.: Fischer F. G., Dörfel H., Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem., 1954, Bd. 297, Nr. 3—6, S. 164—178; Metz H., Naturwiss., 1961, Bd. 48, Nr. 17, S. 569—570.

Готовый реактив в аэрозольной упаковке выпускает фирма Sigma (Code TTZ-1).

### 59. Флуоресцеин

(проявление ароматических и гетероциклических соединений, липидов, нуклеотидов, нуклеозидов, нуклеиновых оснований)

Раствор 0,01—0,2%-ный в этаноле или метаноле (50%-ных). После опрыскивания хроматограммы высушивают теплым воздухом, затем обрабатывают парами воды или слабо опрыскивают водой. Пятна флуоресцируют в УФ-свете.

Фолина реактив: см. № 34.

### 60. Фосфорномолибденовая кислота

(проявление редуцирующих соединений, стероидов, липидов, токоферолов, фенолов, моноглицеридов, карбоновых кето- и оксикислот, альдегидов, антиоксидантов)

Свежеприготовленный 1—20%-ный раствор в этаноле (или изопропанол, метилцеллозольве). Темно-голубые пятна на желтом фоне появляются при продолжительном прогревании хроматограммы до 80—120 (150) °С. Фон можно ослабить выдерживанием хроматограммы в камере с парами аммиака. Чувствительность определения 0,1—1 мкг.

Лит.: K r i t c h e v s k y D., K i r k M. R., Arch. Biochem. Biophys., 1952, v. 35, No. 2, p. 346—351; S e h e r A., Fette u. Seifen, 1959, Bd. 61, Nr. 5, S. 345—351.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (No. 18202), **Baker** (No. 4497 — 8%-ный раствор в пропанол-2, в аэрозольной упаковке), **Merck** (No. 531 — 3,5%-ный раствор в пропанол-2, в аэрозольной упаковке), **RDH** (No. 31482), **NBCo** (No. 840531 — 3,5%-ный раствор), **QI** (QSR-P — 5%-ный раствор в пропанол-2).

### 61. Фуксин

(проявление альдегидов)

Раствор 0,1%-ный в этаноле.

Лит.: E n g L. F. et al., J. Lipid Res., 1964, v. 5, No. 1, p. 128—130.

Готовый реактив для опрыскивания выпускает фирма **ASL** (No. 18218).

### 62. Хромовая смесь

(универсальный проявитель)

Раствор 5—10%-ный бихромата калия (натрия) в 40—50%-ной серной кислоте. Вариант: насыщенный раствор бихромата (или окиси хрома) в концентрированной серной кислоте. При нагревании хроматограммы до 110 °С образуются светло-голубые пятна на оранжевом фоне, при нагревании до 180—200 °С — черные пятна на бесцветном фоне.

Лит.: E r t e l H., H o p n e r L., J. Chromatog., 1962, v. 7, No. 2, p. 268—269.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (No. 18209) и **Sup** (No. 3-3070 — 0,6%-ный раствор  $K_2Cr_2O_7$  в 55%-ной  $H_2SO_4$ ).

### 63. Хлор — крахмал—иодид

(проявление ароматических и гетероциклических аминов, пептидов, нуклеотидов)

Для хлорирования веществ хроматограмму выдерживают 0,5 мин в камере с газообразным хлором, который можно получить при взаимодействии нескольких капель концентрированной соляной кислоты с кристаллами перманганата калия. Избыток хлора удаляют выдерживанием хроматограммы на воздухе, затем ее опрыскивают раствором, содержащим 2% крахмала и 1% иодида калия.

Готовый реактив для опрыскивания выпускает фирма **NBCo** («Unispray» — содержит 0,3% *трет*-бутилгипохлорит, иодид калия и крахмал, растворенные в циклогексане).

Цвиккера реактив: см. № 29.

#### 64. $\alpha$ -Циклодекстрин—иод

(проявление моноцепочечных липидов)

Раствор 1%-ный  $\alpha$ -циклодекстрина в 30%-ном спирте (метаноле или этаноле). После опрыскивания и высушивания хроматограмму выдерживают в камере с парами иода (см. № 27). При этом насыщенные спирты, жирные кислоты, сложные эфиры и моноглицериды остаются белыми, а соответствующие ненасыщенные соединения становятся желтыми или бурыми.

Лит.: Mangold H. K. et al., J. Am. Chem. Soc., 1955, v. 77, No. 22, p. 6070—6072; Mangold H. K., Fette u. Seifen, 1959, Bd. 61, Nr. 10, S. 877—881; Malins D. C., Mangold H. K., J. Am. Oil Chem. Soc., 1960, v. 37, No. 11, p. 576—578.

Готовые реактивы для опрыскивания выпускают фирмы **ASL** (№. 18214), **Serva** (№. 17666 — 1%-ный раствор  $\alpha$ -циклодекстрина в 30%-ном метаноле) и **Sup** (№. 3-3030 — то же).

Эрлиха реактив: см. № 17.

## 161. Проявители для колоночной хроматографии

### 1. Нингидрин

Нингидриновое окрашивание аминокислот и других аминов широко используют в автоматических аминокислотных анализаторах. В смесительную камеру подают 2—4%-ный раствор реактива в смеси (3 : 1) метилцеллозольва или диметилсульфоксида с 4 М ацетатным буферным раствором (pH = 5,5); к раствору добавляют также гидридантин до концентрации 0,6 г/л (или хлорид олова, хлорид титана). После смешивания элюата с реактивом поток пропускают через капилляр, погруженный в кипящую водяную баню (90—100 °С). Фотометрирование проводят при 440 и 570 нм. Чувствительность определения аминокислот — до  $10^{-9}$  моль.

### 2. Флуорескамн

Аминокислоты и другие вещества, содержащие первичные аминогруппы (пептиды, белки, амфетамины и др.) образуют с реактивом флуоресцирующие продукты. Используя флуориметрический детектор, чувствительность анализа аминокислот доводят до  $10^{-11}$ — $10^{-12}$  моль.

Лит.: Stein S. et al., Arch. Biochem. Biophys., 1973, v. 155, p. 203—212; Felix A. M., Terkelsen G., Anal. Biochem., 1973, v. 56, p. 610—615.

### 3. о-Фталевый альдегид

Назначение то же, что и реактива № 2. Реагирует с аминокислотами при комнатной температуре за несколько секунд. Чувствительность анализа с использованием флуориметрического детектора — до  $10^{-12}$  моль.

### 4. Орцин—серная кислота

Раствор орцина в концентрированной серной кислоте применяют для детектирования сахаров в углеводных анализаторах. Реакция протекает при 95 °С. Фотометрирование выполняют при 420 нм. Чувствительность анализа —  $10^{-8}$  моль.

### 5. Тетразолий солянокислый

Реактив для детектирования редуцирующих сахаров в хроматографах, работающих по принципу распределительной хроматографии (см. разд. 72, 73). В присутствии щелочи бесцветный реактив восстанавливается в сине-фиолетовое производное, растворимое в водно-спиртовых смесях (в водных растворах окрашенный продукт выпадает в осадок). Продолжительность реакции при 80 °С — 1 мин. Чувствительность анализа —  $10^{-10}$  моль.

Лит.: Моррег К., Дегенс Е. Т., Anal. Biochem., 1972, v. 45, No. 1 p. 147.

### 6. Vizual-8 [Pc, США]

Раствор бромистого феноцила (2-бромацетофенона) в ацетонитриле (0,1 М). Реактив предназначен для перевода жирных кислот в производные, сильно поглощающие в УФ-области. Чувствительность определения 1—10 нг.

## XV. ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ РАСТВОРИТЕЛИ

162. Основные свойства хроматографических растворителей . . . . .	383
163. Шкала полярности растворителей по Гильдебранду . . . . .	388
164. Шкала полярности растворителей по Снайдеру . . . . .	389
165. Шкала полярности растворителей по Димроту — Райхардту . . . . .	390
166. Энергия поляризации растворителей при адсорбционной хроматографии на неорганических сорбентах . . . . .	391
167. Элюотропные серии смесей растворителей для адсорбционной хроматографии на силикагеле . . . . .	392
168. Элюотропные серии смесей растворителей для адсорбционной хроматографии на окиси алюминия . . . . .	392
169. Рациональная система растворителей для ступенчатой элюции с постепенно нарастающей полярностью . . . . .	393

Хроматографические растворители выполняют транспортные функции в неподвижном слое сорбента или носителя, а также участвуют в сорбционных процессах, приводящих к собственно разделению веществ (за исключением процессов, основанных исключительно на молекулярно-ситовом эффекте). Одной из основных характеристик растворителя, имеющих первостепенное значение при разделении, является хроматографическая активность. В общем случае она определяется термодинамическими свойствами растворителя, а также характером и интенсивностью различных межмолекулярных взаимодействий между ним и другими компонентами системы.

В распределительной хроматографии основное значение имеет полярность растворителей подвижной и неподвижной фаз. В разд. 163—165 приведены три шкалы полярности растворителей—по параметру растворимости Гильдебранда, индексу полярности Снайдера и эмпирической функции Димрота—Райхардта. Шкалы полярности по Гильдебранду и Снайдеру позволяют более детально и конкретно учесть вклад межмолекулярных взаимодействий различного рода с учетом химической природы разделяемых веществ. Кроме того, в разд. 162 приведены значения диэлектрической проницаемости растворителей.

Элюирующую способность растворителей при адсорбционной хроматографии на окиси алюминия и других неорганических сорбентах оценивают по шкале Гильдебранда, в которой полярность растворителя характеризуют энергией поляризации данного растворителя по отношению к энергии поляризации *n*-пентана, принятой за 0. Расположив растворители в порядке возрастания  $E^0$ , т. е. в порядке возрастания элюирующей способности, получают так называемый элюотропный ряд. Последний приблизительно одинаков для окиси алюминия (см. значения  $E^0_{Al_2O_3}$  в разд. 162) и других полярных сорбентов— силикагеля, силиката магния, окиси магния и т. п. В разд. 166 приведены энергии поляризации растворителей на четырех неорганических сорбентах. Энергия поляризации на силикагеле, окиси магния и флорисиле составляет в среднем 0,77, 0,58 и 0,52 доли от энергии поляризации на окиси алюминия. У неполярных сорбентов — полиамидов, активных углей, графитированных саж, полистиролов — элюотропные ряды имеют приблизительно противоположный порядок (см. в соответствующих разделах). Наряду с хроматографической активностью, не менее важны и многие другие свойства растворителя, определяющие его применимость в том или ином конкретном случае.

О совместимости растворителя с используемым в хроматографе детектором можно судить по приводимым данным о границе светопропускания в УФ-области (для спектрофотометрических детекторов) и показателю преломления (для рефрактометрических детекторов). Граница светопропускания определяется по длине



волны, при которой оптическая плотность приближается к 1, или по пропусканию —  $\geq 10\%$  (в кюветках с толщиной слоя 1 см, по сравнению с водой). Ароматические растворители, кетоны и некоторые другие вещества неприменимы при работе с наиболее распространенными УФ-детекторами, настроенными на длину волны 254 нм. В случае рефрактометрических детекторов невозможно применение градиентного элюирования растворителями, которые различаются по показателю преломления. Чувствительность детектирования повышается, если можно подобрать растворитель с показателем преломления, сильно отличающимся от показателя преломления анализируемых веществ.

Использование транспортно-ионизационных детекторов накладывает ограничения на применение растворителей с химически агрессивными компонентами, разрушающими проволоку.

Весьма важно с практической точки зрения, чтобы подвижная фаза имела по возможности низкую вязкость при рабочей температуре. В современных хроматографах можно использовать растворители с вязкостью не выше 0,4—0,5 сП.

Во многих случаях желательно использование достаточно летучих растворителей. Это необходимо в основном: 1) при препаративном выделении веществ; 2) при работе с транспортно-ионизационным детектором; 3) в тонкослойной и бумажной хроматографии, когда проявляющий реактив может реагировать с компонентами системы растворителей. Однако чрезмерно высокая летучесть создает определенные неудобства в работе. Такие низкокипящие растворители, как пентап и диэтиловый эфир, могут образовывать пузырьки в колонке и в детекторе. В тонкослойной и бумажной хроматографии применение систем растворителей с компонентами, обладающими слишком большим давлением пара, обычно сопряжено с низкой воспроизводимостью. В разд. 162 приведены сведения о температуре кипения при 760 мм рт. ст. и давлении насыщенных паров растворителей при 20 °С. Последние значения полезно сопоставить с ПДК — предельно допустимой концентрацией токсичных веществ в воздухе рабочих помещений — для принятия необходимых мер по технике безопасности. ПДК соответствуют «Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий СН 245-71» (Стройиздат, 1972). Данные о набухаемости твердых фаз в различных растворителях приведены в соответствующих разделах. Эти данные имеют большое значение при работе с нежесткими гелями и ионообменными смолами: набухание должно обеспечивать достаточную проницаемость твердой фазы, но чрезмерная набухаемость сильно затрудняет работу с колонками.

Составление смесей растворителей здесь подробно не рассматривается, заметим лишь, что смешивание растворителей с сильно различающейся полярностью может привести к расслоению подвижной фазы при хроматографировании.

Существенное значение имеет чистота растворителей, особенно при адсорбционной хроматографии (требования распределительной хроматографии, как правило, менее строгих). Вода — наиболее распространенная примесь в органических растворителях. Многие углеводороды и почти все эфиры образуют при хранении, особенно под воздействием света, органические перекиси и другие продукты. Часто некоторое количество посторонних веществ — стабилизаторов — специально вводят в органические растворители при их изготовлении. Особенно нежелательно присутствие полярных примесей (воды, спиртов и т. п.) в относительно неполярных растворителях, так как они деактивируют адсорбент. Обезвоживание растворителей и удаление перекисей лучше всего проводить пропусканием через колонку с основной окисью алюминия (I степени активности). Наличие органических перекисей легко проверить реакцией с сульфатом ванадия (0,1 г  $V_2O_5$  растворить в 2 мл концентрированной  $H_2SO_4$  и разбавить водой до 50 мл). Наиболее распространенные растворители в разд. 162 выделены жирным шрифтом.

Лит.: Hildebrand J. H., Scott R. L., The solubility of nonelectrolytes, N. Y., Dover, 3rd ed., 1964, 488 p.; Snyder L. R., Principles of adsorption chromatography, N. Y., Dekker, 1968, 413 p.; С и а й д е р Л., в кн: Современное состояние жидкостной хроматографии, под ред. Дж. Киркланда, М., «Мир», 1974, с. 97—122; Р а й х а р д т Х., Растворители в органической химии, Л., «Химия», 1973, 152 с.

## 162. Основные свойства хроматографических растворителей \*

№ п/п	Растворители	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	Плотность, $d_4^{20}$	Показатель преломления, $n_D^{20}$	Вязкость при $20^\circ\text{C}$ , сП	Граница светораспускания в УФ-области, нм	Растворимость (в %) при $20^\circ\text{C}$		Давление паров при $20^\circ\text{C}$ , мм рт. ст.	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Диэлектрическая проницаемость $\epsilon$ при $20-25^\circ\text{C}$	$E_{\text{Al}_2\text{O}_3}$
							растворителя в воде	воды в растворителе				
1	Амиловый спирт	138	0,814	1,410	4,1	210	2,2			10	14,3	0,61
2	<i>изо</i> -Амиловый спирт	132	0,812	1,408			2,7		2,2		14,7	
3	Анизол	155	0,994	1,517							4,3	
4	Анилин	184	1,022	1,586	4,4	325	3,4	5 (25)		0,1	7,0	0,62
5	<b>Ацетон</b>	56	0,791	1,359	0,32	330	$\infty$	$\infty$	182	200	20,7	0,56
6	<b>Ацетонитрил</b>	82	0,783	1,344	0,37	210	$\infty$	$\infty$	89	10	37,5	0,65
7	Ацетоуксусный эфир	181	1,01—1,04	1,445							15,0	
8	Бензальдегид	179	1,046	1,546			0,33				17,8	
9	Бензиловый спирт	205	1,046	1,541	5,8	250	4 (17)				16,3	
10	<b>Бензол</b>	80	0,879	1,501	0,65	280	0,18 (25)	0,05 (26)	75	5	2,3	0,32
11	Бензонитрил	191	1,01	1,528	1,24 (25)	300	1 (100)				25,2	
12	Бромбензол	156	1,495	1,560	1,13					3		
13	Бромистый этил	38	1,459	1,425	0,40	225	0,91			5	5,4	0,37

№ п/п	Растворители	$T_{кип}, ^\circ\text{C}$	Плотность, $d_4^{20}$	Показатели преломления, $n_D^{20}$	Вязкость при $20^\circ\text{C}$ , сП	Граница светорассеяния в УФ-области, нм	Растворимость (в %) при $20^\circ\text{C}$		Давление паров при $20^\circ\text{C}$ , мм рт. ст.	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Диэлектрическая проницаемость $\epsilon$ при $20-25^\circ\text{C}$	$E_{\text{Al}_2\text{O}_3}^\circ$
							растворителя в воде	воды в раствори-теле				
14	Бромформ	150	2,891	1,598		360	0,32 (30)				4,4	
15	<i>n</i> -Бутанол	118	0,810	1,399	2,95	220	7,8	20	4,4	10	17,7	
16	<i>втор</i> -Бутанол	100	0,808	1,397	4,2 (15)		12,5				16,4	
17	<i>изо</i> -Бутанол	108	0,803	1,396	3,95		10		8,8		18,5	
—	Бутанон — см. Метил-этилкетон											
18	<i>n</i> -Бутилацетат	126	0,881	1,394	0,73	220	1,0	1,4	18	200	5,0	
19	Бутилцеллозольв	171	0,902	1,333		220	$\infty$	$\infty$	0,9			0,74
20	Вода	100	0,998	1,375	1,005	190			17,5		78—81	
21	<i>n</i> -Гексан	69	0,660	1,416	0,32	210	0,014 (15)	0,01	121	300	1,9	0,00
22	<i>n</i> -Гексилловый спирт	157	0,822	1,388						10	12,5	
23	<i>n</i> -Гептан	98	0,684	1,474	0,42	210	0,005 (15)	0,015 (25)	36	300	1,9	0,01
24	Глицерин	290	1,260	1,412	840	220	$\infty$	$\infty$		300	42,4	
25	<i>n</i> -Декан	174	0,730	1,368	0,92	210					2,0	0,04
26	Динизопропиловый эфир	68	0,726		0,37	220	0,9	0,6	120		3,9	0,28
27	Диметилсульфоксид	189	1,100	1,479	2,24	270	$\infty$	$\infty$	0,4		48—49	0,62



№ п/п	Растворители	T <sub>кпн'</sub> , °C	Плотность, d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	Показатель преломления, n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	Вязкость при 20 °C, cП	Граница светопропускания в УФ-области, нм	Растворимость (в %) при 20 °C		Давление паров при 20 °C, мм рт. ст.	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Диэлектрическая проницаемость при 20—25 °C	E <sub>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></sub>
							растворителя в воде	воды в раствори-теле				
51	β-Пиколин	144	0,957	1,507						5	9,85	
52	Пиперидин	106	0,861	1,453						0,2	5,8	
53	<b>Пиридин</b>	116	0,982	1,510	0,9—1,0	305	∞	∞	15	5	12,4	0,71
54	<i>n</i> -Пропиловый спирт	97	0,804	1,385	2,2—2,3	210	∞	∞	15	10	20—21	0,82
55	<i>изо</i> -Пропиловый спирт	82	0,785	1,377	2,4	210	∞	∞	32		18—19	0,82
56	Пропионовая кислота	141	0,992	1,387	1,1						3,35	
57	<b>Сероуглерод</b>	46	1,263	1,628	0,37	380	0,3	0,005	298	10	2,6	0,15
58	<b>Тетрагидрофуран</b>	66	0,889	1,405	0,4—0,5	220	∞	∞	132	100	7,4	0,45
59	1,1,2,2-Тетрахлорэтан	146	1,59	1,494	1,84 (15)				5	5	8,1	
60	Тетрахлорэтилен	121	1,62	1,504	0,88	290	0,015	0,010	14	10	2,4 (8)	
61	<b>Толуол</b>	111	0,866	1,497	0,58	285	0,05	0,05	22	50	2,3	0,29
—	2,2,4-Триметилпентан	— см.	<i>изо</i> -Октан									
62	1,2,4-Трихлорбензол	213	1,463	1,552	0,5 (135)					10	3,9	
63	Трихлорэтилен	87	1,465	1,478	0,58		0,11 (25)	0,03 (25)	58	10	3,4	
64	Триэтиламин	90	0,723	1,401	0,36 (25)		1,5			10	2,4	
65	<b>Уксусная кислота</b>	118	1,049	1,372	1,26	230	∞	∞	12	5	6,2	>1
66	Уксусный ангидрид	140	1,082	1,390	0,91		13	27 (15)	10 (36)		20—21	
67	Фенол	182	1,058 (41)	1,543 (41)	11,6		8,2 (15)			5		
68	Формамид	211	1,133	1,448	3,8					3	109—112	
69	Хлорбензол	132	1,106	1,525	0,80	280	0,49 (30)		9	50	5,6—5,9	0,30
70	Хлористый амил			1,413	0,43	225					6,6 (11)	0,26
71	Хлористый бензил	179	1,102	1,540						0,5	7,0 (13)	
72	Хлористый бензоил	197	1,212	1,554						5	23	
73	Хлористый бутил	78		1,402	0,47 (15)	220					7,4	0,26
74	Хлористый изопропил	35		1,378	0,33	225						0,29
75	<b>Хлористый метилен</b>	40	1,326	1,425	0,44	245	2	0,20 (25)	349	50	8,9—9,1	0,42
76	Хлористый <i>n</i> -пропил	46	0,891	1,389	0,35	225					8,1	0,30

77	Хлороформ	62	1,480	1,446	0,57	245	0,8	0,07 (23)	160		4,7—4,8	0,40
78	Циклогексан	81	0,779	1,426	1,0	210	0,01	0,01	77	80	2,0	0,04
79	Циклогексанон	156	0,948	1,450	2,2 (25)		7	8,7	9	10	18,3	
80	Циклогексен	83	0,811	1,447							2,2	
81	Циклопентан	49	0,745	1,406	0,47	210					2,0	0,05
82	Четыреххлористый углерод	77	1,594	1,460	0,97	265	0,08 (25)	0,01 (24)	91	20	2,2	0,18
83	Этанол	78	0,789	1,361	1,20	210	∞	∞	44	1000	25	0,88
84	Этаноламин	170	1,022	1,454	24		∞	∞			58	
85	Этилацетат	77	0,900	1,373	0,45	260	8	3,0	74	200	6,0	0,58
—	Этилацетоацетат — см. Ацетоуксусный эфир											
86	Этилбензоат	213		1,506	2,24						6,0	
87	Этилбензол	136	0,867	1,496	0,67		0,01 (15)				2,4	
88	Этиленгликоль	198	1,113	1,432	20	210	∞	∞	<0,5		38—39	1,11
—	Этиленгликоля монометилового эфир — см. Метилцеллозоль											
—	Этиленгликоля моноэтилового эфир — см. Этилцеллозоль											
89	Этилциданин	117	0,898	1,457	1,5 (25)		∞	∞		2	14	
90	Этилцеллозоль	135	0,931	1,406			∞	∞	4,5			
—	2-Этоксипанол — см. Этилцеллозоль											

Примечания. \* Цифры в скобках отмечают температуру определения показателей (в °С) в тех случаях, когда она отличается от указанной в заголовке таблицы.

4.  $T_{пл} - 6^\circ\text{С}$ . 5. Не рекомендуется использовать при хроматографии на основной окиси алюминия, так как последняя инициирует реакцию конденсации ацетона до диацетонового спирта и других более высокомолекулярных веществ. 7. Содержится в двух формах, кетонной и енольной. Количественное соотношение между формами зависит от температуры, наличия других растворителей, а также от материала стенок сосуда, в котором эфир хранился. 10.  $T_{пл} + 6^\circ\text{С}$ . 14.  $T_{пл} + 8^\circ\text{С}$ . На воздухе и на свету легко разлагается; для стабилизации добавляют 3—4% спирта. 18. Пары взрывоопасны. 24.  $T_{пл} + 18^\circ\text{С}$ . Гигроскопичен. Очистку перегонкой следует проводить под вакуумом, так как без вакуума малейшие загрязнения приводят при перегонке к разложению. 27.  $T_{пл} + 19^\circ\text{С}$ . 28. Разлагается с образованием муравьиной кислоты и диметиламина. В качестве стабилизатора используют уротропин. 29. Во время хранения (при наличии кислорода) происходит накопление перекисей.  $T_{пл} + 12^\circ\text{С}$ . 32.  $T_{пл} - 8^\circ\text{С}$ . 33. Огнеопасен. При хранении, в присутствии кислорода, образуется небольшое количество перекиси и ацетальдегида. Хранить рекомендуется в темноте и на холоду. Эфир «для наркоза» не содержит перекисей. 35.  $T_{пл} + 12^\circ\text{С}$ . 36. Смесь изомеров. 41. При хранении в присутствии кислорода образуются перекиси. 43.  $T_{пл} + 8^\circ\text{С}$ . 44.  $T_{пл} + 6^\circ\text{С}$ . Сильно гигроскопичен. 57. Под действием света разлагается. 58. Для предотвращения образования перекисей используют стабилизаторы — гидрохинон или дибутил-*n*-крезол (0,01%). 62. Используют в ВСЖХ, рабочая температура 130—160 °С. 63. При длительном хранении на свету окисляется до  $\text{COCl}_2$ . 65.  $T_{пл} + 17^\circ\text{С}$ . 67.  $T_{пл} + 41^\circ\text{С}$ . 68.  $T_{пл} + 3^\circ\text{С}$ . Гигроскопичен. Легко гидролизуется до муравьиной кислоты и аммиака. 77. На свету медленно окисляется кислородом воздуха до  $\text{COCl}_2$ ,  $\text{Cl}_2$  и  $\text{HCl}$ . В качестве стабилизатора используют спирт (1%). В присутствии щелочи гидролизуется. Негорюч. 78.  $T_{пл} + 7^\circ\text{С}$ . 82. Негорюч. 83. Возможно присутствие эфиров и альдегидов в концентрации до 0,2—0,5 г/л. 84.  $T_{пл} + 10^\circ\text{С}$ . 88. Гигроскопичен. 89.  $T_{пл} + 9^\circ\text{С}$ .

## 163. Шкала полярности растворителей по Гильдебранду

Параметр растворимости Гильдебранда (корень квадратный из величины энергии испарения, выраженной в ккал/см<sup>3</sup>) используют для характеристики полярности растворителей при распределительной хроматографии. Общий параметр  $\delta$  разлагается на составляющие по взаимодействиям:  $\delta_d$  — по дисперсионным взаимодействиям,  $\delta_{ор}$  — по ориентационным (дипольным) взаимодействиям,  $\delta_{па}$  и  $\delta_{пд}$  — по взаимодействиям с образованием водородных связей, соответствующим протонакцепторной и протонодонорной способностям растворителя. При разделении веществ, имеющих большие дипольные моменты (нитрилов, нитросоединений и т. п.), наилучшей характеристикой хроматографической активности растворителя является параметр  $\delta_{ор}$ , т. е. по дипольным взаимодействиям. Для веществ-акцепторов электронов (эфиров, аминов и т. п.) хорошим показателем хроматографической активности служит параметр  $\delta_{пд}$ , а для протонодонорных веществ (спиртов, фенолов) — параметр  $\delta_{па}$ . Растворители с высоким значением параметра  $\delta_d$  проявляют некоторую специфичность по отношению к ароматическим соединениям.

(Современное состояние жидкостной хроматографии, под ред. Дж. Киркленда, М., «Мир», 1974, с. 105—110.)

Растворители	Параметры растворимости Гильдебранда				
	$\delta$	$\delta_d$	$\delta_{ор}$	$\delta_{па}$	$\delta_{пд}$
Перфторалканы	6,0	6,0	0	1	0
Изооктан	7,0	7,0	0	0	0
Диизопропиловый эфир	7,0	6,9	0,5	0,5	0
<i>n</i> -Пентан	7,1	7,1	0	0	0
<i>n</i> -Гексан	7,3	7,3	0	0	0
<i>n</i> -Гептан	7,4	7,4	0	0	0
Диэтиловый эфир	7,4	6,7	2	2	0
Триэтиламин	7,5	7,5	0	3,5	0
<i>n</i> -Декан	7,8				
Циклопентан	8,1	8,1	0	0	0
Циклогексан	8,2	8,2	0	0	0
Хлористый <i>n</i> -пропил	8,3	7,3	3	0	0
Хлористый изопропил	8,4				
Четыреххлористый углерод	8,6	8,6	0	0,5	0
Диэтилсульфид	8,6	8,2	2	0,5	0
Этилацетат	8,6	7,0	3	2	0
Пропиламин	8,7	7,3	4	6,5	0,5
Бромистый этил	8,8	7,8	3	0	0
Этилбензол	8,8				
<i>m</i> -Ксилол	8,8	8,8	0	0,5	0
Толуол	8,9	8,9	0	0,5	0
Бутилцеллозольв	9,0				
Хлороформ	9,1	8,1	3	0,5	0?
Тетрагидрофуран	9,1	7,6	4	3	0
Метилацетат	9,2	6,8	4,5	2	0
Бензол	9,2	9,2	0	0,5	0
Тетрахлорэтилен	9,3	9,3	0	0,5	0
Мегилэтилкетон	9,3				
Ацетон	9,4	6,8	5	2,5	0
Хлористый метилен	9,6	6,4	5,5	0,5	0
Хлорбензол	9,6	9,2	2	0,5	0
Анизол	9,7	9,1	2,5	2	
1,2-Дихлорэтан	9,7	8,2	4	0	0

Растворители	Параметры растворимости Гильдебранта				
	$\delta$	$\delta_d$	$\delta_{ор}$	$\delta_{\text{на}}$	$\delta_{\text{нд}}$
Метилбензоат	9,8	9,2	2,5	1	0
<i>n</i> -Амиловый спирт	9,8				
1,4-Диоксан	9,8	7,8	4	3	0
Иодистый метил	9,9	9,3	2	0,5	0
Бромбензол	9,9	9,6	1,5	0,5	0
Сероуглерод	10,0	10,0	0	0,5	0
<i>n</i> -Пропиловый спирт	10,2	7,2	2,5	4	4
Пиридин	10,4	9,0	4	5	0
Бензонитрил	10,7	9,2	3,5	1,5	0
Нитрометан	11,0	7,3	8	1	0
Нитробензол	11,1	9,5	4	0,5	0
Этанол	11,2	6,8	4	5	5
Фенол	11,4	9,5			
Изопропиловый спирт	11,5				
Диметилформамид	11,5	7,9			
Ацетонитрил	11,8	6,5	8	2,5	0
Иодистый метилен	11,9	11,3	1	0,5	0
Уксусная кислота	12,4	7,0			
Диметилсульфоксид	12,8	8,4	7,5	5	0
Метанол	12,9	6,2	5	7,5	7,5
1,3-Дицианопропан	13,0	8,0	8	3	0
Пропиленкарбонат	13,3				
Этаноламин	13,5	8,3	Большая	Большая	Большая
Этиленгликоль	14,7	8,0	То же	То же	То же
Формаимд	17,9	8,3	»	»	»
Вода	21,0	6,3	»	»	»

## 164. Шкала полярности растворителей по Снайдеру

Индекс полярности  $P'$  является суммой параметров селективности относительно трех выбранных стандартов: этанола ( $\rho_{\text{этанол}}$  — отражает протоноакцепторную функцию растворителей), диоксана ( $\rho_{\text{диокс}}$  — отражает протонодонорную функцию) и нитрометана ( $\rho_{\text{нитр}}$  — отражает способность к дипольным взаимодействиям). Данный метод характеристики растворителей предложен Роршнайдером и усовершенствован Снайдером (Snyder L. R., J. Chromatog., 1974, v. 92, No. 2, p. 223—230).

Растворители	Индекс полярности $P'$	Параметры селективности		
		$\rho_{\text{этанол}}$	$\rho_{\text{диокс}}$	$\rho_{\text{нитр}}$
Изооктан	—0,4			
<i>n</i> -Декан	—0,3			
Циклогексан	0,0			
<i>n</i> -Гексан	0,0			
Сероуглерод	1,0			
Четыреххлористый углерод	1,7	0,5	0,65	0,55
Триэтиламин	1,8	1,1	0,1	0,6



Растворители	Индекс полярности $P'$	Параметры селективности		
		$P_{\text{этанол}}$	$P_{\text{диокс}}$	$P_{\text{нитр}}$
Диизопропиловый эфир	2,2	1,2	0,25	0,75
Толуол	2,3	0,75	0,55	1,0
<i>n</i> -Ксилол	2,4	0,75	0,6	1,05
Хлорбензол	2,7	0,65	0,9	1,15
Бромбензол	2,7	0,65	0,9	1,15
Диэтиловый эфир	2,9	1,6	0,3	1,0
Бензол	3,0	0,85	0,85	1,3
Бромистый этил	3,1	1,0	0,85	1,25
<i>n</i> -Октиловый спирт	3,2	1,95	0,45	0,8
Хлористый метилен	3,4	1,15	0,6	1,65
Изоамиловый спирт	3,6	2,1	0,6	0,9
<i>n</i> -Бутиловый спирт	3,9	2,1	0,8	1,0
<i>n</i> -Пропиловый спирт	3,9	2,1	0,8	1,0
Тетрагидрофуран	4,2	1,7	0,8	1,7
Этилацетат	4,3	1,45	1,05	1,8
Изопропиловый спирт	4,3	2,3	0,9	1,1
Хлороформ	4,4	1,25	1,7	1,45
Метилэтилкетон	4,5	1,6	0,8	2,1
Циклогексанон	4,5	1,6	1,0	1,9
Нитробензол	4,5	1,35	1,2	1,95
Бензонитрил	4,6	1,6	1,2	1,8
Диоксан	4,8	1,8	1,0	2,0
$\beta$ -Пиколин	4,8	2,45	0,9	1,45
Диэтиленгликоль	5,0	2,15	1,2	1,65
Этанол	5,2	2,65	1,1	1,45
Пиридин	5,3	2,3	1,1	1,9
Ацетон	5,4	1,95	1,3	2,15
Этиленгликоль	5,4	2,5	1,3	1,6
Бензиловый спирт	5,5	2,3	1,55	1,65
Метилцеллозольв	5,7	2,2	1,4	2,1
Анилин	6,2	2,1	1,85	2,25
Уксусная кислота	6,2	2,55	1,8	1,85
Ацетонитрил	6,2	2,05	1,6	2,55
Диметилформамид	6,4	2,6	1,4	2,4
Диметилсульфоксид	6,5	2,3	1,75	2,45
Метанол	6,6	3,35	1,25	2,0
Нитрометан	6,8	1,9	2,05	2,85
<i>m</i> -Крезол	7,0	2,75	2,5	1,75
Формамид	7,3	2,9	2,05	2,35
Вода	9	3,6	3,05	2,35

### 165. Шкала полярности растворителей по Димроту—Райхардту

Эмпирическая функция « $Z$ » ( $E_T$ ) предложена Димротом с сотр. Она вычисляется на основании спектроскопических измерений взаимодействия с растворителями высокополярного красителя типа фенилпиридинийбетанина (1-этил-4-метоксикарбонилпиридиния). Функция « $Z$ » выражает энергию перехода полосы переноса заряда указанного соединения в данном растворителе и характеризует степень полярности этого растворителя. Райхардтом показана удовлетворительная применимость данной эмпирической шкалы полярности к задачам распределительной хроматографии.

(Райхардт Х., Растворители в органической химии, Л., «Химия», 1973, 152 с.)

Растворители	$E_T$ ( $\langle Z \rangle$ ) при 25 °C ккал/моль	Растворители	$E_T$ ( $\langle Z \rangle$ ) при 25 °C ккал/моль
<i>n</i> -Гексан	30,9	Ацетофенон	41,3
Циклогексан	31,2	1,2-Дихлорэтан	41,9
Четыреххлористый угле- род	32,5	Бензонитрил	42,0
Сероуглерод	32,6	Нитробензол	42,0
Триэтиламин	33,3	Ацетон	42,2
Дибутиловый эфир	33,4	Диметилформамид	43,8
Толуол	33,9	<i>трет</i> -Бутанол	43,9(30 °C)
Диизопропиловый эфир	34,0	Анилин	44,3
Бензол	34,5	Диметилсульфоксид	45,0
Диэтиловый эфир	34,6	Ацетонитрил	46,0
Пиперидин	35,5	Нитрометан	46,3
1,4-Диоксан	36,0	Пропиленкарбонат	46,6
Фенетол	36,4	Изоамиловый спирт	47,0
Анизол	37,2	Изопропиловый спирт	48,6
Тетрагидрофуран	37,4	<i>n</i> -Бутанол	50,2
Хлорбензол	37,5	<i>n</i> -Пропиловый спирт	50,7
Бромбензол	37,5	Бензиловый спирт	50,8
Иодбензол	37,9	Уксусная кислота	51,2
Фторбензол	38,1	Этанол	51,9
Этилацетат	38,1	Метилцеллозольв	52,3
Хлороформ	39,1	Триэтиленгликоль	53,5
Хинолин	39,4	Диэтиленгликоль	53,8
Пиридин	40,2	Метилформамид	54,1
Циклогексанон	40,8	Метанол	55,5
Хлористый метилен	41,1	Этиленгликоль	56,3
Метилэтилкетон	41,3	Формамид	56,6
		Вода	63,1

### 166. Энергия поляризации растворителей ( $E^\circ$ ) при адсорбционной хроматографии на неорганических сорбентах

(S y d e r L. R., Principles of adsorption chromatography, N. Y., Dekker, 1968, p. 197)

Растворители	$E^\circ$ на сорбентах			
	$Al_2O_3$	$SiO_2$	MgO	флорисил
<i>n</i> -Пентан	0,00	0,00	0,00	0,00
Циклопентан	0,05		0,03	
Четыреххлористый углерод	0,18	0,11	0,10	0,04
Бензол	0,32	0,25	0,22	0,17
Хлороформ	0,40	0,26	0,26	0,19
Хлористый метилен	0,42	0,32	0,26	0,23
Диэтиловый эфир	0,38—0,46	0,38	0,21	0,30
Ацетон	0,56	0,47		
1,4-Диоксан	0,56	0,49		
Этилацетат	0,58	0,38		
Метилацетат	0,60		0,28	
Ацетонитрил	0,65	0,50		

### 167. Элюотропные серии смесей растворителей для адсорбционной хроматографии на силикагеле

(Снайдер Л., в кн. «Современное состояние жидкостной хроматографии», под ред. Дж. Киркланда, М., «Мир», 1974, с. 167.)

Растворители: А — ацетонитрил, Б — бензол, Д — дихлорэтан, Ме — метанол, П — пентан, ХП — хлористый изопропил, Э — диэтиловый эфир, ЭА — этилацетат.

$E_{SiO}$	Состав смесей, об. %		
	I	II	III
0,00	П 100	П100	П 100
0,05	П + ХП 4,2	П + Д 3	П + Б 4
0,10	П + ХП 10	П + Д 7	П + Б 11
0,15	П + ХП 21	П + Д 14	П + Б 26
0,20	П + Э 4	П + Д 26	П + ЭА 4
0,25	П + Э 11	П + Д 50	П + ЭА 11
0,30	П + Э 23	П + Д 82	П + ЭА 23
0,35	П + Э 56	Б + А 3	П + ЭА 56
0,40	Э + Ме 2	Б + А 11	
0,45	Э + Ме 4	Б + А 31	
0,50	Э + Ме 8	А 100	
0,55	Э + Ме 20		
0,60	Э + Ме 50		

### 168. Элюотропные серии смесей растворителей для адсорбционной хроматографии на окиси алюминия

(Снайдер Л., в кн. «Современное состояние жидкостной хроматографии», под ред. Дж. Киркланда, М., «Мир», 1974, с. 167.)

Растворители: А — ацетонитрил, Д — дихлорэтан, И — изопропанол, Ме — метанол, МА — метилацетат, П — пентан, Пи — пиридин, ХП — хлористый изопропил, Э — диэтиловый эфир.

$E_{Al_2O_3}$	Состав смесей, об. %		
	I	II	III
0,00	П 100	П 100	П 100
0,05	П + ХП 8	П + Д 1,5	П + Э 4
0,10	П + ХП 19	П + Д 4	П + Э 9
0,15	П + ХП 34	П + Д 8	П + Э 15
0,20	П + ХП 52	П + Д 13	П + Э 25
0,25	П + МА 5	П + Д 22	П + Э 38
0,30	П + МА 8	П + Д 34	П + Э 55
0,35	П + МА 13	П + Д 54	П + Э 81
0,40	П + МА 19	П + Д 84	П + Пи 4
0,45	П + МА 29	Э + А 1	П + Пи 8
0,50	П + МА 44	Э + А 5	П + Пи 13
0,55	П + МА 65	Э + А 14	П + Пи 20
0,60	Э + И 5	Э + А 36	П + Пи 32

$E_{Al_2O_3}^{\circ}$	Состав смесей, об. %		
	I	II	III
0,65	Э + И 10	A 100	
0,70	Э + И 20		
0,75	Э + Ме 3		
0,80	Э + Ме 7		
0,85	Э + Ме 17		
0,90	Э + Ме 40		

### 169. Рациональная система растворителей для ступенчатой элюции с постепенно нарастающей полярностью

Рассчитано по коэффициентам распределения чистых растворителей на силикагеле Bio-Sil A (Scott R. P. W., Кусега Р., Anal. Chem., 1973, v. 45, No. 4, p. 749—754)

Растворители	Состав смесей, об. %											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>n</i> -Гептан	100											
CCl <sub>4</sub>		100										
Хлороформ			57,8	36,1	19,9	14,4						
Дихлорэтан			42,2	26,3	14,5	10,5						
2-Нитропропан				37,6	20,7	14,4						
Нитрометан					44,9	32,4						
Пропилацетат						27,8	36,3					
Мегилацетат							63,7					
Ацетон								100				
Этанол									100			
Метанол										100		
Вода											100	100

## XVI. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ХРОМАТОГРАФИИ

170. Вспомогательные материалы для КЖХ . . . . .	394
171. Вспомогательные материалы для ТСХ . . . . .	394
172. Вспомогательные материалы для газовой хроматографии . . . . .	395

### 170. Вспомогательные материалы для КЖХ

Реактивы для силиконизирования стекла.

Обработка стеклянных колонок растворами силиконов приводит к образованию гидрофобной пленки, что значительно ослабляет проявление стеночных эффектов при жидкостной хроматографии. Другая цель силиконизирования — блокирование активных ОН-групп поверхности стекла при работе с гидролитически неустойчивыми веществами.

Для силиконизирования колонку заливают 1—10%-ным раствором силикона в бензоле, четыреххлористом углероде и т. п. и выдерживают около 5 мин при комнатной температуре, затем раствор сливают и колонку высушивают. Избыток реактива смывают раствором детергента.

1. Sylon-CT [Sup, США]: 5%-ный раствор DMCS в толуоле.
2. Dri-Film SC-87 [GE, США]: жидкий силиконовый полимер, содержащий некоторое количество негидролизированных связей Si—Cl. Применяют в виде 10%-ного раствора в органическом растворителе.
3. Silicone Solution [Serva, ФРГ]: пригоден для силиконизирования стекла и металла.

Стандарты для определения свободного объема колонок при ГПХ.

Высокомолекулярные вещества, заведомо не проникающие во внутренний объем геля-молекулярного сита. Основное требование к таким веществам — однородность размера молекул (частиц) и отсутствие адсорбции или другого взаимодействия с гелем.

4. Blue dextran 2000 [Ph, Швеция]: производное декстрана со средней мол. массой 2 000 000, содержащее полициклические хромофоры (степень замещения 1,7%). Цвет голубой, имеются максимумы поглощения и в УФ-области. Вещество пригодно для определения свободного объема колонок с сефадексами и агарозными гелями; рекомендуемая концентрация 0,2—0,5%. Возможно взаимодействие голубого декстрана с некоторыми белками (с образованием растворимых комплексов).

5. Lipostrate [C, США]: эмульсия окрашенного кокосового масла. В некоторых случаях масло может адсорбироваться на геле.

### 171. Вспомогательные материалы для ТСХ

Флуоресцентные индикаторы (ФИ).

Применяют в виде добавок ( $\approx 2\%$ ) к сорбенту. Пластины с таким индикатором под действием УФ-света проявляют слабое флуоресцентное свечение, на ровном фоне которого в виде теней видны пятна разделенных веществ. ФИ неуниверсальны: они могут инактивироваться некоторыми растворителями или вымываться из слоя и сосредотачиваться у фронта растворителя.

1. Fluorescent indicator F<sub>254</sub> [Merck, ФРГ]: неорганический ФИ (254).
  2. Fluorescent Indicator Green [Woelm, ФРГ]: ФИ (254), свечение зеленого цвета.
  3. Fluoreszenz-Indikator UV<sub>254</sub> [MN, ФРГ]: ФИ (254) — силикат цинка, активированный марганцем.
  4. Fluoreszenz-Indikator UV<sub>366</sub> [MN, ФРГ]: ФИ (366), неорганический, голубое свечение.
  5. Fluorescent Indicator No. 2101 [Baker, США]: ФИ (254) — активированный силикат цинка, зеленое свечение.
  6. Fluorescent Indicator No. 2100 [Baker, США]: ФИ (254 + 366) — смешанный сульфид цинка и кадмия, белое (254) или светло-желтое (366) свечение.
  7. Zn Silicate Phosphor [Sup, США]: ФИ (254) — силикат цинка.
- Фиксаторы для документирования проявленных хроматограмм.

После опрыскивания хроматограммы раствором полимера и высушивания слой сорбента прочно фиксируется и может быть снят со стеклянной основы для хранения в виде пленки.

8. Neatan [Merck, ФРГ]: после опрыскивания хроматограммы высушивают на воздухе при температуре не выше 50 °С.

9. Docufilm-Tauchlack } [MN, ФРГ]:
10. Docufilm-Sprühlack }

Растворы полимера для обработки хроматограмм погружением (№ 9) или опрыскиванием (№ 10). Полимер прозрачен в УФ-свете. Растворы непригодны для обработки хроматограмм на сильно гидрофобных сорбентах (например, на полиамиде 11, ацетилованных целлюлозах со степенью замещения 20% и выше).

11. Chromatogram preserving medium [BDH, Англия].

12. Spray Fixative [Baker, США]: аэрозоль акрилового полимера, прозрачного в УФ-свете. Растворитель — толуол.

## 172. Вспомогательные материалы для газовой хроматографии

Реактивы для быстрого кондиционирования колонок.

Силилирующие реактивы, которые используют в ГЖХ для блокирования активных групп носителей. Реактив (10—50 мкл) вводят непосредственно в хроматограф при температуре колонки 150—250 °С. Через 2—3 мин колонка готова для работы.

Очевидно, что такого рода кондиционирующие реактивы нельзя применять при наличии в колонках жидких фаз, содержащих активный водород (например, в группах —ОН, —SH, —COOH, —NH<sub>2</sub>, =NH и т. п.).

1. Silyl-8 [Pc, США].

2. Col-Treet [Regis, США]: смесь трех силилирующих реактивов, в том числе BSA.

3. Rejuv-8 [Sup, США]: силилирующий реактив, не содержащий хлорсиланов.

Растворитель для чистки пламенно-ионизационного детектора.

При пропуске через хроматограф силилированных материалов (например, TMS-эфиров) в пламенно-ионизационном детекторе накапливаются отложения SiO<sub>2</sub>, которые могут быть удалены инъекцией в хроматограф растворителя — фреона.

4. Freon 113 [duP, США]: 1,1,2-трихлор-1,2,2-трифторэтан. T<sub>кип</sub> 48 °С.

5. Freon TF [Sup, США].

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ХРОМАТОГРАФИИ

### ОБЩАЯ ЛИТЕРАТУРА

- А в г у л ь Н. Н., К и с е л е в А. В., П о ш к у с Д. П. Адсорбция газов и паров на однородных поверхностях. М., «Химия», 1975. 384 с.
- А й в а з о в Б. В. Практическое руководство по хроматографии. М., «Высшая школа», 1968. 279 с.
- Г р е г С., С и н г К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. Пер. с англ. М., «Мир», 1970. 407 с.
- Хроматография. Под ред. А. А. Жуховицкого. М., ВИНТИ, 1974. 168 с.
- Ц в е т М. С. Хроматографический адсорбционный анализ (избранные работы). М.-Л., Изд-во АН СССР, 1946. 273 с.
- Ч и т о в К. В. Хроматография. М., Изд-во АН СССР, 1962. 100 с.
- Экспериментальные методы в адсорбции и молекулярной хроматографии. Под ред. А. В. Киселева и В. П. Древинга. М., Изд-во МГУ, 1973. 447 с.
- Я ш и н Я. И. Физико-химические основы хроматографического разделения. М., «Химия», 1976.
- A n g e l é Н. Р. a i. Chromatografia. Anglicko-nemecko-slovensko-ruský slovník. Bratislava, «Alfa»; Berlin, «Technik», 1974. 123 S.
- C a s s i d y Н. G. Fundamentals of chromatography. N. Y., Wiley-Intersci., 1957. 465 p.
- Chromatographic and electrophoretic techniques: Chromatography (vol. 1). Ed. by I. Smith. N. Y., Intersci., 3 rd ed., 1969. 1080 p.
- Chromatography. Ed. by E. Heftman. N. Y., Reinhold, 2 nd ed., 1967. 851 p.
- Handbook of chromatography. Eds. by G. Zweig and J. Sherma. Vol. 1—2. Cleveland, CRC Press, 1972. 784, 343 p.
- S n y d e r L. R. Principles of adsorption chromatography. The separation of non-ionic organic compounds. N. Y., Dekker, 1968. 413 p.

### Общая литература по газовой хроматографии

- Б а й е р Э. Хроматография газов. Пер. с нем. М., Издательство, 1961. 279 с.
- Б е р е з к и н В. Г., П а х о м о в В. П., С а к о д ы н с к и й К. И. Твердые носители в газовой хроматографии. М., «Химия», 1975. 200 с.
- В я х и р е в Д. А., Ш у ш у н о в а А. Ф. Руководство по газовой хроматографии. М., «Высшая школа», 1975. 302 с.
- Г о л ь б е р т К. А., В и г д е р г а у з М. С. Курс газовой хроматографии. Изд. 2-е. М., «Химия», 1974. 375 с.
- Ж у х о в и ц к и й А. А., Т у р к е л ь т а у б Н. М. Газовая хроматография. М., Гостолтехиздат, 1962. 442 с.
- К е й л е м а н с А. Хроматография газов. Пер. с англ. М., Издательство, 1959. 320 с.
- К и с е л е в А. В., Я ш и н Я. И. Газо-адсорбционная хроматография. М., «Наука», 1967. 256 с.
- К о г а н Л. А. Количественная газовая хроматография. М., «Химия», 1975. 181 с.

- Король А Н Неподвижная фаза в газо жидкостной хроматографии Киев, «Наукова думка», 1969 250 с
- Коцев Н Справочник по газовой хроматографии Пер с болг М, «Мир», 1976 200 с
- Литвинова Э М Газовая хроматография Библиографический указатель отечественной и зарубежной литературы (1952—1960, 1961—1966, 1967—1972) М, Издво АН СССР, 1962, «Наука», 1969, 1974 283, 263 + 334, 319 + 379 с
- Мак Нейр Г, Бонелли Э Введение в газовую хроматографию Пер с англ М, «Мир», 1970 277 с
- Методы спутники в газовой хроматографии Под ред Л С Эттра и В Х Макфаддена Пер с англ М, «Мир», 1972 398 с
- Ногаре С Д, Джувет Р С Газо жидкостная хроматография Теория и практика Пер с англ Л, «Недра», 1966 471 с
- Ротин В А Радиоизотопное детектирование в газовой хроматографии М, Атомиздат, «Мир», 1974 190 с
- Руководство по газовой хроматографии Под ред Э Лейбнитца и Г Г Штруппе Пер с нем М, «Мир», 1969 503 с
- Сакодынский К И и др Приборы для хроматографии М, «Машиностроение», 1973 368 с
- Столяров Б В и др Руководство к практическим работам по газовой хроматографии Изд 2е Л, «Химия», 1976
- Фроловский П А Хроматография газов М, «Недра», 1969 213 с
- Харрис В, Хабгуд Г Газовая хроматография с программированием температуры Пер с англ М, «Мир», 1968 340 с
- Шингляр М Газовая хроматография в практике Пер со словацк М, «Химия», 1964 195 с
- Compilation of gas chromatographic data Eds by O E Schupp and J S Lewis Philadelphia, ASTM, 2nd ed, Spec Techn Publ No DS 25A, 1967 732 p
- Ettre L S Open tubular columns in gas chromatography N Y, Plenum Press, 1965 164 p
- Instrumentation in gas chromatography Ed by J Krugers Eindhoven, Centrex, 1968 245 p
- Jentzsch D, Otte E Detektoren in der Gas Chromatographie Frankfurt a M, Akad Verl Ges, 1970 454 S
- Leathard D A, Shurlock B C Identification techniques in gas chromatography L, Wiley Intersci, 1970 282 p
- Lynn T R, Hoffman C L, Austin M M Guide to stationary phases for gas chromatography North Haven, Analabs Inc, 1970 116 p
- McReynolds W O Gas chromatographic retention data Evanston, Preston Techn Abstr Co, 1966 333 p
- Preston S T A guide to selected liquid phases and adsorbents used in gas chromatography Antwerp, Debon Co, 1970 193 p
- Signeur A V Guide to gas chromatography literature Vol 1—2. N Y, Plenum Press, 1964, 1967 351, 379 p

## Общая литература по жидкостной хроматографии на колонках

- Детерман Г Гель хроматография Пер с нем М, «Мир», 1970 252 с
- Ольшанова К М, Копылова В Д, Морозова Н М Осадочная хроматография М, Издво АН СССР, 1963 104 с
- Основы жидкостной хроматографии Пер с англ Под ред Ф Бауманна М, «Мир», 1973 264 с
- Перри С, Амос Р, Брюер П Практическое руководство по жидкостной хроматографии Пер с англ М, «Мир», 1974 260 с
- Современное состояние жидкостной хроматографии Под ред Дж Киркланда Пер с англ М, «Мир», 1974 325 с
- Deuy Z e a Bibliography of column chromatography 1967—1970 and survey of applications Amsterdam, Elsevier, 1973 1067 p.



- Epton R., Holloway C. An introduction to permeation chromatography. Colnbrook, Koch-Light Labs. Ltd., 1973. 42 p.
- Fisher L. An introduction to gel chromatography. Amsterdam, North-Holland Publ. Co., 1969. 246 p.
- Johnson J., Porter R. S. Analytical gel permeation. N. Y., Wiley-Intersci., 1968. 344 p.

## Общая литература по бумажной и тонкослойной хроматографии

- Ахрем А. А., Кузнецова А. И. Тонкослойная хроматография М., «Наука», 1964. 175 с.
- Количественная хроматография на бумаге и в тонком слое. Под ред. Э. Шелларда. Пер. с англ. М., «Мир», 1971. 192 с.
- Хроматография в тонких слоях. Под ред. Э. Штала. Пер. с нем. М., «Мир», 1965. 508 с.
- Хроматография на бумаге. Под ред. И. М. Хайса и К. Мацека. Пер. с чешск. М., Издательство, 1962. 852 с.
- Haerig F. C. Introduction to chromatography on impregnated glass fiber. Ann Arbor Sci. Publ., 1969. 187 p.
- Haewood B. J. Thin-layer chromatography. An annotated bibliography: 1964—1968. Ann Arbor Sci. Publ., 1968. 285 p.
- Jänschen D. Thin-layer chromatography cumulative bibliography 1965—1967, 1967—1969. Milwaukee, CAMAG Inc., 1967, 1970. 164, 220 p.
- Masek K., Hais I. M. e. a. Bibliography of paper chromatography 1944—1956, 1957—1960. N. Y., Acad Press; Praha, ČSAV; 1960, 1962. 766, 706 p.
- Masek K., Hais I. M. e. a. Bibliography of paper and thin-layer chromatography 1961—1965, 1966—1969. Amsterdam, Elsevier, 1968, 1972. 1041, 922 p.
- Masek K., Hais I. M. Stationary phase in paper and thin-layer chromatography. Amsterdam, Elsevier, 1965. 358 p.
- Scott R. M., Lundeen M. TLC abstracts 1971—1973. Ann Arbor Sci. Publ., 1973. 589 p.

## Неорганическая химия

- Анвандер Б. И., Другов Ю. С. Газовая хроматография неорганических веществ. М., «Химия», 1976. 240 с.
- Волынец М. П. Тонкослойная хроматография в неорганическом анализе. М., «Наука», 1974. 149 с.
- Егоров Е. В., Макарова С. Б. Ионный обмен в радиохимии. М., Атомиздат, 1971. 406 с.
- Морозов А. А. Хроматография в неорганическом анализе. М., «Высшая школа», 1972. 240 с.
- Мошьер Р., Сиверс Р. Газовая хроматография хелатов металлов. Пер. с англ. М., «Мир», 1967. 175 с.
- Сенявин М. М., Хализова В. А. Применение ионного обмена в анализе минерального сырья. М., Госгеолтехиздат, 1960. 36 с.
- Шемкин Ф. М., Степин В. В. Ионообменный хроматографический анализ металлов. М., «Металлургия», 1970. 392 с.
- Chromatographic separation of the lanthanide and actinide elements. Vienna, IAEA, Bibl. series No. 11, 1964. 117 p.
- Guiochon G., Pommer C. Gas chromatography in inorganics and organometallics. Ann Arbor Sci. Publ., 1973. 360 p.
- Michal J. Chromatografie v anorganické analýze. Praha, SNTL, 1970. 257 s.
- Pollard F. H., McOmie J. F. W. Chromatographic methods of inorganic analysis. With special reference to paper chromatography. L., Butterworth, 1953. 192 p.

## Аналитическая химия и физико-химическое применение

- Березкин В. Г. Аналитическая реакционная газовая хроматография. М., «Наука», 1966. 184 с.
- Березкин В. Г., Татаринский В. С. Газо-хроматографические методы анализа примесей. М., «Наука», 1970. 208 с.
- Вигдергауз М. С., Измаилов Р. И. Применение газовой хроматографии для определения физико-химических свойств веществ. М., «Наука», 1970. 160 с.
- Джеффри П., Киппинг П. Анализ газов методами газовой хроматографии. Пер. с англ. М., «Мир», 1976. 256 с.
- Киселев А. В. и др. Физико-химическое применение газовой хроматографии. М., «Химия», 1973. 255 с.
- Риман В., Уолтон Г. Ионообменная хроматография в аналитической химии. Пер. с англ. М., «Мир», 1973. 375 с.
- Самуэльсон О. Ионообменные разделения в аналитической химии. Пер. с англ. М.-Л., «Химия», 1966. 416 с.
- Inczédy J. Analytical application of ion exchangers. N. Y., Pergamon Press; Budapest, Akad. kiadó; 1966. 420 p.
- Stevens M. P. Characterization and analysis of polymers by gas chromatography. N. Y., Dekker, 1969. 198 p.

## Препаративная хроматография

- Алексеева К. В., Березкин В. Г. и др. Получение чистых веществ методом препаративной газовой хроматографии. Ч. 1—2. М., ЦНИИТЭНефтехим, 1967, 1968. 50, 66 с.
- Колесникова Р. Д., Егельская Л. П. Препаративная газовая хроматография легких углеводов. М., «Химия», 1970. 188 с.
- Полянский Н. Г. Катализ ионитами. М., «Химия», 1973. 214 с.
- Препаративная газовая хроматография. Под ред. А. Златкиса и В. Преториуса. Пер. с англ. М., «Мир», 1974. 408 с.
- Рогинский С. Э., Яновский М. И., Берман А. Д. Основы применения хроматографии в катализе. М., «Наука», 1972. 376 с.
- Сакодынский К. И., Волков С. А. Препаративная газовая хроматография. М., «Химия», 1972. 206 с.

## Нефтехимия и химическая промышленность

- Березкин В. Г., Алишоев В. Р., Немировская И. Б. Газовая хроматография в химии полимеров. М., «Наука», 1972. 287 с.
- Березкин В. Г. и др. Газовая хроматография в нефтехимии. М., «Наука», 1975. 271 с.
- Вигдергауз М. С. Газовая хроматография как метод исследования нефти. М., «Наука», 1973. 256 с.
- Зрелов В. Н., Кичкин Г. И. Хроматография в нефтяной и нефтехимической промышленности. М., Гостоптехиздат, 1963. 288 с.
- Ионообменная технология. Под ред. Ф. Находа и Дж. Шуберта. Пер. с англ. М., Металлургиздат, 1959. 658 с.
- Колесникова Л. П. Газовая хроматография в исследованиях природных газов, нефтей и конденсатов. М., «Недра», 1972. 135 с.
- Набываев В. М., Даль В. И. Газовая хроматография коксохимических продуктов. Киев, «Техника», 1967. 212 с.
- Ритчи А. С. Хроматография в геологии. Пер. с англ. М., «Мир», 1966. 158 с.
- Холькин Ю. И. Хроматография в химии древесины. М., «Лесная промышленность», 1968. 287 с.

## Биохимия и медицина

- Алимова Е. К., Аствацатурьян А. Т. Исследование жирных кислот и липидов методом хроматографии. М., «Медицина», 1967. 108 с.

- Берчфилд Г., Сторрс Э. Газовая хроматография в биохимии. Пер. с англ. М., «Мир», 1964. 619 с.
- Бэйли Д. ж. Методы химии белков. Пер. с англ. М., «Мир», 1965. 284 с.
- Вайсман Г. А., Ямпольская М. М. Применение ионообменных адсорбентов в фармацевтическом анализе. Киев, Госмедиздат УССР, 1959. 88 с.
- Дэвени Т., Гергей Я. Аминокислоты, пептиды и белки. Пер. с англ. М., «Мир», 1976. 364 с.
- Кравченко Н. А., Клеопина Г. В. Руководство по хроматографическому анализу аминокислот на колонках. М., «Наука», 1964, 1965. 71 с.
- Курко В. И. Газохроматографический анализ пищевых продуктов. М., «Пищевая промышленность», 1965. 236 с.
- Литвинов Л. Д., Руденко Б. А. Газовая хроматография в биологии и медицине. М., «Медицина», 1971. 224 с.
- Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1962. 87 с.
- Методы исследования нуклеиновых кислот. Пер. с англ. М., «Мир», 1970. 278 с.
- Новые методы анализа аминокислот, пептидов и белков. Под ред. А. Нидервайзера и Г. Патаки. Пер. с англ. М., «Мир», 1974. 462 с.
- Рагинский В. В., Гапон Т. Б. Хроматография в биологии. М., Изд-во АН СССР, 1953. 195 с.
- Самсонов Г. В. Хроматография. Применение в биохимии. Л., Медгиз, 1955. 180 с.
- Самсонов Г. В. Сорбция и хроматография антибиотиков. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1960. 175 с.
- Самсонов Г. В., Тростянская Е. Б., Елькин Г. Э. Ионный обмен. Сорбция органических веществ. Л., «Наука», 1969. 335 с.
- Тихоненко Т. И. Методические основы биохимии вирусов. М., «Медицина», 1973. 384 с.
- Физико-химические методы изучения, анализа и фракционирования биополимеров. Под ред. Г. В. Самсонова. М.—Л., «Наука», 1966. 341 с.
- Фракционирование полимеров. Под ред. М. Кантова. Пер. с англ. М., «Мир», 1970. 440 с.
- Biomedical application of gas chromatography. Vol. 1—2. Ed. by H. A. Szymanski. N. Y., Plenum Press, 1964, 1968. 324, 198 p.
- Vish I. E. The chromatography of steroids. N. Y., Pergamon Press, 1961. 388 p.
- Crippen R. C. Identification of organic compounds with the aid of gas chromatography. N. Y., McGraw-Hill, 1973. 331 p.
- Chromatographie en chimie organique et biologique. Vol. 1—2. Ed. par E. Lederer. Paris, Masson, 1959, 1960. 671, 876 p.
- Drug analysis by chromatography and microscopy. Ed. by E. Stahl. Ann Arbor Sci. Publ., 1973. 240 p.
- Eik-Nes K. B., Horning E. C. Gas phase chromatography of steroids. N. Y., Springer, 1968. 382 p.
- Gehrke C. W. e. a. Quantitative gas-liquid chromatography of amino acids in proteins and biological substances. Columbia, Analyt. BioChem. Labs., Inc., 1968. 108 p.
- Ion exchangers in organic and biochemistry. Eds. by C. Calmon and T. R. E. Kresman. N. Y., Intersci., 1957. 761 p.
- Laboratory techniques in biochemistry and molecular biology. Vol. 1—2. Eds. by T. S. Work and E. Work. Amsterdam, North-Holland Publ. Co., 1969, 1970. 580, 400 p.
- Lipid chromatographic analysis Vol. 1—2. Ed. by G. V. Marinetti. N. Y., Dekker, 1967, 1969. 537, 596 p.

- Lipsett M B Gas chromatography of steroids in biological fluids N Y , Plenum Press, 1965 315 p
- Modern methods of steroid analysis Ed by E Heftmann N Y., Acad Press, 1971 524 p
- Morris C J O R, Morris P. Separation methods in biochemistry L , Pitman, 1964 887 p
- Neher R Steroids chromatography Amsterdam, Elsevier, 2nd ed , 1964 389 p
- Papierchromatographie in der Botanik Hrsg von H F Linskens Berlin, Springer, 2 Aufl, 1959 408 S
- Patakı G Techniques of thin-layer chromatography in amino acid and peptide chemistry Ann Arbor Sci Publ , 1969 252 p
- Pattı A A, Stein A A Steroid analysis by gas liquid chromatography Springfield, Thomas, 1964 95 p
- Pharmaceutical applications of thin layer and paper chromatography Ed by K Maccek Amsterdam, Elsevier, 1972 744 p
- Polvani F, Surace L M Gas chromatographic determination of hormonal steroids N Y , Acad Press, 1968 324 p
- Progress in the chemistry of fats and other lipids, v 7, p 2 — Gas chromatography of lipids, v 8, p 3 — Chromatography Ed by R T Holman Oxford, Pergamon Press, 1963, 1965 132, 132 p
- Scholler R, Jayle M. F Gas chromatography of hormonal steroids N Y , Gordon and Breach, 1968 574 p
- Scott R M Clinical analysis by thin layer chromatography techniques Ann Arbor, Humphrey, 1969 228 p
- The gas liquid chromatography of steroids Ed by J K Grant N Y , Cambridge Univ Press, 1967 294 p
- Wagman G H, Weinstein M J Chromatography of antibiotics Amsterdam, Elsevier, 1973 248 p
- Wolf F Separation methods in organic chemistry and biochemistry N Y , Acad Press, 1969 199 p
- Wotiz H H, Glark S J Gas chromatography in the analysis of steroid hormones N Y , Plenum Press, 1966 288 p

## Пестициды, охрана природы

- Ермаков В В Газохроматографические методы определения пестицидов в биологических объектах М , «Наука», 1972 168 с
- Молочников В В, Мочалов В И Определение остатков пестицидов в молоке и молочных продуктах методом газовой хроматографии (обзор) М , ЦНИИТЭИ, 1970 51 с
- Яворская С Ф Газовая хроматография — метод определения вредных веществ в воздухе и биологических средах М , «Медицина», 1972 207 с
- Fishbein L Chromatography of environmental hazards Vol 1 Carcinogens, mutagens and teratogens, vol 2 Metals, gaseous and industrial pollutants, vol 3 Pesticides, vol 4 Drugs Amsterdam, Elsevier, 1972, 1974, 1974, 1975 499, 650 p
- Gudzınowicz B J. Gas chromatographic analysis of drugs and pesticides N Y , Dekker, 1967 616 p
- Preston S T A guide to the analysis of pesticides by gas chromatography. Evanston, Polysci Corp , 2nd ed , 1968 249 p

ТАБЛИЦА СТАНДАРТОВ СИТ

Американский стандарт (ASTM)		Английский стандарт (BSS)		Французский стандарт (AFNOR)		Немецкий стандарт (DIN)	Стандарт СССР (ГОСТ)	
меш	мм	меш	мм	№	мм	мм	№	мм
6	3,36	5	3,35					
7	2,83	6	2,81			3,00		
8	2,38	7	2,41			2,40		
10	2,00	8	2,06	34	2,00	2,00		
12	1,68	10	1,68	33	1,60	1,60		
14	1,41	12	1,40			1,50		
16	1,19	14	1,20	32	1,25	1,25	1,25	1,25
18	1,00	16	1,00	31	1,00	1,0	1	1,00
20	0,841	18	0,85	30	0,80	0,8	09	0,900
							08	0,800
25	0,707	22	0,70				07	0,700
30	0,595	25	0,60	29	0,63	0,63	063	0,630
							056	0,560
35	0,500	30	0,50	28	0,50	0,5	05	0,500
							045	0,450
40	0,420	36	0,42	27	0,40	0,4	04	0,400
45	0,354	44	0,35				0355	0,355
50	0,297	52	0,30	26	0,315	0,315	0315	0,315
60	0,250	60	0,25	25	0,250	0,25	028	0,280
							025	0,250
70	0,210	72	0,21	24	0,200	0,2	0224	0,224
80	0,177	85	0,18				02	0,200
100	0,149	100	0,15	23	0,160	0,16	018	0,180
							016	0,160
120	0,125	120	0,125	22	0,125	0,125	014	0,140
							0125	0,125
140	0,105	150	0,105	21	0,100	0,1	0112	0,112
170	0,088	170	0,090			0,09	01	0,100
				20	0,080	0,08	009	0,090
200	0,074	200	0,075			0,071	008	0,080
							0071	0,071
230	0,063	240	0,063	19	0,063	0,063	0063	0,063
						0,056	0056	0,056
270	0,053	300	0,053	18	0,050	0,05	005	0,050
325	0,044	350	0,045			0,045	0045	0,045
400	0,037			17	0,040	0,04	004	0,040

## ФИРМЫ, ВЫПУСКАЮЩИЕ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Символ	Полное название фирмы	Адрес	Продукция (по номерам разделов)
AA	Alltech Associates, Inc.	США — 202 Campus Drive, Arlington Heights, Ill. 60004	Распространяет хроматографические материалы
Abbey	Abbey Chemical Ltd.	Англия — Berk House, 8 Baker St., London W1 A 1BL	144
ABL	Analytical and Biochemical Labs., Inc.	США — P. O. Box 1097, Columbia, Miss. 65201	Распространяет хроматографические материалы
AC	American Cyanamide Co.	США	144
Agfa	Agfa—входит в объединение Bayer	ФРГ — Woelfen	3
Alc	Aluminium Company of America	США — East St. Louis, Ill.	5
All	Allied Chemical	США — 40 Rector St., New York 6, N. Y.	101
Altex	Altex Scientific, Inc.	США — 1450 Sixth St., Berkeley, Calif. 94710	Распространяет материалы для КЖХ и ВСЖХ
Ana	Analabs, Inc. (a subsidiary of New England Nuclear)	США — 80 Republic Drive, North Haven, Conn. 06473	3, 4, 8, 9, 19, 37, 97, 99—101, 133, 134, 137, 144, 146—159
Anc	Anachem Ltd.	Англия — 20a North St., Luton, Beds. LU2 7QE	133—135, 137, 141
Ant	Analtech, Inc.	США — 75 Blue Hen Drive, Newark, Del. 19711	133—135, 137, 141
APC	Alupharm Chemicals	США — P. O. Box 30628, New Orleans, La. 70130	5
Apol	VEB Laborchemie Apolda	ГДР — 532 Apolda (Thür.), Utenbacher Str. 72/74	160
Arch	Société des Papeteries Arches Johannot Marais	Франция — Paris, 6 <sup>e</sup> США	126
Ash	Ashland Chemical Co.	США — P. O. Box 440, 135 N. Gill St.,	91
ASL	Applied Science Laboratories, Inc.	State College, Pa. 16801	2—4, 6, 7, 9, 10, 37, 38, 84, 85, 97, 103, 105, 109, 114, 133, 137, 144, 146—159, 160

Символ	Полное название фирмы	Адрес	Продукция (по номерам разделов)
Atl	Atlas Chemical Industries, Inc.	США — Wilmington, Del. 19899	144
AWC B	Ayalon Water Conditioning Co., Ltd. Beckman Instruments Inc.	Израиль — Haifa США — 2500 Harbor Blvd., Fullerton, Calif. 92634	56 44
Baker	J. T. Baker Chemical Co.	США — 222 Red School Lane, Phillipsburg, N. J. 08865	1, 3, 5, 7, 9, 11—13, 23, 84, 85, 103—106, 133, 134, 137— 139, 141, 160, 171
BAPL	Bevaloid Australian Pty. Ltd.	Австралия — Sydney	144
BASF	BASF — Badische Anilin und Soda Fabrik AG	ФРГ — Ludwigshafen am Rhein	144
Bayer BC	Farbenfabriken Bayer AG VEB Berlin-Chemie	ФРГ — Leverkusen ГДР — 1199 Berlin-Adlershof, Glienicker Weg 181	24, 43, 44, 46—50, 52, 53, 144 97—100, 106, 144
BD	Becker Delft N. V. (a subsidiary of AMBAC Industries, Inc.)	Нидерланды — Vulcanusweg 259, Delft, Postbus 519	4, 8, 99, 100
BDH	The British Drug Houses Ltd., BDH Chemicals Div.	Англия — Broom Rd., Poole, Dorset BH12 4NN	1, 3, 5, 7, 11, 13, 24, 97, 99, 103, 146—159, 160, 171
BI	Brinkmann Instruments Inc.	США — Cantiague Rd., Westbury, N. Y. 11590	133, 134, 137—139, 141, 160
Bid BRL	James G. Biddle Co. Bio-Rad Laboratories	США — Plymouth Meeting, Penn. 19462 США — 32nd and Griffin Ave., Richmond, Calif. 94804	144 1—3, 5, 6, 12, 29, 31, 33, 35, 43—47, 49—55, 59, 60, 84—87, 90, 104, 119, 120, 122,
Brown Bur	Brown Co. Burrell Corp.	США — 550 Main St., Berlin, N. H. США — 2223 Fifth Ave., Pittsburgh, Pa. 15219	84, 85 4, 97
C	Calbiochem Inc.	США — 10933 N. Torrey Pines Rd., La Jolla, Calif. 92037	56, 133, 170
CA	Chromatography Associates Inc.	США — 89 Rancocas Rd., Mt. Holly, N. J. 08060	Распространяет материалы для газовой хроматографии
Cadot	Cabot Corp.	США — 125 High St., Boston, Mass.	20

<b>CAMAG</b>	CAMAG — Chemie-Erzeugnisse und Adsorptionstechnik AG	Швейцария — CH-4132, Muttenz, Homburgerstrasse 24	3, 5, 7, 97, 105, 133, 134, 137
<b>CC</b>	The Carborundum Co., Research and Development Div.	США — Building 1—1, P. O. Box 337, Niagara Falls, N. Y. 14302	Глава IV (введение)
<b>CCT</b>	Cheng Chin Trading Co., Ltd.	Китай — No. 75, Sec. 1, Hankow St., Taipei	141
<b>CECA</b>	Société C. E. C. A. (Carbonisation et charbons actifs)	Франция — 24, rue Murillo, Paris 8 <sup>e</sup>	103
<b>CEL</b>	Coast Engineering Laboratory (a subsidiary of ASL)	США — 13508 South Normandie Ave., Gardena, Calif. 90249	4, 8, 13, 19, 37, 97
<b>Celan</b>	Celanese Chemical Co., A div. of Celanese Corp.	США — 245 Park Ave., New York, N. Y. 10017	144
<b>C-G</b>	Ciba-Geigy AG	Швейцария — Basel	144
<b>CGW</b>	Corning Glass Works	США — Corning, N. Y. 14830	10, 35, 99, 114, 115, 123, 136
<b>Chema</b>	Chemapol Co. Ltd. (внешнеторговое акц. общ-во)	ЧССР — Kodanská 46, Praha 10	21, 98
<b>Chr</b>	Chromatec, Inc.	США — 30 Main St., Ashland, Mass. 01721	2, 6, 108, 116
<b>CIC</b>	Cambridge Ind. Co., Inc.	США — Cambridge, Mass.	144
<b>CKB</b>	VEB Chemiekombinat Bitterfeld	ГДР — 444 Wolfen 1	43, 44, 46, 48—53, 60
<b>CKV</b>	Chemolimpex Külkereskedelmi	ВНР — Deák Ferenc u. 7—9, Budapest V, Post Box 121	43, 46, 49, 51, 52, 54, 59, 60
<b>CLG</b>	Camlab(Glass) Ltd.	Англия — Milton Rd., Cambridge	133, 134, 137—139, 141
<b>C-N</b>	Chinoin-Nagytétény	ВНР — Budapest XXII, P. O. Box 1	140
<b>Cros</b>	Joseph Crosfield and Sons, Ltd.	Англия — P. O. Box 26, Bank Quay, Warrington, Lancs.	43, 45, 49, 88, 89
<b>CRS</b>	Chemical Research Service Inc.	США — 14 Industrial Rd., Addison, Ill. 60101	100
<b>CSI</b>	Chemical Systems Inc.	США — Industrial Complex, 1852 McGow Ave., Irving, Calif. 92705	144
<b>CT</b>	Column Technology Inc.	США	99
<b>CWH</b>	Chemische Werke Hüls AG	ФРГ — 4370 Marl, Kreis Recklinghausen, Bergstrasse 8	144
<b>CWN</b>	VEB Chemiewerk	ГДР — Nünchritz	144
<b>D</b>	Durrum Chemical Corp.	США — 3950 Fabian Way, Palo Alto, Calif. 94303	44, 50
<b>DC</b>	Dow Corning Corp. (объединяет <b>Dow</b> и <b>CGW</b> )	США	144
<b>Dow</b>	The Dow Chemical Co.	США — Midland, Mich. 48640	21, 43, 46, 49, 52—54, 59
<b>DP</b>	Dia-Prosim (объединена с <b>D-S</b> )	Франция — 107, rue Edith Cavell, 94-Vitry-sur-Seine	88, 89



Символ	Полное название фирмы	Адрес	Продукция (по номерам разделов)
D-S	Diamond-Shamrock Chemical Co.	США — 901 Spring St., Redwood City, Calif.	43, 45, 46, 49, 52, 53, 55, 57, 58, 90
duP	E. I. du Pont de Nemours and Co., Inc., Instrument Products Div.	США — 1007 Market St., Wilmington, Del. 19898	2, 8, 103, 112—114, 116, 117, 144, 172
F & D	Eaton and Dikeman	США	126
EEL	Evans Electro selenium Ltd.	Англия — Halstead, Essex	44
Emery	Emery Industries Inc., Organic Chemicals Div.	США — Cincinnati, Ohio	144
EML	EM Laboratories, Inc. (филиал фирмы Merck)	США — 500 Executive Blvd., Elmsford, N. Y. 10523	2, 6, 32, 34, 36, 108, 112, 114—117
ENI	Electro-Nucleonics, Inc., Separation and Analytical Systems Div.	США — 368 Passaic Ave., Fairfield, N. J. 07006	35
Enka	Enka N. V.	Нидерланды (торговый агент — ASL)	24
E-P	The Eagle-Picher Co., Celatom Products Dept.	США — American Building, Cincinnati, Ohio 45201	103
Erba	Carlo Erba S. p. A., Sci. Instruments Div.	Италия — Via Carlo Imbonati 24, I20159 Milano	1, 3—5, 7, 8, 11, 13, 19, 20, 37, 44, 103, 133, 134, 137, 141
ESB	ESB Reeves Corp.	США — Glenside, Pa.	24
Ex	Excorna	ФРГ — Mainz	105
F	Fisher Scientific Co.	США — 711 Forbes Ave., Pittsburgh, Pa. 15219	1, 5, 100
FC	Floridin Co., A member of the ITT System	США — Three Penn Center, Pittsburgh, Pa. 15235	9
FH	Farbenwerke Hoechst AG	ФРГ — 6230 Frankfurt a. M.-Hoechst	100, 101
FI	Field Instruments Co. Ltd.	Англия — Tetrapark House, Orchard Rd., Richmond, Surrey	97
Fluka	Fluka AG, Chemische Fabrik	Швейцария — CH-9470 Buchs	1, 3, 5, 7, 143, 146—159
Fluor	The Fluorocarbon Co., Polychemicals Div.	США — 1754 South Clementine St., Anaheim, Calif. 92803	100
FMC	Food Machinery and Chemical Corp. (FMC Corp.)	США — Philadelphia, Pa.	9, 105
GAF	GAF Corp.	США — 1180 Ave. of the Americas, New York, N. Y. 10036	144
GB	General Biochemicals	США — Chardin Falls, Ohio 44022	84

<b>GC</b>	Gas Chromatography Ltd.	Англия — Boyn Valley Rd., Maidenhead, Berks.	Распространяет материалы для газовой хроматографии
<b>G-D</b>	VEB Chemiewerk Greiz-Dörlau	ГДР	5
<b>GE</b>	General Electric Co., Silicone Product Dept.	США — Waterford, N. Y.	144, 170
<b>Gelm</b>	Gelman Instrument Co.	США — P. O. Box 1448, 600 S. Wagner Rd., Ann Arbor, Mich. 48106	30, 129, 132, 160
<b>GIR</b>	Girdel, Giravions Dorand SARL	Франция — 5, rue Jean Macé, Suresnes	8
<b>GM</b>	General Mills, Inc., Chem. Div.	США — Kankakee, Ill.	91, 144
<b>GP</b>	Grycksbo Pappersbruk AB	Швеция	104, 126
<b>Grace</b>	W. R. Grace and Co., Davison Chemical Div.	США — 101 North Charles St., Baltimore, Md. 21203	1
<b>Gref</b>	Grefco, Inc., Mining and mineral products group	США — 630 Shatto Place, Los Angeles, Calif. 90005	103
<b>GS</b>	Gallard-Schlesinger Chemical Mfg. Corp.	США — 584 Mineola Ave., Carle Place, L. I., N. Y. 11514	141
<b>H &amp; W</b>	Hopkin and Williams Ltd.	Англия — Freshwater Rd., Chadwell Heath, Essex	1, 3, 7, 9, 11, 13, 103, 144
<b>HC</b>	Hamilton Co.	США — P. O. Box 307, 12440 E. Lambert Rd., Whittier, Calif. 90608	44, 50
<b>Hit</b>	Hitachi, Ltd.	Япония — 4, 1-chome, Marunouchi, Chiyodaku, Tokyo	21, 44, 50
<b>H-P</b>	Hewlett-Packard, Avondale Div.	США — Route 41, Avondale, Pa. 19311	4, 8, 19, 99—101
<b>HPC</b>	Hercules Powder Co.	США — Wilmington, Del.	24
<b>IBF</b>	L'Industrie Biologique Francaise S. A. R. L.	Франция — 35, Quai du Moulin de Cage, 92231 — Gennevilliers	29, 34
<b>ICC</b>	Ionac Chemical Corp., A. div. of Pfaudler Permutit Inc.	США — Birmingham, N. J. 08011	11, 43—53, 56—58, 60, 88, 89
<b>ICI</b>	Imperial Chemical Ind., Ltd.	Англия — Imperial Chemical House, Millbank, London S. W. 1	144
<b>ICN</b>	ICN Pharmaceuticals, Inc. Life Sciences Group	США — 26201 Miles Rd., Cleveland, Ohio 44128	120
<b>Imac</b>	IMACTI — Industriele Maatschappij Activit N. V.	Нидерланды — Postbus 240-C, Nieuwendammerkade 1—3, Amsterdam-N	43, 46, 49, 52, 53, 58, 88
<b>IWT</b>	Illinois Water Treatment Co.	США — 840 Cedar St., Rockford, Ill. 61105	58
<b>Jasco</b>	Jasco, Japan Spectroscopic Co., Ltd.	Япония — 2967—5, Ishikawa-cho, Hachioji City, Tokyo 192	108, 109, 113, 116
<b>JCB</b>	J. C. Binzer, Vertriebs GmbH	ФРГ — Hatzfeld/Eder	126

Символ	Полное название фирмы	Адрес	Продукция (по номерам разделов)
<b>JEOL</b>	JEOL — Japan Electron Optics Laboratory Co., Ltd.	Япония — 1418 Nakagami, Akishima, То- кью 196	44, 50
<b>JJ</b>	JJ's (Chromatography) Ltd.	Англия — Hardwick Trading Estate, King's Lynn, Norfolk	97
<b>J-M</b>	Jons-Manville Corp., Celite Div. (Filtration and Minerals Div.)	США — Greenwood Plaza, Denver, Col. 80217	9, 21, 22, 97, 100, 103, 108
<b>Jones</b>	Jones Chromatography Ltd.	Англия — 71 Ridgeway, Machen, Newport, Mon.	Распространяет хроматографические материалы
<b>Kav</b>	Sklárny Kavalier, n. p. Sázava	ЧССР — Votice (экспортёр <b>Chemia</b> )	1, 3, 133
<b>KLL</b>	Koch-Light Laboratories Ltd.	Англия — Colnbrook, Bucks.	1, 5, 23, 34, 84, 87, 122, 146— 159
<b>Kodak</b>	Eastman Kodak Co.	США — Rochester, N. Y. 14650	133, 134, 137, 141, 146—159
<b>LB</b>	Lachema, n. p. Brno	ЧССР — Brno, Podedbradova 95	1, 3, 34, 97, 104, 105, 144
<b>LC</b>	Lachat Chemicals Inc.	США — 20200 Ashland Ave., Chicago Heights, Ill. 60411	144
<b>Litex</b>	Litex	Дания — Glostrup	29
<b>LKB</b>	LKB-Produkter AB	Швеция — S-161 25 Bromma 1	34, 44
<b>M &amp; B</b>	May and Baker Ltd.	Англия — Dagenham, Essex RM10 7XS	3, 7, 97, 144
<b>MC &amp; B</b>	Matheson Coleman and Bell, Div. of the Matheson Co., Inc.	США — 2409 Highland Ave., Norwood, Ohio 45212	Распространяет материалы для газовой хроматографии
<b>MCW</b>	Mallinckrodt Chemical Works	США — P. O. Box 5439, 2nd and Mallinckrodt Sts., St. Louis, Mo. 63160	1, 3, 5, 43, 44, 46, 47, 49, 50, 132, 133
<b>ME</b>	Montecatini Edison S. p. A.	Италия — Milano, Foro Buonaparte, 31	43, 46, 49, 53
<b>Mead</b>	Mead technical papers, A div. of the Mead Corp.	США — South Lee, Mass. 01260	129
<b>Merck</b>	E. Merck AG	ФРГ — 61 Darmstadt 2, Postfach 4119	1—3, 5—7, 9, 19, 23, 32, 34, 36, 37, 43, 46, 49, 52, 60, 84, 85, 97, 103—106, 108, 109, 112, 116—119, 133—135, 137, 139, 141, 144, 146—159, 171
<b>M-I</b>	Marubeni-Iida Co. Ltd., Chemical Dept.	Япония — P. O. Box Central 595, Токуо	43, 49
<b>Miles</b>	Miles Laboratories Ltd.	Англия — P. O. Box 37, Stoke Court, Stoke Poges, Slough, SL2 4LY	114, 120
<b>MKW</b>	Marles-Kuhlmann-Wyandotte	США	144

<b>MMM</b>	Minnesota Mining and Manufacturing Co. (3M Co.)	США — Minneapolis, Minn.	99, 101, 144
<b>MN</b>	Macherey, Nagel und Co.	ФРГ — D-516 Dueren, Werkstrasse 6—8, Postfach 307	1—3, 5, 7, 12, 23, 44, 50, 84, 85, 90, 103—106, 114, 115, 126—129, 131—134, 137—141, 171
<b>Mon</b>	Monsanto Co.	США — St. Louis, Mo.	144
<b>MS</b>	Midland Silicones Ltd.	Англия — Wales	144
<b>MSC</b>	Morton Salt Co.	США	102
<b>NBCo</b>	ICN Nutritional Biochemicals (A member of ICN Pharmaceuticals, Inc., Life Sci. Group)	США — 26201 Miles Rd., Cleveland, Ohio 44128	1, 84, 85, 146—159, 160
<b>N/F</b>	Nester/Faust, Perkin-Elmer Liquid Chromatography Div.	США — 2401 Ogletown Rd., Newark, Del. 19711	2, 35, 108, 113, 114, 116
<b>NL</b>	Northgate Laboratories, Inc.	США — Hamden, Conn.	ППС (до 1972)
<b>NLC</b>	National Lead Co.	США — P. O. Box 1675, 2404 Southwest Freeway, Houston, Texas 77001	144
<b>Olin</b>	Olin Corp.	США	144
<b>Org</b>	Japan Organo Co. Ltd. (скооперирована с R & H)	Япония — 5—16, 5-chome, Hongo, Bonkyoku, Tokyo	91
<b>OV</b>	Ohio Valley Specialty Chemical Co.	США — P. O. Box 241, Marietta, Ohio 45750	144
<b>Pack</b>	Packard Instrument Co., Inc., (subsidiary of AMBAC Ind., Inc.)	США — 2200 Warrenville Rd., Downers Grove, Ill. 60515	133, 134, 137
<b>P &amp; G</b>	Procter and Gamble	США — P. O. Box 599, Cincinnati, Ohio 45201	144
<b>Pc</b>	Pierce Chemical Co.	США — P. O. Box 117, Rockford, Ill. 61105	124, 144, 146—161, 172
<b>PCC</b>	Pittsburgh Corning Corp.	США	99
<b>P-E</b>	Perkin-Elmer Corp., Instrument Div.	США — 800 Main Ave., Norwalk, Conn. 06856	2, 4, 8, 19, 99, 100
<b>Pennw</b>	Pennwalt Corp.	США — Philadelphia	144
<b>Perm</b>	The Permutit Co., Div. of Sybron Corp.	США — E 49 Midland Ave., Paramus, N. J. 07652	11, 43, 46, 49, 51, 53, 57, 58, 60, 88, 89
<b>Perm</b>	Permutit Co., Ltd.	Англия — 272—276 Gunnersbury Ave., London W. 4	43—50, 52, 58, 60, 88, 89
<b>Perm</b>	Permutit AG	Западный Берлин — 1000 Berlin 33, Auguste-Viktoria-Str. 62	43, 46, 49, 53, 88
<b>Ph</b>	Pharmacia Fine Chemicals AB	Швеция — Box 175, S-75104 Uppsala 1	28—30, 34, 86, 114, 120, 121, 170

Символ	Полное название фирмы	Адрес	Продукция (по номерам разделов)
<b>Phase</b>	Phase Separations Ltd.	Англия — Deeside Industrial Estate, Queensferry, Clwyd.	2, 4, 6, 8, 19, 21, 24, 37, 97, 99, 100, 114, 144, 146—159
<b>PN</b>	VEB Spezialpapierfabrik Niederschlag	ГДР — Niederschlag/Erzgeb	126, 132
<b>POCh</b>	Polskie Odczynniki Chemiczne	ПНР — Gliwice	5
<b>PPI</b>	Pittsburgh Precision Instrument Co., Inc. (a subsidiary of CENCO Instrument Corp.)	США — 3803—05 N. 5th St., Philadelphia, Pa. 19140	44
<b>PQ</b>	Philadelphia Quartz Co.	США — P. O. Box 840, Valley Forge, Pa. 19482	9
<b>PS</b>	Perco Supplies	США — 928 S. Walnut St., San Gabriel Calif. 91776	Распространяет хроматографические материалы
<b>QI</b>	Quantum Industries	США — 341 Kaplan Dr., Fairfield, N. J. 07006	133, 134, 137
<b>RA</b>	H. Reeve Angel and Co., Inc. (теперь: Whatman Inc.)	США — 9 Bridewell Place, Clifton, N. J. 07014	108, 110—116, 131 (ППС по технологии NL)
<b>RA</b>	Reeve Angel Scientific Ltd. (теперь: Whatman Ltd.)	Англия — Spriengfield Mill, Maidstone, Kent ME14 2LE	1—3, 5, 7, 104, 105, 133
<b>R &amp; H</b>	Rohm and Haas Co., Fluid Process Chemicals Dept.	США — Washington Square, Independence Mall West, Philadelphia, Pa. 19105	21, 22, 43, 46, 49, 52—54, 56, 60, 91, 144
<b>RDH</b>	Riedel-De Haën AG, Chemische Fabriken	ФРГ — 3016 Seelze, Wunstorfer Str. 40	1, 3, 5, 7, 13, 23, 105, 133, 134, 137, 141, 160
<b>RdI</b>	Resin-d-Ion	Италия — Milano, Via Elba 14	43, 46, 49, 52
<b>Rean</b>	Reanal	ВНР — 1441 Budapest 70, Post Box 54	21, 28, 30, 44, 84—86, 97, 133, 137, 139
<b>Regis</b>	Regis Chemical Co.	США — 1101 N. Franklin St., Chicago, Ill. 60610	84, 97, 147, 172
<b>RH</b>	Rank Hilger, a member of Rank Preci-	Англия — Westwood, Margate, Kent CT	44

	sion Industries	94 JL	
<b>R-P</b>	Société des usines chimiques Rhône-Poulenc	Франция — 22, ave. Montaigne, Paris 8 <sup>e</sup>	144
<b>R-Pr</b>	Rhône-Progil	Франция	1, 2, 5, 36, 114
<b>RSCo</b>	Research Specialties Co.	США — 200 South Garrard Blvd., Richmond, Calif.	Распространяет хроматографические материалы
<b>S &amp; S</b>	Schleicher + Schüll GMBH	ФРГ — Postfach 4, D-3354 Dassel, Kr. Einbeck	3, 84, 103—106, 126—129, 132, 133, 137—141
<b>Sanyo</b>	Sanyo Chemical Industries	Япония — 11, Nomoto-cho, Ichinohashi, Higashiyama-ku, Kyoto	144
<b>SCh</b>	Spolek pro Chemickou a Hutní Výrobu	ЧССР — Ústí nad Labem	43—46, 49, 52, 58
<b>SD</b>	Showa Denko KK	Япония	33
<b>Ser</b>	Seravac Laboratories(Pty) Ltd.	Англия — Moneyrow Green, Holyport, Maidenhead, Berks.	29, 119
<b>Serva</b>	Serva Feinbiochemica GmbH & Co.	ФРГ — D-6900 Heidelberg 1, Karl-Benz-Str. 7, P. O. Box 105260	1, 3—5, 7, 11—13, 21—24, 29, 33, 37, 43, 44, 46, 47, 49, 50, 52—54, 59, 60, 84, 85, 99, 100, 103—105, 119, 120, 123, 124, 130, 133, 146—159, 170
<b>SG</b>	The Separations Group	США — 8738 Oakwood Ave., Hesperia, Calif. 92345	2, 108, 113—116
<b>Shell</b>	Shell Chemicals	США	144
<b>Shi</b>	Shimadzu Seisakusho Ltd.	Япония — 1, Nishinokyo-Kuwabara-cho, Nakagyo-ku, Kyoto 604	4, 8, 19, 33, 37, 97, 100
<b>SIBAR</b>	SIBAR	Италия — Via Serafino Siepi 19/D, Perugia	133, 134, 137, 141
<b>Sigma</b>	Sigma Chemical Co.	США — 3500 DeKalb St., St. Louis, Mo. 63118	160
<b>S/M</b>	Schwarz/Mann, Div. of Becton, Dickinson and Co.	США — Mountain View Ave., Orangeburg, N. Y. 10962	3, 5, 7, 29, 84, 85, 133, 134, 137, 160
<b>SSI</b>	Sondell Scientific Instruments	США — Palo Alto, Calif.	44

Символ	Полное название фирмы	Адрес	Продукция (по номерам разделов)
<b>ST</b>	Separation Technology, Inc.	США — 48 First St., Cambridge, Mass. 02141	112, 113
<b>Sup</b>	Supelco, Inc.	США — Supelco Park, Bellefonte, Pa. 16823	1, 3—5, 9, 20, 21, 38, 84, 97, 105, 133, 144, 146—160, 170— 172
<b>SW</b>	Sterchamolwerke	ФРГ — Düsseldorf	97
<b>TCC</b>	Technicon Chromatography Corp.	США — Research Park, Chauncey, N. Y.	44
<b>Toyo</b>	Toyo Chemical Industry Co.	Япония	141
<b>T-R</b>	Toyo-Roshi Kaisha, Ltd.	Япония — No. 7, 3-chome Hon-cho, Nihon- bashi, Chuo-ku, Tokyo	126
<b>TS</b>	Dr. Theodor Schuchardt GmbH u. Co. (объединена с Merck)	ФРГ — D-8011 Hohenbrunn	5, 8, 13, 23, 104, 143
<b>TSC</b>	Toyo Soda Co.	Япония	33
<b>UC</b>	Union Carbide Corp.	США — 270 Park Ave., New York, N. Y. 10017	37, 144
<b>UK</b>	Ugine Kuhlmann		101, 144
<b>VA</b>	Varian Associates Inc.	США — 2700 Mitchell Drive, Walnut Creek, Calif. 94598	2, 6, 24, 97, 113, 114, 144
<b>W</b>	Whatman Biochemical Ltd.	Англия — Spriengfield Mill, Maidstone, Kent ME14 2LE	1, 3, 84, 85, 104, 105, 126, 128— 130, 132
<b>WA</b>	Waters Associates Inc.	США — Maple St., Milford, Mass. 01757	2, 21, 33, 36, 108, 114, 116, 117
<b>Wako</b>	Wako Pure Chemicals Co. Ltd.	Япония — Tokyo	4
<b>WC</b>	Wacker Chemie GmbH	ФРГ	144
<b>WCC</b>	Wyandotte Chemical Corp.	США	144
<b>Woelm</b>	M. Woelm (a member of ICN)	ФРГ — 344 Eschwege, Max-Woelm-Str.	1—3, 5—9, 23, 106, 108, 116, 117, 133, 171
<b>Yan</b>	Yanaco Analytical Instruments, Yana- gimoto Mfg. Co., Ltd.	Япония — 28 Jōshungamae-cho, Shimotoba, Fushimi-ku, Kyoto	97
<b>Zer</b>	Zerolit Ltd. (a subsidiary of Perm)	Англия — Pemberton House, 632/652 Lon- don Rd., Isleworth, Middlesex	43—50, 52, 60, 88, 89

**УКАЗАТЕЛЬ МАРОК МАТЕРИАЛОВ**  
(по номерам разделов, в скобках — номера марок)

Actichrom	10 (8)
Actigel	1 (85)
Activac	133 (50—58), 134 (41—43), 137 (28—33), 141 (17)
Activated Thiol-Sepharose	121 (7)
Adogen	91 (4—7)
2',5'ADP-Sepharose	121 (4)
Adsorbosil 1, 2, 5	3 (67—73), 17, 133 (162—165, 170)
Adsorbosil-G	10 (6, 7)
Aeropak 30	97 (20)
Aerosol OT	144 (502)
Affi-Gel	120 (13—19), 122 (6—8)
Affisil	3 (82), 133 (161)
AG	см. Bio-Rad AG
Ago-Gel	29 (1—9)
AHC	119 (7)
Akrixil P	31 (11—20)
Alamine 336	91 (9)
Alathon 7040	144 (503)
Alcoa	5 (55), 8 (4, 5)
Aliquat 336	91 (8)
Alkaterge	144 (504, 505), 145/7
Alkyl-Agarose	114 (44—48, 59)
All-Isil	147 (16—18)
AluminAR	5 (54)
Alupharm	5 (43—45)
Amberlite	
200, 252	43 (40—42, 49, 50), 75, 79
AR	83
CG-4B	53 (10, 11), 83
CG-50	47 (2—7), 83
CG-120	44 (42—44, 50—52), 83
CG-400	50 (25—28), 83
DP-1	46 (6), 79
IR-4B	53 (3, 9, 12), 77, 79, 131 (4)
IR-45	52 (6, 13—15), 77, 79
IR-105	77
IR-112, 116, 118	43 (36, 37, 45, 46), 79
IR-120	43 (27—29, 36, 44, 45, 55), 44 (45—49), 75, 77, 79, 131 (1)
IR-122, 124	43 (38, 39, 47, 48), 79
IRA-47, 49	53 (6—8), 79
IRA-68, 93, 94	52 (7—9, 16, 17), 75, 79
IRA-400	49 (38, 39, 58, 72), 50 (22), 65, 67, 75, 77, 79, 131 (3)
IRA-401 ... 458	49 (43—48, 59—64, 73, 74), 50 (23, 24), 77, 79
IRA-900 ... 938	49 (50—54, 65—67), 75, 79
IRC-50 ... 84	46 (1—12), 47 (1—8), 77, 79, 131 (2)



IRN-77	43 (32), 79, 83
IRN-78	49 (40), 79, 83
IRN-150, 154	60 (9, 10)
IRN-163, 169	43 (33, 34), 79, 83
IRN-170, 217	60 (11, 12)
IRN-218	43 (35), 79, 83
IRN-277, 300	60 (13, 14)
IRP-58	53 (4, 5)
IRP-64	46 (2, 3)
IRP-67	49 (41, 42)
IRP-69	43 (30, 31)
IRP-88	46 (4)
LA-1, 2, 3	91 (1—3)
MB-1, 2, 3, 6	60 (1—8)
SA-2, SB-2	131 (1, 3)
WA-2, WB-2	131 (2, 4)
XAD	21 (9—11), 22 (1—6)
XE-100	43 (37), 77
XE-236	52 (10), 79
XE-243	56 (1), 79
XE-268	49 (49), 79
XE-295	53 (8)
XE-318	54 (7), 79
Amberlyst	
15	43 (51, 54), 75
A21	52 (12, 18, 19), 75
A26, A27, A29	49 (56, 57, 68—70), 75
XN-1005, 1010	43 (52, 53), 75
Amine 220	144 (506), 145/7
Amine Packing	144 (801)
Aminex	44 (1—12), 50 (1—5)
Amoko H-100	144 (507)
5'AMP-Sepharose	121 (3)
AN-600	144 (508)
Anakrom	97 (32—42)
Anaport GB, TGB	99 (6—9)
Anaport Kel-F	101 (1)
Anaport Tee Six	100 (6)
AnaPrep	97 (43—46)
Anasil	3 (89—94), 133 (131—142), 137 (58—65)
Anasorb	4 (15—24), 8 (6, 7), 9 (5), 19 (6—15), 37 (6—8)
Ansul Ether	144 (509)
Antarox CO-990	144 (510)
Apiezon	144 (511—517, 803), 145/1
Apolar	144 (518—520), 145/13
APS	124 (3)
AR-200	144 (521)
Armeen	144 (522—525), 145/7
Arneel	144 (526, 527)
Aroclor	144 (528, 529), 145/2
ASI	144 (530), 145/13
Asmit	49 (122, 123), 58 (10—14)
Atpet	144 (531, 532), 145/15
Avicel	104, 105, 137
Avirin	104 (14)
Baker-flex	133 (78—83), 134 (27, 28), 137 (36—39), 138 (7), 139 (11—15), 141 (13—16)
Baymal	8 (11)

Beckman Resins	44 (20—30)
Bentone 34	144 (535), 145/7
Bile-Spra	146 (38)
Bio-Beads	33 (26—32)
Bio-Deminrolit	60 (35, 36)
Bio-Gel	
A	29 (10—15), 86 (16, 17)
CM	86 (16)
CM-2	87 (1), 122 (5)
DEAE	86 (17)
HT, HTP	12 (1—3)
P	31 (1—10), 122 (1—4)
Bio-Glas	35 (18—22)
Bio-Rad	83
AG 1	49 (17—21), 50 (6—9), 78, 81, 82
AG 2	49 (24—26), 78, 81
AG 3	52 (4, 5), 78, 81
AG 4, 7, 10	5 (46—48), 6 (19)
AG 11A8	59 (2)
AG 21K	49 (22), 81
AG 50W	43 (10—16), 78, 81, 82
AG 501	60 (15, 16), 81
AG MP-1	49 (23), 75, 81
AG MP-50	43 (17), 75, 81
AMP-1, HZO-1, ZP-1	90 (1—3)
Bio-Rex	
5	53 (30, 31), 81
9	51 (4, 5), 81
40	45 (3, 4), 81
63	55 (2, 3), 81
70	46 (17), 47 (9), 75, 81
RG 1, 2	49 (27, 28), 83
RG 50W	43 (18—21), 83
RG 501, 502	60 (17—21), 81, 83
Bio-Sil	1 (57—59), 2 (28—30), 3 (83), 169
BIP	59 (4, 5)
Blue dextran	170 (4)
Blue Sepharose	121 (9)
Bondapak/Corasil	116 (7, 8), 117 (1, 2)
Bondapak/Porasil	114 (9—15)
Borasorb	56 (1)
Britesorb 90	9 (7)
Butyl-8	156 (4, 5)
Butyl Cellosolve	144 (536), 162 (19)
Carbopack	20 (4—7), 25
Carbosieve	38 (1)
Carbowax	113 (6—8), 116 (6), 144 (537—564, 634, 875), 145/6
Castorwax	144 (565), 145/1
CBP	116 (10, 11)
Celanese C-9	144 (566), 145/4
Celatom	103 (21—33)
Celite	103 (11—17)
Celkate	9 (10)
Cellex	84 (79—87), 85 (27—31), 104 (22—24), 119 (5)
Cellu Ion	84 (90—98), 85 (36—40)
Cellusorb	84 (103)
CeraBeads	99 (10, 11)
Cetamoll Q	144 (567)

Chellex 100	54 (2—4), 81
Chezasorb	97 (122—124)
Chlorowax 70	144 (568)
Cholestyramine-Resin	49 (37)
Chromagram	133 (60, 61), 134 (15, 16), 137 (34, 35), 141 (12)
Chromalaly	3 (103), 7 (42)
ChromAR	132 (5, 6), 133 (149)
Chromasep	
AA, AB, AN, PAA	6 (12—16)
RPV	116 (2)
SCA	108 (6)
SL	2 (23—25)
Chromaton N	97 (125—127, 132)
Chromax II	44 (75)
Chromex-UA	44 (83, 84)
Chromobeads	44 (41)
Chromoplat	133 (186), 137 (72), 139 (16—18)
Chromorex	44 (70, 71)
Chromosil 310	4 (14)
Chromosorb	
101 ... 108	21 (14—19), 22 (10, 11), 27
750	97 (16)
A, G, P, R, W	97 (3—19)
LC-1	103 (51)
LC-2	108 (8)
T	100 (1)
Cibacron Blue	121 (9)
Citroflex	144 (569, 570), 145/4
Clarcel	103 (41—45)
CMS	38 (2)
Col-Treet	172 (2)
Columpak T	100 (4)
Con A-Sepharose	121 (5)
Convaclor 12	144 (571)
Convoil 20	144 (572), 145/1
Co : Pell	116 (10, 11)
Corasil I, II	108 (1, 2)
Corasil ODS	116 (7)
Corning 0201	99 (1, 2)
Corning 7930 ... 7938	10 (1—5)
Corning CPG	35 (12—17), 123 (1—26)
CPG-10	35 (1—11)
CR	144 (573)
Cyano-B	144 (574), 145/9
Cyclo-N	144 (575), 145/9
<b>D'Arches</b>	126 (87—92)
Davison	1 (38—50), 4 (1—9), 17
DC-Alu-Fertigfolien	133 (38, 39), 137 (15, 16)
DC-Alifolien	133 (9—11), 134 (4, 5), 135 (2), 137 (3, 4), 139 (2), 141 (1)
DC-Alurollen	133 (12), 137 (5)
DC-Fertigfolien	133 (40—43), 137 (13, 14), 138 (3, 4), 139 (5), 141 (4—6)
DC-Fertigplatten	133 (1—6, 16—18, 22—25, 34—37), 134 (1, 2), 135 (1), 137 (1, 2, 9—12, 17—19), 138 (1, 2), 139 (1, 4), 140 (3—6), 141 (2, 3), 142
DC-Folien	133 (20, 21)
DC-Karten Riedel	133 (44, 45), 134 (7), 137 (24, 25), 141 (7)
DC-Plastikfolien	133 (13, 14), 134 (6), 137 (6, 7), 139 (3)

DC-Plastikrollen	133 (15), 137 (8)
DC Silicones	144 (576—601), 145/10—12
De-Acidite	
FF, FX	49 (110—112)
G-IP	52 (34)
H-IP, HX-IP	52 (31—33)
J	52 (36)
K-MP	49 (114)
M-IP	52 (35)
N-IP, NX	49 (116, 117)
P-IP	49 (115)
SRA 61 ... 72	50 (37—39)
SRA 91 ... 102	52 (40—42)
SRA 121 ... 132	52 (37—39)
SRA 133	50 (40)
SRA 151 ... 154	52 (43)
TR	49 (113)
Deactigel	4 (10—13)
Decalso F	89 (11)
Decolorite	58 (9)
Dendritic Salt	102
Dexsil GC	144 (603, 604), 145/14
Dextran/CPG	114 (40), 123 (19)
Dia-Chrom	103 (50)
Diaion SA	49 (135—142)
Diaion SK	43 (129—138)
Diaphorit	97 (118)
Diasolid	97 (105, 106)
Dicalite	103 (34—39)
Dimer Acid	144 (605, 606)
Di-Sil-Prep	149 (1)
DMF-Sil-Prep	147 (10)
DMSi-P-Reagent	149 (3)
Docufilm	171 (9, 10)
Doucil	89 (14)
Dow 174-500	144 (607)
Dowex	83
1	49 (1—6, 29—32), 65, 69, 71, 75, 80, 82
2	49 (11—16, 34—36), 67—70, 80, 140 (3, 4)
3, 4	52 (1, 2)
11	49 (7)
21K	49 (8, 33)
31	49 (10)
44	53 (1, 2)
50W	43 (1—7, 22—26), 67, 68, 75, 80, 82, 140 (1, 2, 5, 6)
53	43 (9)
70	52 (3)
A-1	54 (1, 5, 6), 63
CCR-2	46 (13)
FSP-4022	21 (21)
MP-1	49 (9), 80
MP-50	43 (8), 80
MSA-1	49 (10)
MSC-1	43 (9)
MWA-1	52 (3)
Dow-Fac	144 (607)
Dowfax	144 (609—611)
Dri-Film SC-87	170 (2)
Duogram	133 (84), 137 (40)

Duolite	
A 6, 30	53 (22, 23)
A 101 ... 171	49 (95—108), 57 (2), 65
A 303 ... 368	52 (27—30)
C	88 (8)
C 3, 10	45 (1, 2)
C 20 ... 27	43 (93—99, 104—109), 61
C 202 ... 208	43 (110—112)
C 261, 264	43 (100—103)
C 464	46 (15)
CC 3	46 (14)
CS 101	46 (16)
ES-104, 109	49 (103, 104)
ES-463	55 (1), 64
S 2	58 (3)
S 10	57 (1)
S 30	58 (1)
S 37	53 (24), 58 (2)
Z	89 (15)
Z 20	90 (4)
Durapak/Corasil	116 (6)
Durapak/Porasil	114 (1—8)
Durrium DA	50 (10—15)
Durrium DC	44 (13—19)
Dusarit S	88 (10)
E 301 ... 351	144 (612—616), 145/10
ECNSS	144 (617, 618), 145/14
ED3A CPG	114 (42)
Ederol	126 (39—52)
EDO-I	144 (623)
EEL 120 B	44 (53, 54)
EGSP, EGSS	144 (619—622), 145/14
Elastex 50-B	144 (625), 145/15
Embacel 50-B	97 (92)
Embaphase	144 (626), 145/10
EM Gel	
OR-PVA	32 (1—7), 39
PGM	34/2
SI	36 (22—28)
Empol	144 (605, 888)
Emulphor	144 (627, 628), 145/6
Enzacryl	34/1, 39, 87 (2, 3), 122 (9—13)
Enzite CMC-Hydrazide	119 (1)
Epikote	144 (629—630)
Epon 1001	144 (630), 145/5
Esterate	156 (1—5)
Eston-F <sub>3</sub>	155 (3)
Estynox	144 (631), 145/4
Ethofat 60/25	144 (632), 145/6
Ethomeen S/25	144 (633), 145/7
Ethyl-8	156 (2)
Ethyl Cellosolve	162 (90)
Excorna	105 (17)
FFAP	144 (634), 145/6
Filter-Cel	103 (18)
Filtrak FN	126 (95—110)
Fixion 50-X8	140 (1)
Flexol	144 (635—642), 145/3, 8, 15

Florisil	9 (1--5), 14, 16, 166
Florox	151 (4)
Fluhizon	144 (643)
Fluorene	144 (644)
Fluorolube	144 (645--650), 145/2
Fluoropack 80	100 (3)
Folin Decalco	89 (1)
Fractonitrile	144 (651--653)
Free Fatty Acid Phase	144 (634)
Freon	172 (4, 5)
Fuller's earth	13 (19)
<b>Gas-Chrom</b>	97 (24--31)
Gas-Pak F	100 (5)
Gas Pak FS	97 (47)
GC-22 Super Support	97 (21--23)
Geduran SI	1 (12--17)
Gelarose	29 (16--20)
Gensil S-2116	144 (654), 145/10
Gi 7000 ... 7500	144 (655--658)
Glassport M	99 (13)
GLC-100, 110	99 (8, 9)
Glycophase-G/CPG	114 (34--39), 115 (5--8), 123 (20--26)
Graphon	20 (2)
GSC-120, 121	8 (1, 2)
<b>Hallcomid M-18</b>	144 (659, 660), 145/8
Halocarbon	144 (661--665), 145/2
Haloport F	100 (2)
Haloport K	101 (3)
Hamilton Resins	44 (33--35), 50 (16--18)
Harilex 370	144 (666), 145/5
Hartwachs RS	144 (667)
Hercoflex 600	144 (668), 145/15
Heydeflon	100 (15)
HI-EFF Micropart	2 (31, 32), 6 (17, 18), 114 (29)
HI-EFF Polyesters	144 (669--684)
HI-FLOSIL	2 (33, 34), 114 (30)
Histowax	144 (686)
Hitachi Gels	21 (24--30)
Hitachi Resins	44 (79, 80), 50 (42)
Hi Vac	144 (685), 145/10
Hostafilon C	101 (5)
Hostafilon TF	100 (12)
HSG	33 (35--42)
Hydrogel	33 (23--25)
Hyflo Super-Cel	103 (20)
Hylon-P	97 (98, 99)
Hyprose SP-80	144 (687)
<b>Igepal</b>	144 (688--692), 145/6
<b>Imac</b>	
A-20, 21	52 (44--46)
A-27	53 (25)
C-8 ... 16	43 (117--120)
C-19	88 (9)
S 5	49 (119--121)
Z-5	46 (23)
Indubiose A	29 (27--29)
Indubiose AcA	34/3

Inerton	97 (128—131, 133)
Instant Methanolic HCl	158 (1)
Ionac	
A-1, 2	49 (89, 94)
A-260	53 (21)
A-300 ... 310	53 (17—19)
A-315, 316	52 (20, 21)
A-330	53 (20)
A-540 ... 552	49 (80—92)
A-553	57 (4)
A-558	49 (93)
A-580, 590	51 (2, 3)
A-641	49 (90)
A-935, 936	49 (87, 88)
ANGA-316	52 (22), 83
ANGA-542	49 (82), 83
ANGC-101, 102	89 (6, 8)
ANGC-242 ... 244	43 (69, 72, 87), 83
ANGM, ANGMI	60 (28, 29), 83
C-50	89 (9)
C-100 ... 102	89 (4—8)
C-150, 151	88 (3, 4)
C-200	45 (5)
C-240 ... 350	43 (67—92)
C-265	48 (1)
C-270	46 (19)
CGA-300 ... 316	52 (23—26), 83
CGA-540, 541	50 (19, 20), 83
CGC-240, 241	44 (36, 37), 83
CGC-270, 271	47 (10, 11), 83
CI-294, 295	43 (77, 78)
D-100	58 (7)
M-50	89 (10)
M-610, 614	60 (26, 30)
MFA-6	50 (21)
MFC-6, 10	44 (38, 39)
MI-615	60 (27)
NA	49 (83), 83
NC	43 (79—82), 83
NM	60 (31—34), 83
R-50	11 (8)
SRXL	56/2
Ionex	84 (102)
Ionex	140 (2)
Ionex RVB	58 (4)
Ionex SA	44 (72—74)
Ionex SB	50 (36)
Ionox 330	144 (693)
Ion-X	113 (12, 13)
ITLC	132 (1—4)
Jascodac	116 (16)
Jascorex	113 (19, 20)
Jascosil	108 (11), 109 (4)
Jenden Phase	144 (694)
JEOL LC-R	44 (77, 78), 50 (41)
JXR	144 (695), 145/10
Kastel	
A-100	53 (26)
A-300	49 (128, 129)

A-500 ... 510	49 (124—127)
C-100	46 (25)
C-300	43 (121—123)
Kel-F	101, 144 (696—698), 145/2
Kollidon	144 (699—704)
Kromat	97 (50, 51)
LAC	144 (705—724)
LC-1	144 (725)
Lectin-Sepharose	121 (6)
Lewasorb CA	43 (149—158), 46 (27)
Lewatit	83
CNO	48 (3)
CNP	46 (26)
CP	47 (14)
M, MP	49 (143—153), 50 (29—35), 52 (49—53), 75
MIH	53 (29)
S, SP	43 (139—148), 44 (62—69)
Lexan	144 (726)
LiChrosorb	
Alox T	6 (7—9)
NH <sub>2</sub>	115 (11)
RP	2 (11—13), 114 (22, 23)
SI	2 (6—16)
LiChrospher SI	2 (17—20), 36 (29—32)
Linde	37 (1—3)
Lipostrate	170 (5)
Liqua-Chrom	109 (2)
LSX-3-0295	144 (727), 145/12
Lubrol MO	144 (728)
Lucefol	133 (184, 185)
Lukooil	144 (729—735)
Lukopren	144 (736, 737)
Lustrex HF-77	144 (738)
Lutensol	144 (739), 145/6
Lyphogel	31 (21)
Lysine-Sepharose	121 (2)
Magnesol	9 (9)
MAK-Cellulose	103 (10)
Manganese Zeolite	89 (3)
Mannal	3 (95), 5 (52), 7 (36—38)
Mannex	84 (55—74), 85 (23—26)
Mannogram	133 (85—87), 134 (13, 14), 137 (41)
Marlex	144 (740)
Marlophen 87	144 (741)
Mead-Flo 984	129 (12)
MER	144 (742—744), 145/6, 15
Merck Aluminiumoxid	5 (1—6), 7 (1—11), 18, 134 (1 6, 12, 21—26)
Merck Ionenaustauscher	
I	43 (160)
II	52 (54)
III	49 (155)
IV	46 (28)
V	60 (38)
Merck Kieselgel	1 (1—11), 3 (1—12), 17, 133 (1—15, 62—77, 143—148, 157—160, 166 169, 171, 172)
Merckogel	
OR-PVA	32 (1—7), 39
PGM	34/2
SI	1 (3—6), 36 (22—28)



Merckosorb	
Alox T	6 (7—9)
RP	2 (11—13)
SI	2 (6—16)
Methanolic-base	158 (2)
MethElute	158 (3)
Methyl-8	156 (1)
Methyl Cellosolve	162 (41)
MH-1, 2, 3	97 (119—121)
Micro-Ionex	
A	49 (109)
C	43 (105, 106)
RVMB, RVP	58 (5)
Microlayer	141 (20—22)
MicroPak	2 (26, 27), 6 (10, 11), 114 (24—26)
Micropart	2 (31, 32), 6 (17, 18), 114 (29)
Mipor	24 (3)
MN	
85	129 (5)
100	104 (1), 107
106	103 (5)
212 ... 263	126 (19—24, 35, 37)
214 AC	127 (5, 6)
214 WA	128 (4)
300	85 (5—14), 105 (1—5), 107, 137 (17—21, 54—57, 64, 65), 139 (6—10)
300 AC	106 (6—13), 138 (5, 6)
616 LSA, LSB	131 (5, 6)
616 ... 619 WA	128 (5—7)
660, 728	132 (13, 14)
818, 827, 866	126 (25—27)
2100	84 (21—25), 104 (2, 3), 107
2100 AC, WA	106 (1—5)
2200	104 (4, 5), 107
2212 ... 2827	126 (28—38)
MN-Chromorex	44 (70, 71)
MN Poly-P	90 (5, 6)
MN-Polygram	cm. Polygram
MO	144 (746—748)
Molszelekt CM, DEAE, SE	86 (10—15)
Molszelekt G	28 (14—23)
MOX	151 (1)
MS	144 (749—753), 145/10
Mulgofen ON-870	144 (754)
Munktell 301 ... 314	126 (53—68)
Munktell 410	104 (25), 107
MWE-1	2 (36)
Narcoil 40	144 (755)
Neatan	171 (8)
NEN-Anasil Alumina	134 (29—34)
NEN-Silica	133 (143—148)
Nerapor	98 (1)
Neutralite	11 (7)
Newpol	144 (756)
NG	144 (757, 758)
NHS/CPG	123 (15, 26)
Niederschlag 66K	132 (15)
Nin-Print, Nin-Sol	160 (35)
Ninspray	160 (35)

NitroCcl-S	24 (1)
NM	144 (759—763)
Nonex	144 (764—766)
Nucleosil	2 (21, 22), 114 (53—58), 115 (9, 10)
Nujol	144 (767), 145/1
Nuperoxy-Spra	160 (18)
Nylon 6, 11, 66	23
<b>O</b>	
Octoil	144 (768, 769), 145/3
ODS	114, 116, 118
OE	144 (770—778)
Oronite	144 (779—782), 145/1, 15
OS 124, 138	144 (783, 784), 145/4
Ostion	
AT, ATP	49 (174, 175), 75
AW, AWP	52 (62, 63), 75
KFN	45 (8)
KM	46 (35)
KS, KSP	43 (181, 182), 75
LG KS	44 (87, 88)
SC, SL	58 (15, 16)
OV	144 (785—796), 145/10—13
<b>P</b>	
Paraplex	144 (797—799), 145/5
Partisil	2 (50—52), 114 (32, 33), 115 (3, 4)
PC-3210	144 (800)
Pellamidon	112 (4)
Pellicarb	111
Pellidon	112 (4)
Pellionex	113 (6—11)
Pellosil	108 (3, 4)
Pellumina	110 (1, 2)
Pennwalt 223	144 (801)
Pentasil 350	144 (802), 145/14
Perisorb	
A	108 (9)
AN	117 (6)
A silanised	116 (12)
B	109 (3)
KAT	117 (5)
PA 6	112 (5)
RP	116 (12—14)
Permakote	133 (174, 175)
Permaphase	116 (4, 5), 117 (3, 4)
Permutit	
C	46 (29)
E, EP	53 (27, 28)
ES, ESB	49 (156, 157)
F	89 (1)
H 53	88 (11)
M	60 (22—25)
NQH	43 (62)
Q-100 ... 130	43 (56—65)
Q-210	46 (18)
Q-220	43 (66)
QHPF	43 (58)
RS	43 (161)
S 53	88 (12)
S-100 ... 105	49 (75—77)
S-180	51 (1)

S-200, 201	49 (78, 79)
S-206	57 (3)
S-300 ... 380	53 (13—16)
S-360	58 (6)
PhaseCarb	144 (803, 804)
Phase Chrom Q	97 (78)
PhasePak	21 (22,23)
Phase Prep A	97 (79)
PhaseSep	37 (13—17), 97 (52—76)
Phase Sep T 6	100 (10)
Phosphate Mix	160 (31)
Phospray	160 (31)
Plascon 2300	101 (4)
Pluracol P-2010	144 (805), 145/6
Pluronic	144 (806—812), 145/6
PNP/CPG	123 (16)
POLY-A	144 (813—815), 145/8
Polyclar AT	24 (4)
Polyglycol 15-200	144 (818), 145/6
Polygram	
Alox	134 (10, 11)
CEL	137(20—23), 138 (5, 6), 139 (6—10)
Pol	141 (8—11)
Sil	133 (26—33)
POLY-I	144 (816), 145/8
Polyox	144 (819)
POLY-S	144 (817)
Polysev	144 (820)
Polysulfon	144 (821)
Polytergent	144 (822—825), 145/6
Poly(U)-Sephарose	121 (1)
Poragel P	33 (19—22)
Porapak	21 (1—8), 26
Porasil	2 (40), 36 (9—21)
Porolith	98 (2)
Porovina	98 (1)
Power Sil-Prep	147 (11)
PPE-20, 21	144 (826, 827), 145/4
Prekotes	133 (162—172), 137 (43)
Primene JMT	91 (10)
Propyl-8	156 (3)
Protein A-Sephарose	121 (8)
PSC-Fertigplatten	133 (7, 8), 134 (3)
Puritan	58 (8)
QF-1	144 (831), 145/12
Quanta Gram	
Q1, 4, 6	133 (88—128)
Q2	137 (66—71)
Q3	134 (35—40)
Rapid-Plate Woelm	133 (19), 142
Redex CF	43 (128)
Redi-Coat	133 (154—160), 137 (42)
Regisil	147 (31—33)
Rejuv-8	172 (3)
Relite	
2A, 3A	49 (130—134)

CC	46 (24)
CF, CM	43 (124—127)
MS	52 (47, 48)
Renex 678	144 (833), 145/6
Reolube	144 (834, 835)
Reoplex	144 (836, 837), 145/5
Resex P	43 (116)
Resex W	45 (7)
Resoflex R 296	144 (838)
Retardion	59 (1—3)
Rezanex HBT	49 (118)
Rhodorsil	144 (839, 840)
RTV-503	144 (841)
SADC, SAHC	119 (8—12)
Safety-Kote	133 (173)
Sagarose, Sagavac	29 (1—9)
SE-30 ... 54	144 (842—849), 145/10, 11
Selecta	
6, 8, 9, 10	129 (1—4)
114	103 (9)
123, 124	104 (7—10), 107
123/ac, 124/ac	106 (14—17)
130 ... 134	84 (31—38)
142, 144	105 (7—9), 107, 137 (9—11, 13—16)
144/ac	106 (18, 19), 138 (1—4)
150	3 (39—44), 17, 133 (34—43)
180	105 (10—12), 107, 137 (12)
287, 508, 509	132 (10—12)
597 hy	128 (3)
2040, 2043, 2045	126 (1—6, 11—16)
2043/ac, 2045/ac	127 (1—4)
2043 hy	128 (1, 2)
2316 ... 2727	126 (7—10, 17, 18)
A 1440	137 (15, 16)
A 1500	133 (38, 39)
F 1440	137 (13, 14), 138 (3, 4), 139 (5)
F 1500	133 (40—43)
F 1600, 1700	141 (4—6)
G 1440	137 (9—11), 138 (1, 2), 139 (4), 140 (3—6)
G 1500 ... 1510	133 (34—37)
G 1600	141 (2, 3)
G 1805	137 (12)
Selectacel	84 (55—74), 85 (23—26)
Sepcote	112 (6), 113 (16—18)
Sephacryl	34/4
Sephadex	28 (1—13), 39—42, 86 (1—9), 95, 96
Sepharose	29 (21—23), 30 (1—3), 40, 41, 86 (18, 19), 96, 114 (59, 60), 120 (1—5), 121 (1—9)
Serdolit	
Blau	49 (154)
MB	60 (37)
Rot	43 (159)
SA 44	52 (55)
Servacel	84 (1—20), 85 (1—4), 119 (4), 130 (5—7)
Servachrom	
A	29 (24—26), 120 (6—12)
G	123 (27—29)
S	119 (2, 3), 124 (1, 2)
XAD	21 (12, 13), 22 (7—9)

SF	144 (850—852), 145/12
Shimalite	97 (100—104), 100 (14)
Shodex	33 (43—48)
Silar	144 (518—520, 530), 145/13
Silberkfesegel	3 (38)
Silica A	2 (37)
SilicAR CC	1 (53—56), 17
SilicAR TLC	3 (58—66), 17, 132 (5, 6), 133 (149)
Silica-V	108 (10), 116 (15), 117 (7, 8)
Siligram	133 (129, 130)
Sil-O-Cel C 22	97 (1, 2)
Silpearl	1 (91), 3 (111), 133 (178—183)
Sil-Prep	147 (9—11), 149 (1)
Silulof	133 (176—183)
Silver-X	13 (20)
Sil-X-I	2 (35), 113 (16—21)
Sil-X-II	108 (7), 116 (9)
Silyl-8	172 (1)
Siponate DS-10	24 (6), 144 (855), 145/4
Soucol	88 (7)
SP	5 (53), 144 (856—871), 145/1, 4, 6, 9—13
Span	144 (872, 873), 145/4
Spherisorb	2 (53—55), 6 (20—22), 114 (43)
Spherix	44 (40)
Spheron	20 (3)
Spheron N	34/2
Spherosil	2 (41—49), 36 (1—8)
Spherosil Bonded	114 (49—52)
Spray Fixative	171 (12)
SR 119	144 (874), 145/11
Srafion NMRR	56 (2)
STAP	144 (875), 145/6
Stepan DS-60	144 (876), 145/4
Sterchamol	97 (107)
Sterling FT	20 (1)
Steroid Analysis Phase	144 (875)
Ster-Sil	147 (23—25)
Stratabed	
84	46 (8), 79
93	52 (43), 79
122	43 (43), 79
402	49 (55), 79
Stratocrom	
ALF	134 (7)
CE, CEF	137 (24, 25)
PF	141 (7)
SI, SIF	133 (44, 45)
Styrigel	33 (1—18)
Sulframin 85	144 (877)
Sulf-Spra	160 (28)
Supasorb	97 (95—97)
Supelcoport	97 (48, 49)
Supelcosil	
12, 13, 42	3 (75—81), 133 (156)
41	9 (6)
ATF, ATFS	1 (60—67)
Supelpak-S	21 (20)
Super-Cel	103 (19, 20)
Supergel	3 (45)
Super Support	97 (21—23)

Surfonic	144 (878, 879), 145/6
Sylon	147 (12—15), 170 (1)
Synachrom	21 (31)
Teflon 1, 6	100
Tenax-GC	24 (5)
Tergitol	144 (880, 881), 145/6
TETA	124 (4)
Thanol PPG	144 (882), 145/6
Thermol	144 (883—885)
Tide	24 (6)
TLC 200	144 (886)
TMSi-reagent	147 (34—36)
Tri-Deuter-8	158 (4)
Tridox	144 (887)
Tritodide-Resin	49 (71)
Trimer Acid	144 (888), 145/15
Tri-Sil	147 (1—8)
Triton	144 (889—893), 145/6, 15
TSK Gel	33 (49—56)
Tween	144 (894, 895), 145/6
UC L, W	144 (896—905), 145/10
Ucon fluids	144 (906—917), 145/6
Ultrogel AcA	34/3, 41
Uniplates	133 (62—77), 134 (21—26), 135 (3, 4), 137 (48—57)
Unispray	160 (63)
Universal B	97 (77)
UR-30, 40	44 (31, 32)
VarAport 30	97 (20)
Varion	
AD, ADM	49 (171, 172)
ADA, AED	52 (60, 61)
AP	51 (7)
AT, ATM	49 (167—169)
CH	54 (8)
KC, KCM	46 (33, 34)
KO, K-POR, KS, KSM	43 (177—180)
MX	60 (44—47)
PAD, PAT	49 (170, 173)
PKS	43 (179)
PMX	60 (47)
Vendarex	21 (32)
Versamid	144 (918—920), 145/8
Versilube F-50	144 (921), 145/12
Vistec	84 (54)
Viton	144 (922)
Vit-X	35 (23—30)
Vizual-8	161 (6)
Voltalef	101 (6), 144 (923, 924)
Vydac SC, TP	
Adsorbent (101)	2 (39), 108 (5)
Anion, Cation (301, 401)	113 (1, 2), 115 (1, 2)
Polar Bonded Phase (501)	114 (28), 116 (3)
Reverse Phase (201)	114 (27), 116 (1)
W 200	5 (11—13), 18
Wakogel	3 (112)

Whatman	
1 ... 542	126 (69—86)
IPS, 1-ST	128 (8, 9)
ACG, AH	132 (7, 8)
CC, CF	104 (17—19), 105 (30), 107
CM, DE, ET, P	84 (39—53), 85 (19—22), 93, 94, 96, 130 (1—4)
GF	129 (6—10)
SG	1 (73—76), 3 (96, 97), 17, 132 (9)
ST	128 (8)
Woelm	
203 ... 207	1 (21—25), 17
Alumina A, B, N	6 (1—6), 18
GSC-120, 121	8 (1, 2)
Silica 3 ... 32	2 (1—5)
W 200	5 (11—13), 18
Wofatit	
AD, AK	52 (56—59)
CA, CP	46 (30—32)
CN, CV	48 (4—6)
EA, ES	49 (162—164)
EZ	53 (35, 36)
KPS	43 (162—171), 44 (81—86)
KS	43 (176)
L-150	53 (32)
MBW	60 (39)
N	53 (33, 34)
RH, RK, RL, RN	43 (172—175)
RO	49 (160)
ROH, ROK, ROL, RON	60 (40—43)
SBK	49 (165, 166)
SBT	49 (161)
SBU	51 (6)
SBW	49 (158, 159), 50 (43)
XAD	21 (9—13), 22 (1—9)
XE-60, 61	144 (925, 926), 145/11, 13
XF-1105 ... 1165	144 (927—933), 145/13
X-TractElute	158 (3)
Zeodur	89 (2)
Zeo-Karb	
215	45 (6)
216	48 (2)
225, 325, 425	43 (113—115)
226, 227, 236	46 (20—22)
DM-F	60 (35, 36)
HI, Na	88 (5, 6)
SRC 1 ... 24	44 (55—60)
SRC 41 ... 48	47 (12, 13)
Zeokarb	88 (1, 2)
Zerolit	
DA FF, FX	49 (110—112)
DA G-IP	52 (34)
DA H-IP, HX-IP	52 (31—33)
DA J	52 (36)
DA K-MP	49 (114)
DA M-IP	52 (35)
DA N-IP, NX	49 (116, 117)
DA P-IP	49 (115)

DA TR	49 (113)
DM-F	60 (35, 36)
Greensand	89 (13)
HI	88 (5)
Na	88 (6)
S/F	89 (11)
SRA 61 ... 72	50 (37—39)
SRA 91 ... 102	52 (40—42)
SRA 121 ... 132	52 (37—39)
SRA 133	50 (40)
SRA 151 ... 154	52 (43)
SRC 1 ... 24	44 (55—60)
SRC 41 ... 48	47 (12, 13)
Y	89 (12)
ZK 215	45 (6)
ZK 216	48 (2)
ZK 225	43 (113)
ZK 226 ... 236	46 (20—22)
ZK 325, 425	43 (114, 115)
Zipax	109 (1), 112 (1—3), 113 (3—5)
Zir-Clad/CPG	123 (3, 4, 7, 8, 10)
Zonyl	144 (934, 935), 145/4
Zorbax-ODS	114 (31)
Zorbax-SIL	2 (38)
Zytel	144 (936)
AB-16	53 (39, 40)
AB-17, 171	49 (176—180), 75
AB-18, 20, 23	52 (64—66)
AG-57	8 (18)
АН-1, 2, 31	53 (41—45), 75
АН-18, 22, 23, 25	52 (67—70)
АРА	49 (181—190), 76, 83
Бентон-245	144 (937)
Биохром	1 (99, 100)
ВКЖ-94	144 (938)
ВНИИ НП 300 А	144 (939)
Динохром	97 (140, 141)
Карбохром	20 (9, 10)
КБ-4, 41	46 (36—38)
КСК, КСМ	1 (92—98)
КРС	43 (190—207), 44 (91—93), 76, 83
КРФ	55 (4—16), 76, 83
КУ-1	45 (9, 10)
КУ-2	43 (183—185), 75
КУ-11	78 (17)
КУ-23	43 (184)
МСА	36 (36, 37)
МС-Н	4 (44)
НПС, НСКТ, НФС	144 (940—946)
ПМС	144 (947—952), 145/10
Полиокс-100	144 (953)
Полисорб-1	21 (33)
Полихром-1	100 (16)
Порохром	97 (137—139)
ПФМС	144 (954—956)
С-3, С-4	4 (42, 43)
СБС-1, 2, 3	43 (186—188)
СДВ-3	43 (189)
Сиохром	36 (38—44)
СК, СМ	88 (13—16)



СКСВ, СКТ  
Сферохром  
ФМ, ФС  
БФ4Э  
ХС-2-1  
ЭДЭ-10П

144 (957—974)  
97 (134—136)  
144 (975—979)  
144 (980)  
144 (981)  
53 (37, 38), 75

## УКАЗАТЕЛЬ СОКРАЩЕНИЙ ХИМИЧЕСКИХ НАЗВАНИЙ ВЕЩЕСТВ И РАДИКАЛОВ

(по номерам разделов)

AE	аминоэтил 84
АНТТ	аминогидразинотриазолтиол 160 (2)
BCEF	бис(2-цианэтил)формамид 143 (44)
BD	бензоил-DEAE 84, 86 (9)
BDA	бутандиоладипинат 143 (63)
BDS	бутандиолсукцинат 143 (66)
BDSA	бис(диметилсилил)ацетамид 148 (3)
BMDMCS	бромметилдиметилхлорсилан 150 (3)
BMEA	бис(2-метоксиэтил)адипинат 143 (28)
BМЕЕ	бис(2-метоксиэтокси)этиловый эфир 143 (33)
BMOT	бис(метоксибензильден)дитолуидин 143 (27)
BND	бензоилнафтоил-DEAE 84
BO	бензилоксим 151 (2)
BSA	бис(триметилсилил)ацетамид 146 (4)
BSTFA	бис(триметилсилил)трифторацетамид 146 (5)
BTA	бензоилтрифторацетон 159 (3)
БуО	бутилоксим 151 (3)
C <sub>18</sub>	октадецилсиликон 114, 116, 118
CHDMA	циклогексан-1,4-диметаноладипинат 143 (431)
CHDMS	циклогексан-1,4-димеганолсукцинат 143 (432)
CM	карбоксиметил 84—87, 115 (5), 130, 139
CMC	циклогексил(морфолиноэтил)карбодимид 125 (2)
CMDMCS	хлорметилдиметилхлорсилан 149 (2)
CMS	хлорметилсилил 149
CMTMDS	бис(хлорметил)тетраметилдисилазан 149 (1)
DBM	дibuтилмалеинат 143 (100)
DCC	дициклогексилкарбодимид 125 (2)
DEAE	диэтиламиноэтил 84—86, 115 (7), 130, 139
DEG	диэтиленгликоль 143 (171)
DEGA	диэтиленгликольадипинат 143 (172)
DEGA-P	диэтиленгликольадипинат, сшитый пентаэритритом 143 (173)
DEGGI	диэтиленгликольглутарат 143 (174)
DEGP	диэтиленгликоль-о-фталаат 143 (186)
DEGS	диэтиленгликольсукцинат 143 (184)
DEGSb	диэтиленгликольсебацинат 143 (183)
DEGTP	диэтиленгликольтерефталат 143 (185)
DEHP	ди(2-этилгексил)фосфорная кислота 91 (12)
DIDP	диизодещилфталаат 143 (119)
DINA	диизонилладипинат 143 (120)
DMCHS	диметилциклогексансукцинат 143 (129+)
DMCS	диметилдихлорсилан 97
DMF	диметилформамид 143 (136)
DMF-DMA	диметилацеталь диметилформамида 156 (1)
DMF-DNA	динеопентилацеталь диметилформамида 156 (6)

DMACS	диметилмонохлорсилан 148 (2)
DMP	диметоксипропан 157, 158
DMS	диметилсиллил 148, 149
DMS	диметилсульфид 143 (132)
DMSO	диметилсульфоксид 143 (133)
DNP	диновилфталат 143 (140)
DOP	диоктилфталат 143 (144)
DOS	диоктилсебацинат 143 (143)
DVB	дивинилбензол (ДВБ) 43—83
E (Ecteola)	эктеола 84, 85, 92, 130, 139
EDAC, EDC	этил(диметиламинопропил)карбодимид 125 (2)
EGA	этиленгликольадипинат 143 (450)
EGGI	этиленгликольглутарат 143 (452)
EGIP	этиленгликольизофталат 143 (455)
EGP	этиленгликоль-о-фталат 143 (460)
EGS	этиленгликольсукцинат 143 (457)
EGSb	этиленгликольсебацинат 143 (456)
EGTCP	этиленгликольтетрахлорфталат 143 (459)
EGTP	этиленгликольтерефталат 143 (458)
EHDA	этилгександиоладипинат 143 (444)
EHDS	этилгександиолсукцинат 143 (446)
EHDSb	этилгександиолсебацинат 143 (445)
ETAA	этилтрифторацетоацетат 159 (4)
GC	гуанидоэтил 84
HFAA	гексафторацетилацетон 159 (2)
HFBA	гептафтормасляный ангидрид 152 (6)
HFBI	гептафторбутирилмидазол 153 (4)
Hfod	гептафтордиметилоктандион 159 (5)
HMDS	гексаметилдисилазан 146 (1)
HMPA	гексаметилфосфорамид 143 (82)
Hthd	тетраметилгептандион 159 (6)
IPOTMS	(изопропенилокси)триметилсилан 146 (12)
MBM	<i>m</i> -бис-( <i>m</i> -феноксифенокси)бензол 143 (41)
MBTFA	метил-бис(трифторацетамид) 154
MO	метилоксим 151 (1)
MSTFA	(триметилсиллил)метилтрифторацетамид 146 (8)
NBBA	<i>n</i> -бутилборная кислота 157 (1)
NMTS	нонаметилтрисилазан 146 (3)
NPGA	неопентилгликольадипинат 143 (231)
NPGIP	неопентилгликольизофталат 143 (232)
NPGS	неопентилгликольсукцинат 143 (234)
NPGSb	неопентилгликольсебацинат 143 (233)
OPN	оксидипроционитрил 143 (250)
P	фосфо- 84, 85, 130
PAB	<i>n</i> -аминобензил 84, 119, 120
PDA	пентандиоладипинат 143 (263)
PDEAS	фенилдиэтанолaminsукцинат 143 (409)
PDS	пентандиолсукцинат 143 (264)
6P4E	<i>m</i> -бис( <i>m</i> -феноксифенокси)бензол 143 (41)
6P5E	бис [ <i>m</i> -( <i>m</i> -феноксифенокси)фениловый] эфир 143 (42)
PEG	полиэтиленгликоль 143 (301)
PEI	полиэтиленмин 84, 85, 139
PFB	пентафторбензил 151 (4)

PFBI	пентафторбензоилимидазол 153 (5)
PFPA	пентафторпропионовый ангидрид 152 (5)
PFPI	пентафторпропионилимидазол 153 (3)
PGA	пропиленгликольадипинат 143 (311)
PGGI	пропиленгликольглутарат 143 (312)
PGP	пропиленгликольфталат 143 (318)
PGS	пропиленгликольсукцинат 143 (317)
PGSb	пропиленгликольсебацинат 143 (316)
PPG	полипропиленгликоль 143 (295)
PVP	поливинилпирролидон 143 (280)
QAE, QEAE	диэтилоксипропил-аминоэтил 84—86, 115 (8)
SAIB	сахарозоацетатизобутират 143 (323)
SE	сульфозтил 84—86
SP	сульфопропил 86, 115 (6)
TSEP	трис(цианэтокси)пропан 143 (385)
TSEPE	тетрацианоэтилпентаэритрит 143 (359)
TCP	трикрезилфосфат 143 (373)
TEAE	триэтиламиноэтил 84
TEG	триэтиленгликоль 143 (396)
TEGA	триэтиленгликольадипинат 143 (397)
TEGP	триэтиленгликольфталат 143 (403)
TEGS	триэтиленгликольсукцинат 143 (402)
TEGSb	триэтиленгликольсебацинат 143 (401)
TEP	тетраэтиленпентамин 143 (362)
TFA	трифторацетил 152 (3)
TFAA	трифторацетилацетон 159 (1)
TFAA	трифторуксусный ангидрид 152 (3)
TFAI	трифторацетилимидазол 153 (2)
THEED	тетракис(оксиэтил)этилендиамин 143 (351)
TMAH	триметилнилиния гидроокись 158 (3)
TMCBDA	тетраметилциклобутандиоладипинат 143 (356)
TMCBDS	тетраметилциклобутандиолсукцинат 143 (357)
TMCS	триметилхлорсилан 146 (2)
TMDA	(триметилсилл)диметиламин 146 (11)
TMDS	тетраметилдисилазан 148 (1)
TMS	триметилсилл 146, 147
TMSA	триметилсилацетамид 146 (6)
TMSDEA	(триметилсилл)диэтиламин 146 (10)
TMSDMA	(триметилсилл)диметиламин 146 (11)
TMSI, TMSIM	(триметилсилл)имидазол 146 (9)
TMSMA	(триметилсилл)метилацетамид 146 (7)
TNOA	три- <i>n</i> -октиламин 91 (11)
TSIM	(триметилсилл)имидазол 146 (9)
TTC	трифенилтетразол хлорид 160 (58)

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

(по номерам разделов — ссылки на текстовую часть  
или на примечания)

- Автомобильные выхлопные газы 24 (5)  
Агарозные гели 29, 30, 40, 41  
Агарозные ионообменники 86, 96  
Агарозы модифицированные 114, 120, 121  
Агрессивные вещества 21 (прим. 1—8), 100, 143 (прим. 299)  
Азотсодержащие газы 4, 26, 37  
Азотсодержащие соединения 9, 23, 143 (прим. 237, 335—338), 145, 160 (24, 28)  
Акриловые полиэфиры 22  
Активные эфиры 125/5  
Алкалоиды 1, 1 (прим. 40), 5, 9, 21, 21 (прим. 24—30), 23, 97, 143, 144, 144 (прим. 789), 155, 160 (24, 27, 28)  
Альбумин метилированный (на кизельгуре) 103  
Альдегиды 1, 5, 20, 21, 21 (прим. 1—8, 14—19), 22 (прим. 11), 23, 24 (5), 26, 27, 36, 108, 114, 143—145, 156, 160 (2, 19, 60, 61)  
Алюминия окись 5—8, 14, 16, 18, 110, 132, 134, 162, 162 (прим. 5), 166, 168  
Алюмосиликаты 13, 37, 89, 98  
Амиды 1, 5, 21 (прим. 14—19), 24 (5), 108, 114, 143, 144, 144 (прим. 505, 506), 146, 156  
Аминокислоты 1, 5, 13, 15, 23, 34/4, 44, 47 (прим. 8), 53 (прим. 3), 54, 72, 84, 104, 113, 118, 127, 132 (прим. 2—4), 137 (прим. 31—33), 140 (прим. 1—2), 143, 143 (прим. 390, 391, 406), 144, 146, 147, 152, 153, 156, 160 (26, 34—37), 161 (1—3)  
Аминосахара 160 (35)  
Аминоспирты 157  
Амины 1, 5, 20, 21, 21 (прим. 14—19), 22, 24 (5), 27, 54, 56 (3), 97, 100, 108, 113, 114 (прим. 10), 116 (прим. 8), 143, 143 (прим. 213, 335—338), 144, 144 (прим. 505, 506, 694, 801), 145—147, 152—154, 156, 160 (15, 17, 24, 27, 28, 35, 36, 41, 53, 63), 161 (1—3), 163  
Аммиак 21 (прим. 14—19), 89 (прим. 5—6)  
Аммонийные основания четвертичные 21, 66, 160 (24)  
АМФ иммобилизованный 121 (3)  
Амфетамины 21, 47, 144 (прим. 800), 160 (45), 161 (2)  
Анальгетики 15, 74, 113  
Ангидриды 143, 144  
Анид 23  
Антибиотики 21, 21 (прим. 24—30), 22, 23, 46 (прим. 1, 5), 47, 49 (прим. 43, 49)  
Антигены 121 (8)  
Антиокислители 106, 113, 127, 160 (60)  
Антитела 13, 28, 121 (8)  
Антоцианы 24 (2)  
Ароматические соединения 1, 5, 13, 15, 19, 21 (прим. 24—30), 27, 28, 31, 34/4, 106, 114, 114 (прим. 19, 49), 118, 143 (прим. 27, 225), 145, 146, 147 (прим. 3, 27), 160 (59), 163  
Аттапульгит 13  
Афлатоксины 3 (прим. 82), 15, 133 (прим. 161)  
Аффинная хроматография 119—124  
Ацетаты 21 (прим. 14—19), 25, 26  
Ацетилен 21 (прим. 1—8, 14—19)  
Ацетиленовая сажа 20 (прим. 10)  
Ацетиленовые соединения 145  
Ацилирующие реактивы 152—154  
Аэросилогели 36, 123  
Бактериофаги 29  
Бактерицидная смола 49 (прим. 71)  
Барбитураты 15, 21, 74, 97, 113, 118, 143, 144, 144 (прим. 789, 800), 146, 155, 160 (21, 29, 44, 45, 47)  
Белки 12, 28—35, 47, 84, 86, 93, 104, 113, 114, 119—124, 160 (1, 27, 35, 53), 161 (2)  
Белок А иммобилизованный 121 (8)  
Бемит 8 (прим. 11), 136  
Бензпирены 143 (прим. 27), 144 (прим. 855)  
Биоспецифические сорбенты (БСС) 119—125

- Биоплярные смолы 59  
 Борат 56 (1)  
 Бумажная хроматография 126—132, 160  
  
**Вирусы** 12, 28—31, 35, 84  
**Витамины** 5, 9, 15, 21, 21 (прим. 24—30), 23, 72, 89 (прим. 7—8, 12), 104, 108, 113, 114, 118, 127, 132 (прим. 2—4), 160 (23, 50, 54, 55, 60)  
**Вода** 21, 21 (прим. 14—19), 22 (прим. 11), 38, 100  
**Водоподготовка** 11 (прим. 7—8), 43 (прим. 43), 46 (прим. 6, 7, 22), 52 (прим. 9), 88, 89  
**Воздух выдыхаемый** 24 (5)  
**Высокоскоростная (высокопроизводительная) колоночная жидкостная хроматография (ВСЖХ)** 2, 6, 10 (прим. 8), 21 (прим. 24—30), 31 (прим. 1), 33 (прим. 13—18, 35—56), 34/2, 34/4, 44, 50, 51 (прим. 5), 53 (прим. 31), 54 (прим. 3), 103 (прим. 50, 51), 108—117  
  
**Газо-адсорбционная хроматография (ГАХ)** 4, 8, 10, 19—22, 24 (5), 25—27, 36—38  
**Газо-жидкостная хроматография (ГЖХ)** 24 (6), 97—102, 114, 143—159, 172  
**Газы легкие** 4, 8, 19, 21 (прим. 14—19), 26, 37, 38  
**Галогениды** 90, 114, 127, 145  
**Галогены (газы)** 100, 143 (прим. 299)  
**Гель-проникающая хроматография (ГПХ)** 28—36, 114, 170  
**Гель-фильтрация** 28  
**Гель-хроматография** 28  
**Гемоглобины** 22, 84, 86 (прим. 18—19), 115 (прим. 5—8)  
**Гербициды** 15, 155  
**Гетероциклические соединения** 1 (прим. 40), 21 (прим. 24—30), 23, 28, 143 (прим. 335—338), 144, 145, 160 (28, 36, 53, 59, 63)  
**Гиббереллины** 21  
**Гидразины** 21 (прим. 14—19)  
**Гидроксамовые кислоты** 127, 160 (25)  
**Гидроксиланатит** 12  
**Гидрометаллургия** 49 (прим. 45, 46, 161), 51  
**Гидрофобная хроматография** 114  
**Гистоны** 119 (прим. 4—5)  
**Глауконит** 89 (прим. 2, 3)  
**Гликозиды** 1 (прим. 40), 9, 23, 160 (7, 58)  
  
**Гликоли** 21, 21 (прим. 1—8, 14—19), 22 (прим. 11), 24 (5), 25, 27, 36, 100, 144 (прим. 654), 146  
**Гликолипиды** 1, 160 (20, 33, 64)  
**Гликопептиды** 121 (5)  
**Гликопротеиды** 121 (5, 6)  
**Глицериды** 1, 104, 127, 143, 144, 149, 152, 155, 157, 158, 160 (64)  
**Глицерофосфатиды** 1  
**Гормоны** 84, 113, 119—125  
**Графитированная сажа** 20, 25  
  
**Дансил-аминокислоты** 23  
**Дегидрогеназы** 121 (3, 4, 9)  
**Деионизация** 60  
**Дейтерирование** 158 (4)  
**Декстрановые гели** 28, 34/4, 39—42  
**Декстраны** 28, 34/1, 34/4, 35  
**Дендритовая соль** 102  
**Детектирование (в жидкостной хроматографии)** 161  
**Детергенты** 21, 58 (прим. 2)  
**Диатомиты** 97, 103  
**Диолы** 146, 157, 160 (46)  
**ДНК** 12 (прим. 1—3), 24 (1), 104  
**ДНФ-аминокислоты** 23  
**Додецилсульфат натрия** 21, 28  
**Драгоценные металлы** 53 (прим. 44), 56 (2)  
  
**Енолы** 146  
  
**Желчные кислоты** 1, 13, 21, 23, 49 (прим. 37), 144 (прим. 862), 146, 160 (25, 38, 40, 50)  
**Желчные пигменты** 23  
**Жесткие гели** 35, 36  
**Жидкие иониты** 91  
**Жидкокристаллические фазы** 143  
**Жирные кислоты высшие** 1, 3, 13, 114, 143, 144, 144 (прим. 518—520, 562, 564, 857, 858—859), 145, 155, 156, 158, 160 (64), 161 (6)  
**Жирные кислоты низшие** 20, 21, 21 (прим. 14—19), 26, 27, 143, 144, 144 (прим. 591, 864), 146, 155  
**Жиры** 5, 21 (прим. 24—30)  
  
**Золото** 51, 56 (2)  
  
**Изомеры** 3, 20, 143 (прим. 3, 27, 225, 390, 391), 144 (прим. 518—520, 855, 870)  
**Иммобилизация биогенных веществ** 119—125  
**Имуноглобулины** 121 (8)  
**Иммуносорбенты** 119—125  
**Индолы** 23, 127  
**Инозита производные** 1

- Писсецинды 15, 21, 21 (прим. 24—30),  
 106, 127, 160 (18, 42, 47)  
 Иодсодержащие газы 13  
 Ионозамедляющие смолы 59  
**Кальций** 43 (прим. 103)  
 Кальцинированные носители 97  
 Кальцит 11  
 Кальция гидроксид и оксид 13  
 Кальция карбонат 11  
 Канцерогенные вещества 9  
 Каолин 13, 98  
 Капрон 23  
 Каротиноиды 13, 23, 24 (3), 160 (54)  
 Каротины 1, 11  
 Катехины 23  
 Катехоламины 113, 153, 157, 160 (25)  
 Кел-Ф 10f  
 Керамические носители 98  
 Кетоны 160 (32, 33)  
 Кетокислоты 74, 146, 157, 160 (60)  
 Кетоны I, 5, 20, 21, 21 (прим. 14—19),  
 22 (прим. 11), 23, 24 (5), 25, 27,  
 36, 108, 114, 143, 143 (прим. 213),  
 144, 145, 160 (13, 19)  
 Кетоспирты 151 (4)  
 Кизельгур 97, 103, 132, 135  
 Киназы 121 (3, 9)  
 Кислород 57  
 Кислоты карбоновые 1, 5, 19, 21, 21  
 (прим. 4, 14—19), 22, 23, 49  
 (прим. 8, 43), 50, 53 (прим. 23),  
 54 (3), 74, 92, 97, 100, 104, 106,  
 113, 143, 145—147, 155, 156, 158,  
 160 (8, 10, 11, 22, 42, 60, 64)  
 Клеток фракционирование 84, 121 (6)  
 Ковалентная хроматография 121 (7)  
 Коллоиды 43 (прим. 105—106), 49  
 (прим. 54), 58 (прим. 4—5, 8)  
 Конканавалин А иммобилизованный  
 121 (5)  
 Кортикостероиды 146, 148, 149, 155,  
 157, 160 (12, 56, 58)  
 Красители 5, 19, 21 (прим. 24—30),  
 113, 127  
 Креатинин 13  
 Кремневая кислота 1  
 Кровь 21, 129, 158  
 Ксантиновые основания 158  
 Ксантофилы 11  
 Ксиленолы 21 (прим. 14—19)  
**Лактоны** 23  
 Лектин иммобилизованный 121 (6)  
 Летучие вещества 24 (5)  
 Лецитины 1, 133 (прим. 155)  
 Лигандная хроматография 44, 44  
 (прим. 80), 47, 54, 56 (3)  
 Лизолецитины 1  
 Лизофосфатидилэтанолламины 1  
 Лимфоциты 121 (6)  
 Липиды 1, 1 (прим. 36, 52, 57—58,  
 59, 60—63, 83), 3, 3 (прим. 81),  
 9, 12, 28, 84, 84 (прим. 77—78),  
 106, 132 (прим. 1), 133 (прим.  
 154), 155, 158, 160 (12, 13, 16, 20,  
 21, 23, 27, 30, 31, 42, 43, 59, 60, 64)  
 Липоамид иммобилизованный 123  
 (прим. 18)  
 Липоамиддегидрогеназа 123 (прим. 18)  
 Липоаминокислоты 1  
 Липопротеиды 13, 155  
**Магния карбонат** 13  
 Магния оксид 13, 166  
 Магния силикаты 9  
 Макропористые (МП) сорбенты 21,  
 22, 32—35, 75  
 Масла 5, 160 (55)  
 Мезофазы 143  
 Металлоорганические соединения 114  
 (прим. 7), 116 (прим. 6), 143, 144  
 Металлы 54, 55, 61—64, 67—71, 114  
 (прим. 41—42), 123 (прим. 17),  
 159, 160 (14, 39)  
 Метанол 21 (прим. 14—19)  
 Метилирующие реактивы 155, 156, 158  
 Микрозернистые сорбенты 2, 6, 44,  
 50, 108—117 (и другие)  
 Молекулярной массы определение 28  
 Молочная кислота 155  
 Моча 21, 24 (5), 50, 89 (прим. 5—6),  
 131 (прим. 1), 158  
 Мутагены 121 (9)  
 Мягкие гели 28—31, 33 (прим. 26—29),  
 34/1  
**Найлон** 23  
 Наркотики 15, 21, 108, 132 (прим. 4)  
 Нафталина производные 118  
 Нафтохиноны 11  
 Ненасыщенные соединения 1, 2 (прим.  
 34), 3, 5, 10, 74, 143, 143 (прим.  
 322), 144, 144 (прим. 518—520),  
 160 (27, 53, 59, 64)  
 Неорганические ионы 1, 5, 43—56,  
 61—65, 67—71, 84, 104, 113, 113  
 (прим. 41—42), 127  
 Неподвижные фазы 2, 4, 20, 21, 24 (3),  
 36, 97—102, 108, 109, 143—145  
 Нингидрин 160 (35—37), 161 (1)  
 Нитрилы 21 (прим. 14—19), 23, 27,  
 108, 143—145, 163  
 Нитросоединения 15, 21 (прим. 14—  
 19), 23, 24 (1), 108, 114, 114 (прим.  
 19, 51), 127, 145, 163  
 Нуклеиновые кислоты 1, 12, 21 (прим.  
 24—30), 24 (1), 29, 35, 54, 84,  
 103, 113, 119—124, 127

- Нуклеиновые основания 23, 31, 50, 72, 84, 113, 160 (42, 59)  
 Нуклеозиды 23, 31, 34/4, 44, 50, 72, 84, 113, 143, 144, 148, 151, 160 (59)  
 Нуклеопротеиды 29, 84  
 Нуклеотиды 9, 12, 23, 31, 31 (прим. 1), 50, 50 (прим. 42), 74, 84, 85 (прим. 4), 86, 90, 103, 113, 143, 144, 146, 160 (59, 63)  
**Обезвоживание газов и жидкостей** 37  
 Обессоливание 28, 31, 59, 60  
 Обесцвечивание растворов 13, 58, 88, 89  
 Обесцвечивающие смолы 58  
 Обесцвечивающие угли 18  
 Огнеупорный кирпич 97  
 Оксимины 146, 157  
 Оксикислоты 146, 157, 160 (53, 60)  
 Оксихинолин иммобилизованный 114 (прим. 41)  
 Олефины 1, 1 (прим. 42), 143 (прим. 326), 145  
 Огстающего электролита метод 59  
**Пелликулярные сорбенты** 108—113, 116, 117  
 Пептиды 1, 12, 22, 28, 31, 44, 47, 50, 84, 86, 104, 113, 119—124, 160 (35, 63), 161 (2)  
 Перекиси 1, 106, 114 (прим. 13), 127, 160 (18)  
 Перлон 23  
 Пестициды 9, 9 (прим. 4), 23, 24 (5), 97, 104, 108, 113, 114, 143, 144, 144 (прим. 580), 155  
 Пигменты растительные 5, 11, 24 (3, 4)  
 Пиридиновые смолы 51  
 Пиридины 97, 145  
 Плазма 21  
 Плазминоген 121 (2)  
 Пластины самопроявляющиеся 133 (прим. 173)  
 Пластины с перманентным покрытием 133 (прим. 59, 174—175)  
 Пластификаторы 5, 113  
 Платиновые металлы 56 (2), 67  
 Плутоний 51  
 Поверхностно-активные вещества (ПАВ) 113  
 Поверхностно-пористые сорбенты (ППС) 108—113, 116, 117  
 Полиакриламидные гели 31, 34/3, 41, 87, 122  
 Полиакриловые ионообменные смолы 46, 47  
 Полиакрилоилморфолиновые гели 34/1, 39, 87  
 Полиакрилонитрил 24 (2)  
 Полиамиды 22, 23, 112, 141  
 Полиароматические сорбенты 21, 26, 27  
 Поливинилацетатные гели 32, 39  
 Поливинилпирролидон 24 (4)  
 Полисахариатам 23  
 Полимеров фракционирование 28, 32, 33, 35, 36  
 Полипарадифенилфениленоксид 24 (5)  
 Полисахариаты 28—31, 84, 121 (5, 6)  
 Полиспирты 23  
 Полистиролы 32—36  
 Полистирольные гели 21, 33  
 Полистирольные ионообменные смолы 43, 44, 49—52, 54—61, 63—83, 113, 124 (3, 4), 131, 140  
 Политетрафторэтилен 100  
 Политрифторхлорэтилен 101, 143 (299)  
 Полифенолы 24 (4)  
 Полициклические соединения 15, 118, 145  
 Полиэтилен 24 (3)  
 Полиэтиленгликоли 28, 34  
 Полиэтиленгликольдимстакрилатные гели 34/2  
 Полужесткие гели 32—34  
 Полярность растворителей 163—165, 169  
 Порфирины 13, 24 (3)  
 Препаративно-слоистая хроматография (ПСХ) 3, 7 (прим. 1—11), 133, 134, 137  
 Пространственные группы 125  
**Радиоактивные вещества** 13, 28, 51, 89, 129  
 Рацемические смеси 143 (прим. 189, 214)  
 Редкоземельные элементы 159  
 Редокс-смолы 57  
 Редуктазы 121 (9)  
 Редуцирующие соединения 160 (3—6, 48, 56, 58, 60), 161 (4, 5)  
 Рибосомы 29  
 РНК 12 (прим. 1—3), 24 (1), 52 (прим. 19), 84, 86, 86 (прим. 9), 91, 104, 121 (1, 2)  
 Рубидий 90  
**Саж** 20  
 Сахара 1, 9, 44, 72—74, 104, 114 (прим. 14), 121 (5), 132 (прим. 2—4), 143, 144, 146—150, 160 (3—8, 32, 56, 58, 60), 161 (4, 5)  
 Селективность 145, 163, 164  
 Селективные иониты 54—56, 63, 64  
 Серебра нитрат (добавка к сорбентам) 2 (прим. 34), 3, 133, 143 (прим. 326)  
 Серусодержащие газы 4, 20, 20 (прим. 6), 21 (прим. 14—19, 20), 26, 37, 38



- Серусодержащие соединения 21, 121 (7), 143, 144, 160 (28, 58)
- Сефадекс липофильный 28, 28 (прим. 13), 39
- Сефадексы 28, 39—42
- Сефадексы ионообменные 40, 86, 95, 96
- Силанизирование 21, 35, 97, 99, 146 (1), 170
- Силикагель 1—4, 14—17, 132, 133, 142, 166, 167, 169
- Силилирующие реактивы 146—151, 172
- Скваланы 1
- Смоли-адсорбенты 58
- Смоли ионообменные 43—83, 131, 140
- Смоли комплексообразующие 54—56
- Спирты 1, 19—21, 21 (прим. 1—8, 14—19), 22, 22 (прим. 11), 23, 24 (5), 25—27, 36, 97, 100, 108, 116 (прим. 3), 143, 143 (прим. 4, 206, 213), 144—147, 149, 151 (4), 152, 160 (8, 13, 42, 46, 64), 163
- Стекла пористые 10, 35, 114, 115, 123, 136
- Стекла текстурированные 99
- Стекловолокнистая бумага 129, 132
- Стекланный бисер 99
- Стерины 1, 146
- Стероиды 1, 1 (прим. 40), 5, 9, 15, 21 (прим. 24—30), 23, 28, 36, 97, 106, 108, 113, 114, 118, 127, 143, 144, 144 (прим. 789), 145—157, 160 (7, 12, 13, 27, 50, 54—56, 58, 60)
- Стрептомицин 53 (прим. 20)
- Субклеточные частицы 29, 84, 121 (5)
- Сульфокислоты 23
- Сульфонамиды 23
- Сульфоугли 88
- Сухих колонок метод 1 (прим. 8), 5 (прим. 14)
- Сфингомелины 1, 133 (прим. 155)
- Танины** 24 (4)
- Терпены 1, 1 (прим. 40), 9, 160 (7, 13, 54, 55)
- Тефлон 100
- Тиамин 23
- Тиокарбамиды 22
- Тиокислоты 160 (58)
- Тиол-содержащие белки 121 (7), 123 (прим. 18), 125 (12, 16)
- Тиолы 22, 146, 154, 156
- Токоферолы 160 (60)
- Токсины 3 (прим. 82), 5, 15, 133 (прим. 161), 144 (прим. 800), 159
- Тонкослойная хроматография (ТСХ) 3, 7, 9, 10, 12, 13, 21, 23, 24 (2), 28, 34/1, 85, 90 (6), 103, 105, 106, 133—142, 160, 170
- Трансферазы 121 (9)
- Убихиноны 160 (23)
- Углеводороды 1, 1 (прим. 42), 5, 9, 19—21, 21, (прим. 14—19), 25, 26, 36—38, 114, 143—145
- Углеводороды ароматические 1, 5, 20, 114, 143, 143 (прим. 359), 144
- Углеводороды полициклические 5, 15, 24 (5), 118, 127, 143—145
- Углеводы 23, 31, 31 (прим. 1), 35, 50, 50 (прим. 41), 120 (прим. 5), 121 (5, 6), 133 (прим. 56—58), 143, 144, 146—148, 152, 157
- Уголь активный 19, 111, 132
- Угольное молекулярное сито 38
- Уран 49 (прим. 45, 46, 161), 51, 51 (прим. 6)
- Уроновые кислоты 146, 160 (33, 46)
- Фазы привитые («щетки»)** 114—118
- Фенолгликозиды 23
- Фенолоформальдегидные смолы 45, 48, 53, 62
- Фенолы 1, 5, 20—23, 24 (4, 5), 27, 106, 108, 113, 127, 143, 144, 146, 147, 152, 156, 160 (7, 13, 25, 41, 43, 50, 53, 57, 60), 163
- Ферменты 12, 22, 47, 84, 119—124
- Ферменты инсолубилизированные 119—125
- Флавоноиды 23, 146, 160 (8, 9, 46, 54)
- Флорисил 1 (прим. 60—63), 9, 14, 16, 166
- Формальдегид 21 (прим. 1—8, 14—19), 22 (прим. 10), 26, 53 (прим. 20)
- Фосфатидилэтаноламины 1
- Фосфатиды 84, 127
- Фосфаты 160 (31)
- Фосфаты сахаров 84, 146
- Фосфолипиды 13, 155, 160 (31)
- Фталаты 15, 118
- ФТГ-аминокислоты 15, 118
- Фторопласты 100, 101, 143 (прим. 299)
- Фторсодержащие газы 26
- Фуллерова земля 13
- Халконы** 23
- Хелатные смолы и сорбенты 54—56, 114 (прим. 41—42)
- Хинолины 23, 97, 160 (9)
- Хиноны 1, 23, 118
- Хлор 21 (прим. 5)
- Хлоралкылы 20, 25, 26, 145
- Хлорбензолы 118
- Хлортолуолы 143 (прим. 3)
- Хлорофиллы 11, 24 (3)
- Холестерин 149
- Холестериновые эфиры 1, 158
- Цезий** 90
- Целлюлоза 104, 105, 107, 137

- Целлюлоза ацелированная 106, 127, 138  
Целлюлоза этанолированная 104  
Целлюлозные бумаги 126—128, 130—132  
Целлюлозы ионообменные 84, 85, 92—94, 96, 130, 139  
Целлюлозы модифицированные (для БСС) 119  
Цеолиты 13, 37, 89  
Ципка карбонат 13  
Циркониевые иониты 90
- Шамот** 97
- Щелочноземельные металлы** 90, 160 (14)
- Щелочные металлы 45, 61, 62, 67, 90, 160 (14)
- Эксклюзионная хромаграфия 28  
Экстракция 128 (прим. 3)  
Эпоксиполиаминовые смолы 53  
Эпоксисоединения 97, 145  
Эстрогены 149  
Этерифицирующие реактивы 155—158  
Эгилвинилбензолные сорбенты 21  
Этилен 21 (прим. 1—8)  
Этиленгликоля моноэфиры 25  
Эфирные масла 143, 144, 160 (13)  
Эфиры простые и сложные 1, 19—21, 21 (прим. 14—19, 24—30), 24 (5), 25—27, 36, 108, 114, 143, 144, 144 (прим. 654, 855), 145, 160 (64), 163
- Янтарная кислота** 155

Александр Александрович Лурье

---

**ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ  
МАТЕРИАЛЫ  
(СПРАВОЧНИК)**

---

Редактор **В. Л. Абрамова**  
Технический редактор **В. М. Скитина**  
Художник **И. В. Носов**  
Корректор **М. А. Ивлиева**

ИБ № 551

Т-03145. Сдано в наб. 13.06.77  
Подп. к печ. 19.01.78 Формат бумаги 60×90<sup>1/16</sup>.  
Бумага тип. № 2. Усл. печ. л. 27,5 Уч.-изд. л. 33,42  
Тираж 12 000 экз. Зак. 280. Изд. № 850. Цена 2 р.

Издательство «Химия», 107076, Москва, Стромынка, 13.

Ленинградская типография № 6 Союзполиграфпрома  
при Государственном комитете Совета Министров СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли  
196006, Ленинград, Московский пр., 91.