



УДК 543,544

О возможности видеоденситометрической регистрации хроматограмм на пластинках ТСХ, содержащих жидкую подвижную фазу

Березкин В.Г., Чаусов А.В.

Учреждение Академии наук Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН, Москва

Поступила в редакцию 28.01.2010 г.

Аннотация

Показана принципиальная возможность видеоденситометрической регистрации итоговой хроматограммы анализируемой смеси на пластинке, содержащей жидкую подвижную фазу, т.е. на "мокрой" пластинке ТСХ без ее высушивания. Проведено систематическое видеоденситометрическое изучение изменения основных характеристик хроматографических зон разделенных соединений во времени в условиях использования летучей подвижной фазы. Использование для регистрации итоговой хроматограммы "мокрой" пластинки ТСХ методом видеоденситометрии позволяет, во-первых, увеличить регистрируемый сигнал (на 20-40%), во-вторых, уменьшить продолжительность эксперимента в результате исключения стадии высушивания, а также уменьшить долю ручного труда в аналитической ТСХ.

Ключевые слова: видеоденситометрия, видеоденситометрическая регистрация хроматограмм

For the first time shown that in principle the possibility of videodensitometric registration final chromatogram of the test mixture on a plate containing a liquid mobile phase, i.e. on "wet" TLC plate without it's drying. A systematic study of videodensitometric changes the basic characteristics of the chromatographic zones of separated compounds over time in terms of volatile mobile phase. Use to detect the chromatogram on "wet" plate TLC videodensitometric method allows, firstly, to increase the recorded signal (20-40%), and secondly, to reduce the duration of the experiment by deleting the stage of drying, as well as to reduce the manual labor in analytical TLC.

Key words: videodensitometry, videodensitometric registration chromatograms

Введение

Тонкослойная хроматография (ТСХ) – наиболее простой и достаточно информативный вариант жидкостной хроматографии, который широко используется в современной аналитической практике [1-8]. Для количественной обработки результатов разделения в ТСХ достаточно широко применяется метод видеоденситометрии. Обычно видеоденситометрическую регистрацию итоговой хроматограммы проводят, используя высушенную после разделения пластинку ТСХ. Принцип действия видеоденситометра основан на введении изображения хроматограммы в компьютер с помощью цифровой видеокамеры с последующим сравнением интенсивностей хроматографических зон стандартных и исследуемых

соединений в условиях облучения пластинки дневным или УФ-светом [5,7,8]. Необходимо отметить, что одной из основных тенденций развития ТСХ (как аналитического метода) является повышение его чувствительности и сокращение продолжительности анализа.

Поскольку видеоденситометрическая регистрация хроматографических зон происходит на внешней поверхности слоя сорбента пластинки для ТСХ, то оптическому определению доступна только часть молекул анализируемого компонента, которая находится на внешней поверхности зернистого слоя адсорбента. Поэтому возникла идея изучить определение хроматографических зон не традиционным методом, т.е. на сухой пластинке, а на пластинке, содержащей, например, используемую для разделения жидкую подвижную фазу. В этом варианте регистрации хроматографических зон следовало ожидать, что большее число молекул будет взаимодействовать с излучением. Данное исследование было проведено, естественно, в условиях, когда жидкая подвижная фаза не взаимодействует с излучением. Поскольку в описанных выше условиях большее число молекул анализируемых соединений будет взаимодействовать с излучением, то можно было надеяться, что величина сигнала в этих условиях будет возрастать.

Целью настоящей работы являлось принципиальная оценка возможности количественной оценки результатов разделения в условиях видеоденситометрического детектирования на "мокрой" пластинке ТСХ. В работе было проведено сравнение результатов и хроматографических характеристик, полученных при проведении регистрации хроматограмм на сухой и на "мокрой" пластинках ТСХ. Данное исследование позволило определить также возможности использования видеоденситометра для регистрации результатов аналитического определения хроматограмм на "мокрой" пластинке (т.е. непосредственно после завершения хроматографического разделения).

Эксперимент

Исследование проводили на пластинках «Сорбфил» ПТСХ-АФ-В-УФ (фирма "Имид", г.Краснодар, РФ) и Silica gel 60 F₂₅₄ (фирма "Merck", Германия) размером 10x10 см. В качестве подвижных фаз (ПФ) использовали толуол (чда), этанол (чда) и ацетон (чда), а в качестве смеси для разделения использовали смесь красителей сиб-Ф II, индофенол, ариабел красный, судан синий, судан II и диметил-аминоазобензол (в равных соотношениях) при использовании в качестве ПФ толуола, а также смесь бриллиантового зеленого, родамина С, эритрозина (в равных соотношениях) – для этанола и ацетона. Для детектирования результатов разделения использовали дневной свет.

Для обработки полученных хроматограмм использовали видеоденситометр (см. рис. 1) и программное обеспечение «Сорбфил» (фирма «ИМИД», Россия, ТУ 4436-003-16943778-99, погрешность определения 3-7%). Погрешность измерения характеристик разделения (например, высота пика зоны, площадь зоны соединения, число теоретических тарелок) составляет 3-7% (эта величина указана в описании используемого нами видеоденситометра «Сорбфил», который внесен в Государственный Реестр средств измерения (№ гос. регистрации 23965-02)).

В нашем исследовании для разделения использовали модельную смесь красителей. Тестовые пробы красителей наносили с помощью микрошприца для ТСХ на адсорбционный слой пластинки на расстоянии 15 мм от края пластины ТСХ (величина жидкой анализируемой пробы – 0,1 мкл). Затем пластинку с нанесенными

пробами опускали в традиционную N-камеру для восходящего элюирования (для пластинки 10*10 см). В камеру предварительно наливали 5 мл подвижной фазы, и проводили насыщение камеры парами подвижной фазы в течение 20 мин. Затем камеру закрывали крышкой и проводили разделение. После того как фронт элюента достигал отметки в 7 см (начиная с линии старта), пластинку с разделенными пробами вынимали из камеры и полученную хроматограмму регистрировали на денситометре «Сорбфил». Необходимо отметить, что относительная погрешность определения характеристик разделения не превышала 5%.

В первом варианте детектирования: (см. рис. 1) пластинку с анализируемыми пробами после проведения разделения размещали в светонепроницаемом корпусе видеоденситометра 8 на основании 1. Затем с помощью устройства фиксации изображения 4 (цифрового фотоаппарата) проводили фотографирование пластинки ТСХ через определенные промежутки времени. Детектирование проводили как в видимом свете, так и в УФ-свете (при использовании лампы 5). Основные характеристики (высота пика зоны, площадь зоны, число теоретических тарелок) хроматографических зон разделенных соединений определяли до высыхания пластинки.

Второй вариант детектирования полностью аналогичен первому варианту за исключением того, что пластинку с анализируемыми пробами с целью уменьшения испарения подвижной фазы после размещения на основании корпуса денситометра закрывали защитным стеклом (прозрачным для изучения), которое было расположено на расстоянии 0,4 мм от сорбционного слоя пластинки ТСХ. Расположение покровного стекла от адсорбционного слоя пластинки на расстоянии 0,4 мм получали, располагая между пластинкой и стеклом прокладку фиксированной толщины. Затем проводили съемку (детектирование) пластинки ТСХ через определенные промежутки времени. Определение хроматографических характеристик отдельных зон проводили по описанной выше методике.

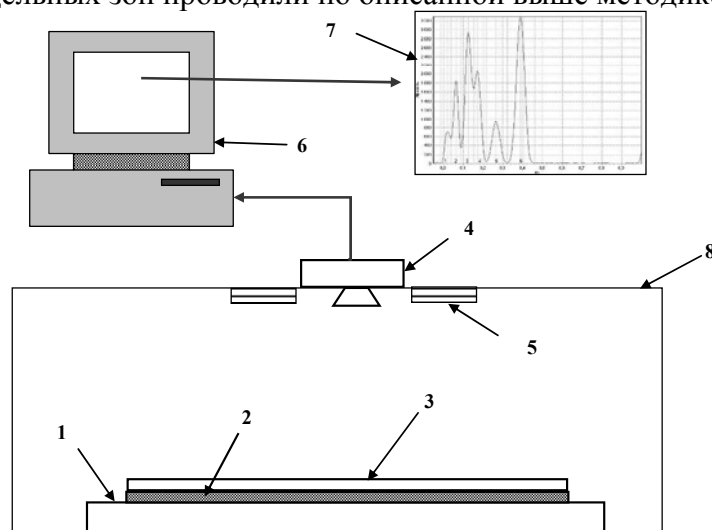


Рис. 1. Схема проведения детектирования пластинки с разделенными соединениями. 1 – основание, 2 - подложка пластинки ТСХ, 3 - сорбционный слой пластинки ТСХ, 4 – устройство фиксации изображения, 5 – лампы (дневного и УФ-света), 6 - компьютер, 7 – хроматограмма, 8 – камера видеоденситометра

Третий вариант детектирования заключался в том, что с целью компенсации потерь подвижной фазы в результате ее испарения с пластинки во время детектирования использовали предварительно смоченный питатель [10], фазоёмкий материал которого был пропитан той же подвижной фазой, что использовалась для

проведения хроматографического процесса. После разделения пластинку ТСХ, смоченную подвижной фазой, вынимали из камеры и быстро устанавливали на основании 1 (см. рис. 1). Затем на одну из сторон пластинки (с этой стороны ПФ подавали при разделении) устанавливали смоченный питатель и закрепляли его с помощью зажимов. Далее проводили определение хроматографических характеристик отдельных зон аналогично описанному выше (см. первый вариант детектирования).

Измерение основных характеристик (высота пика зоны, площадь зоны, число теоретических тарелок) зон соединений проводили через определенные промежутки времени, начиная с момента установки "мокрой" пластинки ТСХ в камере видеоденситометра, а именно через 15 с, 30 с, 45 с, с 1 мин до 5 мин с интервалом в 1 мин.

Обсуждение результатов

Результаты изменения основных параметров зон анализируемых красителей при использовании в качестве ПФ толуола приведены в таблице 1.

Таблица 1. Изменение основных характеристик хроматографических зон разделяемых соединений во времени на открытой пластинке ТСХ в процессе детектирования (ПФ – толуол)

Краситель	Хроматографические характеристики зон красителей (при их детектировании через определенные интервалы времени детектирования), мин						Отношение измеряемой характеристики на "мокрой" пластинке той же характеристике на сухой	
	0 (мокрая пластинка)	0,5	1	1,5	3	4		5 (сухая пластинка)
	(высыхающая пластинка)							
Величины высот пиков (h – высота пика, $\cdot 10^3$ усл.ед.)								
сиба-Ф II	0,67	0,76	0,78	0,73	0,58	0,55	0,54	1,23
индофенол	2,72	2,80	2,85	2,83	2,29	2,06	2,01	1,36
ариабел красный	2,85	3,06	3,22	3,05	2,51	2,15	2,13	1,34
судан синий	3,49	3,57	3,59	3,52	2,84	2,54	2,51	1,39
судан II	1,07	1,05	1,09	1,06	0,88	0,71	0,70	1,53
диметил-аминоазобензол	4,90	4,98	4,87	4,71	3,57	3,56	3,54	1,38
							Среднее значение	1,37
Величины эффективности разделения зон (N – число теоретических тарелок)								
сиба-Ф II	168	167	178	172	185	180	182	0,92
индофенол	452	460	465	468	470	478	475	0,95
ариабел красный	624	622	632	629	640	648	644	0,97
судан синий	942	949	948	962	960	972	968	0,97
судан II	1070	1090	1090	1100	1000	1110	1100	0,97
диметил-аминоазобензол	1130	1130	1150	1150	1180	1190	1190	0,95
							Среднее значение	0,96

В процессе детектирования хроматограмм с "мокрой" пластинки ТСХ происходит естественное испарение подвижной фазы, в результате чего наблюдается некоторое изменение характеристик зон разделенных соединений во времени. За начальное состояние системы принимали характеристики соединений на пластинке ТСХ, которые были измерены на пластинке в нулевой момент времени (т.е. на пластинке ТСХ непосредственно после переноса пластинки в денситометр); за конечное состояние системы — характеристики соединений на сухой пластинке ТСХ (через 5 мин, т.е. после практически полного улетучивания подвижной фазы с пластинки, когда измеряемые характеристики уже не изменялись).

Динамика изменения высот пиков и площадей хроматографических зон анализируемых соединений во времени показана в табл. 1. Анализируя кинетику изменения вышеупомянутых параметров, можно заключить, что с испарением подвижной фазы с пластинки ТСХ, спустя небольшой интервал времени, происходит уменьшение как высот пиков соединений, так и площадей зон для всех компонентов смеси. Это можно объяснить тем, что при высушивании пластинки ТСХ изменяются условия детектирования, и, возможно, количество детектируемых соединений.

При детектировании соединений на "мокрой" пластинке ТСХ большая часть анализируемых соединений (по сравнению с детектированием зон на сухой пластинке) становится доступной для детектирования. При использовании в качестве подвижной фазы толуола (рис. 2) высоты пиков для всех разделенных на пластинке соединений больше при их детектировании на "мокрой" пластинке, чем на сухой на 34-39%, площади зоны больше на 31-35%. Таким образом, обнаруженный нами эффект увеличения сигнала наблюдается для всех анализируемых соединений.

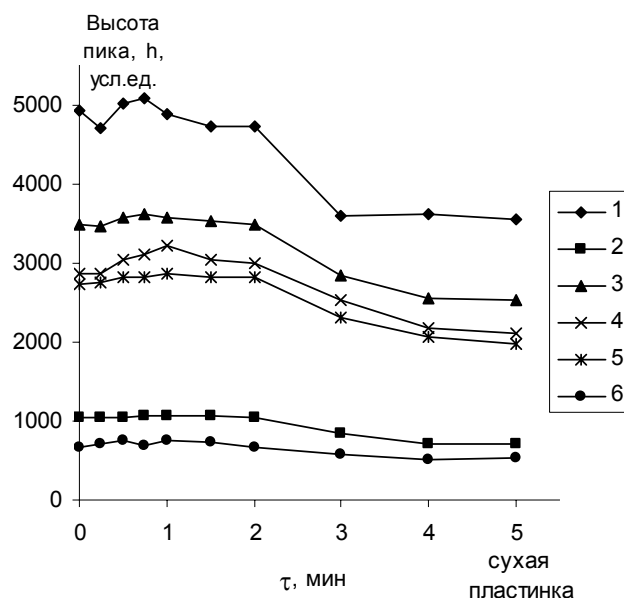


Рис. 2. Изменение высот пиков зон соединений во времени на открытой пластинке ТСХ (ПФ – толуол, разделяемые красители: 1 - диметил-аминоазобензол, 2 - судан II, 3 - судан синий, 4 - ариабел красный, 5 – индофенол, 6 - сиба-Ф II)

Эффективность разделения компонентов смеси при детектировании "мокрой" пластинки незначительно уменьшается $\approx 3-8\%$ (в зависимости от соединения) по сравнению с данными по эффективности, полученными на сухой пластинке. Это связано с небольшим увеличением ширины зоны в продольном направлении. Относительное содержание анализируемых соединений данной пробы относительно одного из компонентов при испарении подвижной фазы с пластинки ТСХ

существенно не изменяется, кроме относительного содержания 1-ого компонента (диметиламиноазобензол), что обусловлено тем, что движение зоны этого компонента, расположенного вблизи фронта подвижной фазы происходит в нестационарных условиях.

В целом, при рассмотрении полученных закономерностей видно, что нелинейное изменение характеристик зон соединений связано с неравномерностью испарения ПФ с пластинки ТСХ. Также можно выделить короткий интервал времени (2-3 мин после начала испарения), после которого не происходит существенного изменения характеристик зон, что означает практически полное испарение подвижной фазы с пластинки ТСХ.

Увеличение высот пиков на 18% и площадей зон соединений на 19% при использовании "мокрой" пластинки наблюдается также при использовании пластинки фирмы "Merck".

Данные закономерности характерны и для других ПФ (см. табл. 2). Для всех подвижных фаз при переходе от "мокрой" пластинки к сухой происходит уменьшение высот пиков и площадей зон соединений, а также небольшое увеличение эффективности разделения, что обусловлено уменьшением ширины пятна в продольном направлении.

Таблица 2. Среднее изменение характеристик зон соединений во времени при использовании "мокрой" пластинки ТСХ в случае открытого слоя для различных подвижных фаз

Подвижная фаза	Среднее (по всем анализируемым соединениям) отношение измеряемой характеристики на "мокрой" пластинке к той же характеристике на сухой			Продолжительность высыхания пластинки ТСХ, мин
	высот пиков $h_{\text{мок}}/h_{\text{сух}}$	площадей зон $S_{\text{мок}}/S_{\text{сух}}$	эффективности $N_{\text{мок}}/N_{\text{сух}}$	
толуол	1,36	1,34	0,96	2
ацетон	1,19	1,20	0,95	1
этанол	1,23	1,22	0,94	3

Эффект увеличения сигнала на "мокрой" пластинке ТСХ заметно зависит от времени, прошедшего от начала испарения подвижной фазы до времени измерения. Рабочий интервал детектирования для использованных нами ПФ достаточно короткий, он составляет 1-3 мин в зависимости от используемой ПФ. Для устранения этого недостатка и увеличения времени детектирования целесообразно закрывать "мокрую" пластинку ТСХ стеклом, которое находилось бы на расстоянии 0,4 мм от сорбционного слоя пластинки. Это позволяет резко снизить испарение элюента с пластинки и, следовательно, резко увеличить интервал времени, в течение которого возможно воспроизводимо детектировать результаты разделения на пластинке ТСХ, содержащей подвижную фазу. Детектирование при использовании защитного стекла, т.е. условиях квази-закрытой пластинки ТСХ, проводили аналогичным образом, как и на открытой пластинке ТСХ. Результаты, полученные при детектировании характеристик зон, на закрытой пластинке приведены в таблице 3. Измерения основных характеристик (высота пика зоны, площадь зоны, число теоретических тарелок) для зон анализируемых соединений проводили через определенные промежутки времени, начиная с момента установки закрытой

пластинки ТСХ в камере видеоденситометра. Время детектирования закрытой пластинки ограничивали 15 минутами, чтобы снизить нежелательные эффекты (например, дополнительное размывание зон соединений).

Таблица 3. Изменение характеристик хроматографических зон разделяемых соединений во времени на закрытой пластинке ТСХ в процессе детектирования (ПФ – толуол)

Название красителя	Хроматографические характеристики зон красителей (при их детектировании через определенные интервалы времени детектирования), мин						Отношение измеряемой характеристики на "мокрой" пластинке к той же характеристике на сухой
	0 (мокрая пластинка)	1	4	10	15	сухая пластинка	
(высыхающая пластинка)							
Величины высот пиков (h – высота пика, *10 ³ усл.ед.)							
сиба-Ф II	0,812	0,83	0,75	0,65	0,69	0,68	1,20
индофенол	2,68	2,68	2,53	2,46	2,36	2,34	1,15
ариабел красный	3,34	3,34	3,18	3,16	3,09	3,02	1,11
судан синий	3,54	3,57	3,38	3,25	3,20	3,11	1,14
судан II	1,16	1,09	1,05	1,00	0,98	0,97	1,20
диметил-аминоазобензол	4,69	4,68	4,55	4,37	4,30	4,29	1,09
						Среднее значение	1,15

Как следует из полученных данных, использование закрытой пластинки позволяет значительно снизить испарение подвижной фазы с пластинки ТСХ и, следовательно, увеличить промежуток времени, в течение которого возможно детектирование разделенных веществ на "мокрой" пластинке ТСХ. На закрытой пластинке ТСХ происходит резкое замедление испарения подвижной фазы, в результате чего наблюдается только незначительное изменение высот пиков зон во времени (рис. 3). Данное уменьшение сигнала происходит линейно и интервал времени возможного детектирования хроматограмм на мокрой пластинке заметно увеличивается (до 7-10 мин). Использование защитного стекла при детектировании на "мокрой" пластинке ТСХ приводит к увеличению высот пиков зон и площадей зон разделенных соединений на 8-19% (по отношению к характеристикам зон на сухой пластинке ТСХ). Это увеличение сигнала меньше, чем при использовании открытой пластинки ТСХ. Данное уменьшение сигнала возможно связано с дополнительным размыванием зон компонентов пробы в жидкой фазе, что, естественно, приводит к дополнительному увеличению площадей хроматографических зон соединений. Однако, эффект увеличения сигнала на "мокрой" пластинке во времени сохраняется, хотя и уменьшается. Размывание зон компонентов пробы также приводит к небольшому уменьшению эффективности разделения компонентов проб (на 7-11%).

При использовании пластин фирмы "Merck" при детектировании закрытой пластинки ТСХ наблюдается увеличение высот хроматографических зон соединений на 14% и площадей зон соединений на 15%.

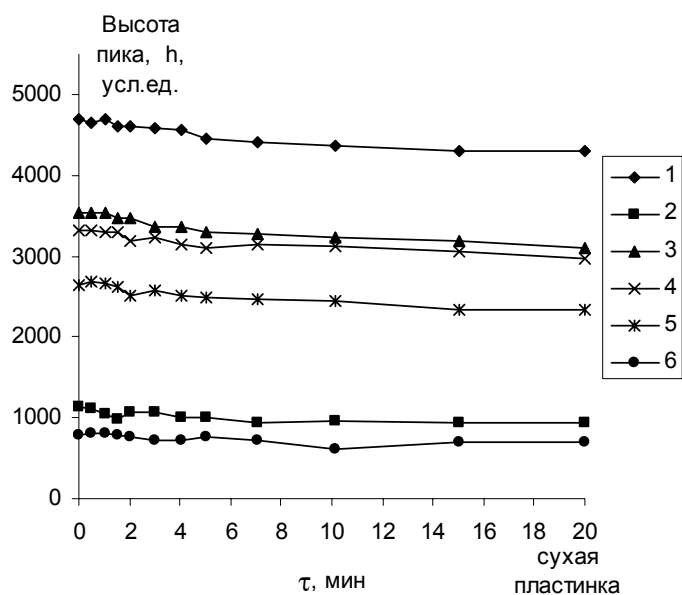


Рис. 3. Изменение высот пиков зон соединений во времени на закрытой пластинке ТСХ (ПФ – толуол, разделяемые красители: 1 - диметил-аминоазобензол, 2 - судан II, 3 - судан синий, 4 - ариабел красный, 5 – индофенол, 6 - сиба-Ф II)

Таким образом, использование в описанном выше методе видеоденситометрического детектирования хроматографических зон анализируемых соединений на закрытой пластинке ТСХ, позволяет существенно снизить испарение ПФ с пластинки, хотя количественно наблюдаемый эффект увеличения сигнала уменьшается. Данные закономерности выполняются и для других используемых подвижных фаз (табл. 4). Отметим, что детектирование мокрой пластинки ТСХ не следует проводить длительное время (дольше 5-7 мин), т.к. это приводит к дополнительному размытию пятен.

Таблица 4. Среднее изменение характеристик зон хроматографируемых соединений во времени на закрытой пластинке ТСХ для различных подвижных фаз.

Подвижная фаза	Среднее (по всем анализируемым соединениям) отношение измеряемой характеристики на "мокрой" пластинке к той же характеристике на сухой			Максимально рекомендуемый (возможный) временной интервал
	высот пиков $h_{\text{мок}}/h_{\text{сух}}$	площадей зон $S_{\text{мок}}/S_{\text{сух}}$	эффективности $N_{\text{мок}}/N_{\text{сух}}$	
толуол	1,15	1,12	1,09	5
ацетон	1,13	1,14	1,10	5
этанол	1,13	1,12	1,08	7

В работе был изучен еще один вариант детектирования зон на "мокрой" пластинки ТСХ – это дополнительное использование смоченного питателя. Это позволило компенсировать потери ПФ за счет испарения ПФ. Использование питателя при детектировании зон соединений позволяет снизить испарение подвижной фазы с пластинки ТСХ, за счет подачи на пластинку дополнительного количества элюента через питатель. В этом варианте детектирования пластинка остается "мокрой" большее время (до 4 мин). Отметим, что использование питателя

при детектировании зон анализируемых соединений также приводит к увеличению высот пиков зон соединений на "мокрой" пластинке по сравнению к сухой в среднем на 16% (для сиба-Ф II ($R_f = 0,05$) – 21%, для диметил-аминоазобензола ($R_f = 0,58$) – 13%). Но при этом ограничивается промежуток времени для детектирования зон соединений до 3-4 мин (при использовании закрытой пластинки ТСХ – 5 мин). В целом наблюдаются те же закономерности, что и при использовании закрытой пластинки ТСХ.

При использовании других подвижных фаз (ацетон, этанол) применение питателя не дает положительных результатов и по своим закономерностям напоминает детектирование пластинки при свободном испарении элюента с пластинки ТСХ. Ацетон, обладая высоким давлением паров, довольно быстро испаряется с пластинки ТСХ (≈ 1 мин), и дополнительный поток подвижной фазы от питателя не успевает смочить пластинку ТСХ. Это приводит к детектированию практически сухой пластинки ТСХ и положительного эффекта "мокрой" пластинки не наблюдается. Как известно, этанол обладает высокой вязкостью, это объясняет его медленное движение по пластинке ТСХ, в результате чего поток ПФ от питателя не успевает полностью смочить пластинку ТСХ. В этом случае эффект "мокрой" пластинки отсутствует.

Был исследован еще один возможный способ детектирования результатов разделения – использование нелетучего растворителя. В качестве нелетучей ПФ использовали диметилсульфооксид (ДМСО). Эксперимент заключался в следующем: вначале проводили детектирование (ПФ - толуол), используя первый способ детектирования (описано выше), но после окончания детектирования пластинку ТСХ с разделенными соединениями смачивали ДМСО (методом опускания пластинки ТСХ в ДМСО), в результате чего получали "мокрую" пластинку ТСХ. Затем также проводили детектирование пластинки через различные промежутки времени. При детектировании хроматограмм на "мокрой" пластинке ТСХ высоты пиков для зон всех разделенных на пластинке соединений (в качестве ПФ использовали толуол) больше, чем на сухой пластинке на 27% (средняя величина по всем соединениям), площади зоны – на 29%. При использовании пластинки ТСХ, полученной при обработке ДМСО, также получали увеличение высоты пиков (по сравнению с сухой пластинкой) на 17%, площади зон – на 19%, причем продолжительность детектирования увеличена до 10 мин. После указанного промежутка времени на пластинке ТСХ происходит сильное размывание зон соединений. К положительным особенностям использования нелетучего растворителя можно отнести следующее: происходит увеличение характеристик зон соединений (по сравнению с сухой пластинкой), данный результат сохраняется практически без изменений значительный промежуток времени. К недостаткам данного метода детектирования можно отнести: небольшое усложнение техники эксперимента (введение дополнительной стадии – смачивание пластинки ТСХ малолетучей ПФ); получаемый эффект "мокрой" пластинки при использовании нелетучей ПФ меньше, чем при использовании "мокрой" пластинки сразу после окончания эксперимента; не удается получить сухую пластинку ТСХ после использования нелетучего растворителя.

Заключение

Основные результаты проведенного исследования: во-первых, впервые проведено изучение возможности регистрации хроматограмм на пластинках ТСХ

методом видеоденситометрии в условиях "мокрой" пластинки; во-вторых, определены условия оптимального видеоденситометрического детектирования хроматограмм на "мокрой" пластинке ТСХ; в-третьих, проведение регистрации хроматограмм на "мокрой" пластинке позволяет сократить операцию высушивания пластинки, и, следовательно, повысить экспрессность метода (табл. 5); в-четвертых, величина сигнала при видеоденситометрическом детектировании полученной хроматограммы на мокрой пластинке увеличивается.

Таблица 5. Сравнение традиционной методики проведения эксперимента (с регистрацией хроматограммы на высушенной пластинке ТСХ) и методики с регистрацией хроматограмм на мокрой пластинке ТСХ.

Характеристика	Традиционная методика с высушиванием пластинки	Использование мокрой пластинки ТСХ
Количество основных стадий в эксперименте	1 – нанесение образца, 2 – разделение, 3 – высушивание, 4 - детектирование	1 – нанесение образца, 2 – разделение, 3 – детектирование
Изменение времени эксперимента	Стандартное (1,0) (традиционный метод)	Общее время эксперимента уменьшается (этап 3 отсутствует)
Изменение характеристик хроматографических зон	Стандартное (1,0) (традиционный метод)	Увеличение сигнала на 20-38% (по сравнению с регистрацией хроматограммы на сухой пластинке)

Авторы выражают глубокую благодарность Т. Дзидо (МедУниверситет, Люблин, Польша) за ценные критические замечания, которые были, в основном, учтены авторами в данной работе.

Список литературы

1. Гейсс Ф. Основы тонкослойной хроматографии. Планарная хроматография. М.: Издание Научного совета по хроматографии РАН. 1999.
2. Geiss F. Fundamentals of Thin Layer Chromatography (Planar Chromatography). Huethig, Heidelberg. 1987
3. Nyiredy Sz. (ed.) Planar Chromatography. A Retrospective View for the Third Millennium. Springer Sci. Publ., Budapest. 2001.
4. Poole C.F. The Essence of Chromatography. Elsevier, Amsterdam. 2003.
5. Nyiredy Sz. in Heftman E. (ed.) Chromatography (6th edition). Fundamentals and Techniques. Elsevier, Amsterdam. 2004.
6. Красиков В.Д. Основы планарной хроматографии. Химиздат, С-Петербург. 2005.
7. Сумина Е.Г., Штыков С.Н., Тюрина Н.В. Тонкослойная хроматография. Теоретические основы и практическое применение. Изд-во Саратовского ун-та, Саратов. 2006.
8. Sherma J., Fried B. (Eds.) Handbook of Thin-Layer Chromatography. M.Dekker, New York. 2003.
9. Reich E., Schibli A. High-Performance Thin-Layer Chromatography for the Analysis of Medicinal Plants. Thieme, New York. 2006.

10. Золотов Ю.А. Аналитическая химия и химический анализ // Успехи химии. 2006. Т. 75. №4. С. 299-301.

11. Березкин В.Г., Чаусов А.В. Новый способ подачи подвижной фазы на пластинку ТСХ и устройство для ее проявления // Зав.лаборатория. 2007. Т. 73. С. 18-22.

Березкин Виктор Григорьевич – проф., д.х.н., г.н.с. Учреждения Академии наук Института нефтехимического, Москва, тел. (495) 955-42-20 (p)

Чаусов Алексей Викторович – аспирант, м.н.с. Учреждения Академии наук Института нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН, Москва, тел. (495) 955-41-13 (p)

Berezkin Victor G. – Professor, doctor of science, chief researcher in Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis, Moscow, e-mail: berezkin@ps.ac.ru

Chausov Aleksey V. – graduate student, junior researcher in Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis, Moscow, e-mail: a.chausoff@mail.ru