

чисел $Re = 150\text{-}400$ относительный отвод оставался постоянным и составлял 62-63% от общего количества образовывающегося конденсата. В связи с этим в первом интервале чисел Рейнольдса рост толщины пленки был более интенсивным, чем во втором интервале.

Анализ средней толщины пленки и относительного оттока конденсата в зернистый слой,

состоящий из элементов с частично смачиваемой поверхностью показывает подобную картину, что и с гидрофильтной засыпкой с тем лишь отличием, что рост толщины пленки, а следовательно, и снижение относительного отвода конденсата в этом случае происходит более интенсивнее в диапазоне чисел $Re = 70\text{-}150$.

Таким образом, зернистый

слой, нанесенный на вертикальную поверхность, оказывает существенное интенсифицирующее влияние на процесс теплообмена при конденсации водяного пара и при $N_1 + N_2 = \text{const}$ можно уменьшить поверхность теплообмена, т.е. сократить массогабаритные характеристики ТА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев Ю.О., Дворовенко И.В., Лазарев С.И., Петрик П.Т., Сердаков Г.С. Влияние зернистого слоя на пленочную конденсацию / Теплообмен в парогенераторах: Мат-лы Всес. конф., Новосибирск. 1988. С.366-372.
2. Петрик П.Т., Дадонов П.В., Дворовенко И.В., Богомолов А.Р. Теплообмен при конденсации хладона R227 на наклонных трубах, помещенных в зернистый слой. - ИФЖ. 2004. Т. 77. № 4. С. 76-78.
3. Богомолов А.Р., Азиханов С.С., Гуцал К.В., Темникова Е.Ю. Гидродинамика в конденсаторах с зернистым слоем / Тематический выпуск: Труды II-го семинара вузов Сибири и Дальнего Востока по теплофизике и теплоэнергетике. Томск, 2002. Т.305, Вып. 2. С.66-71.
4. Белоусов А.П., Богомолов А.Р., Маркович Д.Д. Гидродинамическая структура двухфазного течения в окрестности точек контакта элементов шаровых засыпок. - Теплофизика и аэромеханика. 2004. Т.11. № 3. С. 429-440.
5. Волков В.И., Мухин В.А., Накоряков В.Е. Исследование структуры течения в пористой среде. - ЖПХ. 1981. Т.54. № 4. С. 838-846.

□ Авторы статьи:

<p>Богомолов Александр Романович - канд. техн. наук, с.н.с. Института теплофизики СО РАН, доц. каф. «Процессы, машины и аппараты химических производств»</p>	<p>Петрик Павел Трофимович - докт. техн. наук, проф., зав. каф. «Процессы, машины и аппараты химических производств»</p>	<p>Дворовенко Игорь Викторович - канд. техн. наук, доц.каф. «Процессы, машины и аппараты химических производств»</p>	<p>Богомолов Артем Александрович - аспирант каф. «Процессы, машины и аппараты химических производств»</p>
---	---	---	--

УДК 543.544+615.00

А.С. Сухих, П.В. Кузнецов

К ПРОБЛЕМЕ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГУМАТА НАТРИЯ (Aldrich, Германия) НА ПЕРЕШИТЫХ ПОЛИСАХАРИДНЫХ ГЕЛЯХ

По современным представлениям, гуминовые вещества (ГВ) вездесущи, они обнаруживаются даже в атмосферном воздухе и рассматриваются как мощные эндогенные загрязнители атмосферы, питьевой воды и т.д. [2,6].

Гумат натрия (ГМН) фирмы «Aldrich» (Германия), полученный еще в 90-е годы XX века из бурого угля, - один из немногих стандартизованных образцов

гуминовых кислот (ГК), активно используемый в химии ГВ в качестве вещества – стандарта [2]. Известно, что его химический состав изучался различными методами, в том числе и хроматографическими (гель-проникающая, ионообменная, высокоэффективная жидкостная хроматография) [1,3,4]. Так, по данным [12], в условиях аналитической обращенно-фазной высокоэффективной жидкост-

ной хроматографии (ВЭЖХ) ГМН хроматографируется в виде двух разделенных пиков, имеющих дополнительно сильное расщепление общей площади пиков. Интересно, что ГМН, после доочистки на сефадексе G-25, использовали для изучения фармакологических эффектов так называемого «синдрома чёрной ноги» [11]. В обзоре [2] показано, что ГМН Aldrich имеет молекулярную

массу от 400 до 30000 Да.

Недавно нами в работе [9] по очистке ГВ из лечебных грязей (ЛГ) были получены данные по хроматографической оценке качества (через концентрацию ГК) некоторых типов ЛГ, где впервые в качестве хроматографических материалов использовались перешитые полисахаридные гели (ППГ): сефадекс LH-20 (СФ-LH-20, Швеция) и агароза 4% (АГ-4, Эстония).

Цель настоящей работы - изучение хроматографической очистки ГМН-стандарта на основе вышеперечисленных ППГ. Еще раз подчеркнем, что применение ППГ, судя по данным ряда обзоров [2,3,6,8], в химии ГВ до нас не исследовалось.

Хроматографию ГМН - стандарта, после трехкратной очистки его переосаждением (рН исследуемого раствора около 8) проводили в стандартных условиях [9]. Объем геля адсорбента 30 ± 1 мл; скорость элюции 0,1-0,15 мл/мин объем собираемых фракций 1 мл. Детектирование проводили в УФ области при длине волн 260нм (СФ-26, Россия). На рис. 1 показаны хроматограммы ГМН - стандарта на СФ-LH-20 и АГ-4

Как и предполагалось, по данным обратно-фазовой ВЭЖХ [12], сначала в условиях гель-фильтрации на АГ-4 также фиксируется только два основных пика: высокомолекулярный (в зоне 9-13 фракции) и более мощный низкомолекулярный (в зоне 21-22 фракции). С другой стороны, гель-фильтрация на сефадексе LH-20 показала наличие только одного пика (в зоне 12-18 фракции), что хорошо согласуется с данными нашей недавней работы [10] по хроматографии щелочного извлечения из чаги (*Inonotus obliquus*). УФ-спектр пиковых фракций полностью совпадает с литературными данными [2,3]. Необходимо отметить, что нативные (не перешитые) агарозные гели обладают большей липофильностью, чем декстранные гели [7]. Другое важное

отличие у агарозных гелей – наличие 3,6-ангидро-фрагмента, который по нашему мнению делает каркас АГ более «мелкодырячным», тем самым способствуя, по-видимому, более сильной задержке низкомолекулярных веществ. Феномен перешивки приводит к тому, что в нашем случае оба геля дополнительно перешиты оксипропильными мостиками, что также повышает общую «ячеистость»

дополнительной высокомолекулярной фракции (в зоне 10-20) после рехроматографии на сефадексе G-100 – можно, считая, что ряд новых высокомолекулярных фракций (пики А, Б см. рис. 2) первоначально ассоциированы с низкомолекулярной фракцией (пик В см. рис. 2) образующийся в процессе диссоциации при рехроматографии на сефадексе G-100.

Таким образом, полученные

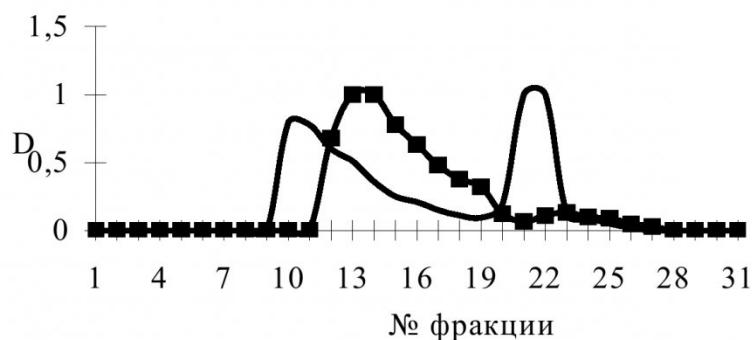


Рис. 1. Хроматографический профиль ГМН – стандарта на СФ-LH-20(-■-) и АГ-4(—)

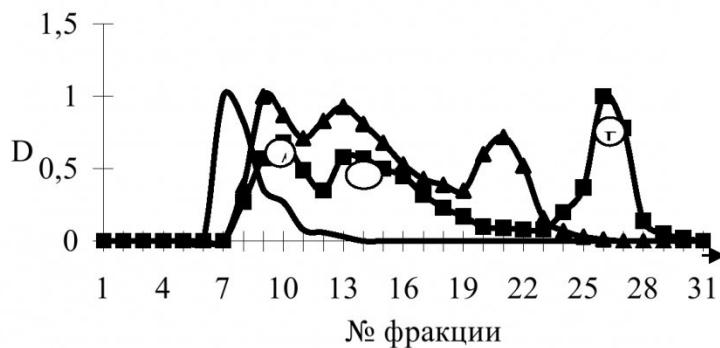


Рис. 2. Рехроматография на сефадексе G-100 пиковых фракций, полученных на ППГ:
СФ-LH-20 (-▲-) и АГ-4 ((— Пик I) (-■—Пик II))

гелей. Интересно, что хроматографирование ГК ЛГ в этих же условиях, по данным работы [9], показало наличие на АГ-4 практически одного (высокомолекулярного) пика. Дальнейшее фракционирование ключевых пиков I и II, выделенных на ППГ (СФ-LH-20 и АГ-4), проводили рехроматографией на сефадексе G-100 в условиях работы [8].

Объяснить получение (рис. 2) необычного феномена фракционирования на сефадексе G-100 пика II, – наличие у него

данные показывают необычную «стабилизационную» роль низкомолекулярных фракций. Такой хроматографический феномен вполне может наблюдаться при т.н. супрамолекулярных взаимодействиях (как правило существующих меж и внутри молекул) полимеров в водных растворах.

Интересно отметить, что по данным [8] при увеличении нагрузки на колонку, превышающем 8-10 мг образца ГВ, наблюдается резкое увеличение количества низкомолекулярных

фракций. Не исключено, что такие низкомолекулярные фрагменты могут играть некую «якорную» функцию, активируя (при высоких концентрациях ГВ) именно процессы молекулярной ассоциации за счёт активных супрамолекулярных взаимодействий.

Фракции с высоким молекулярным весом, элюируемые с сепадекса G-100, преимущественно состоят по данным [1] из поликонденсированных ароматических лигнино-подобных

структур. С другой стороны, фракции, задерживаемые на геле (в основном средние или низкомолекулярные), характеризуются повышенным содержанием кислотных фрагментов в молекуле [1].

По нашему мнению, супратекстура адсорбента резко и мощно деформируют супрамолекулярную структуру нативных ГК.

Исходя из подобных экспериментальных данных, Havel J. и сотр. [6] также считают, что

ГК всё-таки представляют собой ассоциаты веществ с низким молекулярным весом.

С другой стороны, недавние работы И.В. Перминовой и соавт. [4,5] «опровергают» данное мнение, позволяя считать ГК полимерными веществами стохастического строения.

Таким образом, полученные нами впервые – при использовании ряда ППГ- экспериментальные данные, позволяют считать предположение Havel J. и сотр. вполне достоверными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Amir, S.* Characterization of humic acids extracted from sewage sludge during composting and of their Sephadex gel fractions / S. Amir, M. Hafidi, J.-R. Bailly et all. // Agronomie. 2003. V. 23. P. 269-275.
2. *Graber, E.R.* Atmospheric HULIS: How humic – like are they? A comprehensive and critical review / E.R. Gruber, Y. Rudich // Atmos. Chem. Phys. 2006. N.6. P. 729 – 753.
3. *Janoš, P.* Separation methods in the chemistry of humic substances (Review)/ Pavel Janoš// J. Chromatography A. - 2003. V. 983. 1–18.
4. *Perminova, I.V.* Size exclusion chromatography of humic substances: complexities of data interpretation attributable to non-size exclusion effects / I.V. Perminova // Soil Science. – 1999. V. 164. N.11. P. 834-840.
5. *Perminova, I.V.* Molecular weight characteristics of humic substances from different environments as determined by size exclusion chromatography ad their statistical evaluation. / I.V. Perminova// Environ. Sci. technol. 2003. V.37. P. 2477-2485.
6. *Peña-Mendez, E.* Humic substances – compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine. Review / E. Peña-Mendez, J. Havel, J. Patočka// J. Appl. Biomed. 2005. N. 3. P.13-24.
7. *Микеш, О.* Лабораторное руководство по хроматографическим и смежным методам / О. Микеш. –М., Мир. 1982. Т.1. – 290 с.
8. *Симаков, Г.А.* Изучение фракционного состава гуминовых кислот некоторых типов почв методом гель-фильтрации / В.Н. Симаков, Г.А. Алябина // Почвоведение. -1972. -№7. С. 63-66.
9. *Кузнецов, П.В.* Полимерные адсорбенты аффинного типа в исследовании физиологически активных веществ (XXII. Эпоксиазоадсорбенты в очистке гуминовых веществ лечебных грязей/ П.В. Кузнецов, А.С. Сухих // Вестн. РАЕН (ЗСО). – 2006. - Вып.8. - С.113 - 117.
10. *Кузнецов, П.В.* Разделение полифенольного комплекса чаги на полисахаридных гелях перешитого типа / П.В. Кузнецов, А.С. Сухих, Е.В. Гуров//Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: Сб. науч. трудов. – Пятигорск, 2006. – С.233-234.
11. *Cheng, M.-L.* Humic acids induces oxidative DNA damage, growth retardation, and apoptosis in human primary fibroblasts / M.-L Cheng, H.-Y. Ho, Y.-W. Huang, et all. // Experemental biology and medicine. 2003. V. 228. P. 413-423.
12. *Albuizio, A.* Plant growth regulator activity of small molecular size humic fractions / A. Albuizio, S. Nardi, A. Gulli// Total environment. Sci. 1989. V.81-82 P. 671-674.

□ Авторы статьи:

Сухих
Андрей Сергеевич
– м.н.с., ЦНИЛ КемГМА

Кузнецов
Пётр Васильевич
– докт. фармацевт. наук, проф.,
зав. каф. фармацевтической
и токсикологической химии
КемГМА