

- журн. -1962. -28, № 5. -С. 565—570.
- Белов С.Ф., Лагутина Г.Д., Аваева Т.И. IV Всесоюзн. конф. по физ. хим. ион. распл. и тв. электр. -Киев, 1976. -Ч. 1. -С. 93, 94.
 - Barton C.J., Grimes W.R., Insley H. // Phys. Chem. -1958. -62. -Р. 665—676.
 - Справочник. Свойства неорганических соединений

/ Под ред. А.И. Ефимова. -Л.: Химия, 1983.

- Карпетьянц М.Х., Карпетьянц М.Л. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ. -М.: Химия, 1968.
- Бугаєнко В.В., Копанева Н.М., Чередник І.М. Природничі науки. Зб. наук. праць. -Суми: СумДПУ ім. А.С. Макаренка, 2004. -С. 151—154.

Інститут загальної та неорганічної хімії
ім. В.І. Вернадського НАН України, Київ
Сумський державний педагогічний університет
ім. А.С. Макаренка

Надійшла 11.02.2009

УДК 661.183.1.12.18

**С.С. Ставицкая, В.В. Стрелко, Т.П. Петренко, Н.В. Сыч, В.М. Викарчук,
Н.Н. Цыба, С.И. Трофименко**

СТРУКТУРНО-СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНО-МИНЕРАЛЬНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ *

Представлен краткий обзор данных по синтезу и исследованию полученных комбинированных сорбентов (КС) различной природы. Изучены структурные характеристики, сорбционная способность к веществам-маркерам, ионам тяжелых металлов (Cd, Co, Cu, Zn, Fe, Ni, Pb) и радионуклидам (РН) композитов на основе специально модифицированной волокнистой углеродной составляющей (АУВ-М) и палыгорскита (Ультрасорб); модифицированного угля из дробленной фруктовой косточки КАУ_м и эламина (Карбоксикам), а также КАУ_м и биоккомплексов природного происхождения (условное название Карбодон). Они проявляют высокую селективность сорбции по ¹³⁷Cs (коэффициент распределения $K_d \sim 30000$), высокую поглощательную способность по ⁹⁰Sr ($K_d \sim 600$, Ультрасорб), увеличивают приблизительно на 20 % естественную элиминацию инкорпорированных РН (Ультрасорб), обладают антиоксидантными свойствами (Карбоксикам) и биологической активностью (Ультрасорб, Карбодон), эффективно сорбируют ионы тяжелых металлов, прежде всего, свинца, кадмия, железа и меди. Предложены пути возможного применения КС.

Метод энтеросорбции приобрел особое значение после Чернобыльской катастрофы в связи с необходимостью выведения из организма человека и животных радионуклидов (РН); актуален он и по сей день. В качестве сорбентов применяют активные угли, полученные на основе природного и синтетического сырья, различные неорганические поглотители, полиальдегиды, синтетические ионообменные смолы, пористые сополимеры, некоторые материалы растительного происхождения [1]. Целесообразность и высокая эффективность средств и приемов сорбционной медицины убедительно и неоднократно доказаны. Од-

нако при воздействии энтеросорбентов могут проявляться неблагоприятные эффекты. Так, есть данные [2], указывающие на возможность связывания в желудочно-кишечном тракте некоторых пищеварительных ферментов, продуктов гидролиза, возможна сорбция биологически активных веществ.

Поэтому проблема создания научных основ синтеза, разработка технологии получения эффективных энтеросорбентов нового типа с улучшенными сорбционными свойствами была и остается актуальной.

Проведенная сравнительная оценка функциональных свойств энтеросорбентов, имеющих на

* Работа выполнена при финансовой поддержке НАН Украины в рамках комплексной программы фундаментальных исследований "Новейшие медико-биологические проблемы и окружающая среда человека".

рынке в Украине, показала [3, 4], что фактически все они относятся к препаратам неспецифического полифункционального действия и не обладают (за исключением ферроцина) выраженной избирательностью хотя бы по радиоцезию, не говоря уже о радиостронции, трансураниевых элементах и большой группе тяжелых металлов [5—8]. С учетом этого в последнее время успешно развивается (в том числе и нами) новая концепция энтеросорбции — разработка и внедрение композиционных энтеросорбентов селективного действия, способных, кроме общей детоксикации, обеспечивать селективное удаление из организма радионуклидов и тяжелых металлов, а также нормализовать основные биохимические показатели. Действительно, для решения широкого круга задач сорбционной терапии необходимы новые селективные адсорбционные материалы с полифункциональными и ионообменными центрами.

В ИСПЭ НАН Украины разработаны теоретические основы, дано научное обоснование созданию и получены новые эффективные композиционные сорбенты (КС); в лабораторных условиях отработаны основные элементы технологий синтеза комбинированных энтеросорбентов, в которых успешно сочетаются свойства двух и более компонентов, взаимно дополняющих друг друга. Среди таких КС следует отметить в первую очередь сорбенты, названные нами как Ультрасорб и Карбоксикам. Их основой являются специальным образом модифицированные промышленные волокнистые углеродные сорбенты типа АУВ-М с комплексобразующей функцией и глинистый минерал палыгорскит, обладающий свойствами избирательного неорганического катионита, а также пищевые добавки — пектины, альгинаты, крахмал и др. (Ультрасорб) [5—10], катионзамещенные формы окисленного угля и эламина (Карбоксикам) [11, 12].

Комбинированный препарат Ультрасорб представляет собой смесь модифицированных специальным образом природного сорбента палыгорскита и окисленного углеродного волокнистого материала в определенном соотношении. При получении сорбента в виде таблеток в качестве связующего вещества вводили добавку пищевого пектина, крахмала либо декстрина.

Композиционный сорбент Карбоксикам состоит из специально модифицированного добавками К, Mg, Cu, Se окисленного до определенной статической емкости (СОЕ) в жидкой фазе 25 %-й

HNO_3 угля из фруктовой косточки (КАУ) и второй составляющей — природного сорбента эламина [11, 12].

Разрабатываемый сейчас новый препарат (рабочее название Карбодон) получают на основе модифицированного микроэлементами (K, Mg, Zn, Cu) угля КАУ из природной дробленой фруктовой косточки и биологически активных компонентов донных осадков Черного моря [4, 13—18].

При получении комбинированных сорбентов их компоненты перемешивали в диспергаторе на высоких скоростях в определенном соотношении. Затем приготовленный материал просеивали на сите 0.16—0.25 мм.

Структурно-сорбционные свойства исходных компонентов и готовых композиционных материалов изучали с помощью общепринятых методов [19]. По сорбции паров бензола определяли удельный объем сорбционных пор V_s . На высокоскоростном газовом сорбционном анализаторе NOVA 2200E получали изотермы низкотемпературной (77 К) сорбции и десорбции азота на исследуемых сорбентах, рассчитывали величины объемов микропор ($V_{\text{ми}}$) и поверхность последних ($S_{\text{ми}}$), дифференциальное и интегральное распределение пор по радиусам.

Для получения количественных данных о селективности сорбции ионов металлов композициями и их составляющими опыты проводили в статических условиях при непрерывном перемешивании сорбента (до установления равновесного состояния — не менее 4 ч) с раствором соответствующей соли с разными начальными концентрациями на фоне стандартного солевого раствора Рингера–Локка. Соотношение твердой и жидкой фаз составляло 1:200. Исходные и равновесные концентрации ионов металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе КАС-120.1 (Selmi, Украина). Изотермы адсорбции ионов тяжелых металлов получали при 20 °С; из них рассчитывали коэффициенты распределения ионов (K_d , мл/г) в стандартных условиях при равновесных концентрациях растворов, равных 1 мМ/л [7].

Радиоактивность ^{137}Cs и ^{90}Sr в растворе до и после контакта с сорбентом определяли на γ -радиометре РУГ-4. Использовали растворы с исходной концентрацией радионуклидов ~2.55—5.25 кБк/л [15, 20].

С учетом того, что сорбент Ультрасорб предназначен для выведения радионуклидов (РН), бы-

Т а б л и ц а 1

Сорбция ^{137}Cs и ^{90}Sr из раствора Рингера–Локка комбинированными сорбентами и их составляющими

Составляющие	^{137}Cs		^{90}Sr	
	А, Бк/г	K_d	А, Бк/г	K_d
Исходные материалы				
АУТ	1096	27,2	230	28
ОУТ-1 (СОЕ*=2.6 мг-экв/г)	3270	54	490	43
ОУТ-2 (СОЕ=4.0 мг-экв/г)	4650	99	840	195
Пальгорскит	4765	3520	315	30
модифицированный				
Пектин	2513	252	572	58
Комбинированные таблетки с желатином				
АУТ	6443	693	730	82
ОУТ-1	6747	2019	589	74
ОУТ-2	8284	3945	607	87
ОУТ-2 (К,Мg,Зn-форма)	8415	3659	825	142
Комбинированные таблетки с пектином				
АУТ	4061	1195	—	—
ОУТ-1	4157	1665	1070	173
ОУТ-2 (К,Мg,Зn-форма)	5127	3662	966	284
Комбинированные таблетки с крахмалом				
ОУТ-1(К,Мg,Зn-форма)	4168	2193	886	181
ОУТ-2 (К,Мg,Зn-форма)	3620	3630	413	129
Комбинированные таблетки с декстрином				
ОУТ-1(К,Мg,Зn-форма)	2926	4180	810	324
ОУТ-2 (К,Мg,Зn-форма)	2997	4408	808	385

Примечание. АУТ — активированная углеродная ткань; ОУТ-1 и ОУТ-2 — окисленная углеродная ткань с различной обменной емкостью.

ло проведено [5, 6] сравнительное изучение сорбционных свойств таблетированного материала различного состава по отношению к основным долгоживущим изотопам ^{137}Cs и ^{90}Sr , а также найдены коэффициенты их распределения (K_d) (табл. 1).

Из всех синтезированных сорбентов лучше всего выводили РН (особенно цезий) композиты со связующим декстрином, хорошо проявили себя в этом плане и таблетки, содержащие крахмал и желатин в качестве связующего, чуть хуже были пектинсодержащие композиты.

Конечные свойства полученного препарата определяются скорее всего химической природой уг-

леродной составляющей: окисление поверхности (придание катионзамещенной способности) приводит к увеличению значений K_d радиоцезия в 5 раз по сравнению, например, с желатинсодержащими таблетками на основе активированной ткани (табл. 1).

Были получены данные [7—9] о сорбируемости ионов тяжелых металлов (Fe, Co, Cd, Pb, Zn, Cu, Ni) и радиоактивного цезия из солевого раствора Рингера сорбентом Ультрасорб (рис. 1, а, б). Результаты по поглощению ионов этим композитом представляли в виде изотерм сорбции (рис. 1, а, б). Полученные данные приведены также в виде

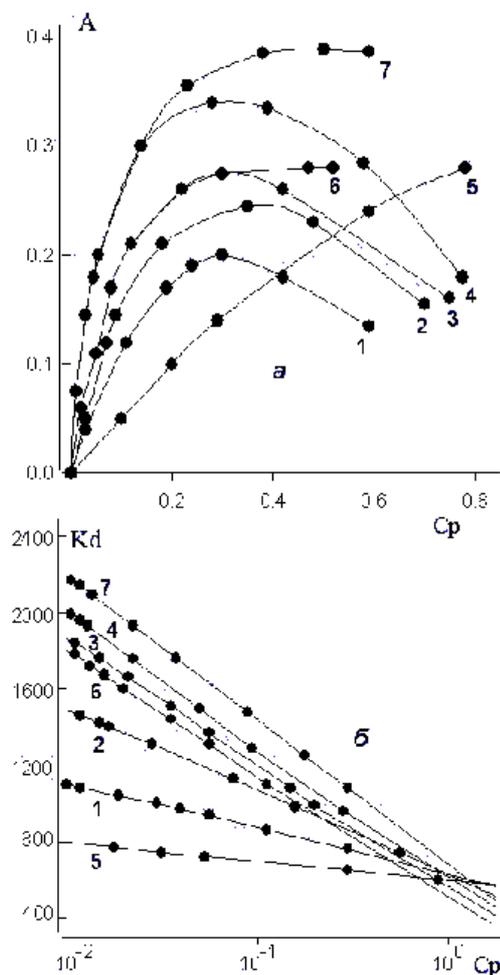


Рис. 1. Изотермы сорбции (А, мМ/г) ионов Cd^{2+} (1), Ni^{2+} (2), Co^{2+} (3), Fe^{3+} (4), Zn^{2+} (5), Cu^{2+} (6), Pb^{2+} (7) из солевого раствора Рингера (а) и зависимости коэффициентов их распределения (K_d , мл/г) (б) от равновесной концентрации (C_p , мМ/л) для комбинированного сорбента Ультрасорб.

рядов селективности сорбции комбинированным материалом по отношению к токсическим ионам тяжелых металлов, что дает возможность проводить оценку эффективности сорбирующего материала по конкретным металлам и сравнивать с иными известными препаратами-аналогами.

Полученные кривые (рис. 1, а) описываются уравнением Фрейндлиха в интервале концентраций $C_p=0.1-0.5$ мМ/л. При этом абсолютные величины сорбции ионов достаточно близки в широком интервале концентраций, достигая максимального уровня в пределах $0.2-0.4$ мМ/л. Из экспериментальных значений величин сорбции можно легко рассчитать K_d и проследить характер их изменения в широком концентрационном интервале. Более того, линеаризация полученных данных в логарифмическом масштабе путем их компьютерной обработки (уравнение регрессии первого порядка) позволяет экстраполировать зависимости для более широкого интервала равновесных концентраций. Это особенно важно для существенно более низких концентраций ионов в растворах, для которых получение прямых экспериментальных результатов сопряжено с большой ошибкой эксперимента.

Зависимости величин K_d для различных ионов в широком интервале их равновесных концентраций в растворе представлены на рис. 1, б. Из данных рисунка можно судить о том, что ряд селективности сорбции ионов тяжелых металлов

сорбентом Ультрасорб в интервале концентраций $10^{-2}-1$ мМ/л имеет вид: $Pb>Fe>Co \approx Cu>Ni>Cd>Zn$. Полученный ряд селективности является типичным для большинства окисленных углей [20]. Таким образом, глинистая компонента фактически не изменяет природу сорбции ионов модифицированным волокнистым углеродным материалом — компонентом комбинированного сорбента Ультрасорб. Выполненные нами специальные опыты по определению сорбируемости указанных ионов на индивидуальном глинистом компоненте — палыгорските-М — показали, что он практически не сорбирует ионы тяжелых металлов — величины K_d практически по всем многовалентным катионам не превышали 10. Это означает, что глинистая составляющая Ультрасорба является индифферентным материалом по отношению к модифицированному углеродному сорбенту и может лишь в 2—2.5 раза уменьшить абсолютные величины сорбции и коэффициенты распределения ионов на сорбенте по сравнению с индивидуальным углеродным сорбентом АУВ-М, так как масса последнего в комбинированном препарате составляет менее 50 %. Рассчитанные значения K_d для ионов, приведенные к стандартным условиям ($C_p=1$ мМ/л и C_p равно “физиологическому” содержанию в жидких средах организма), представлены диаграммой на рис. 2, а, б.

Приведенная диаграмма характеризует комбинированный сорбент Ультрасорб как достато-

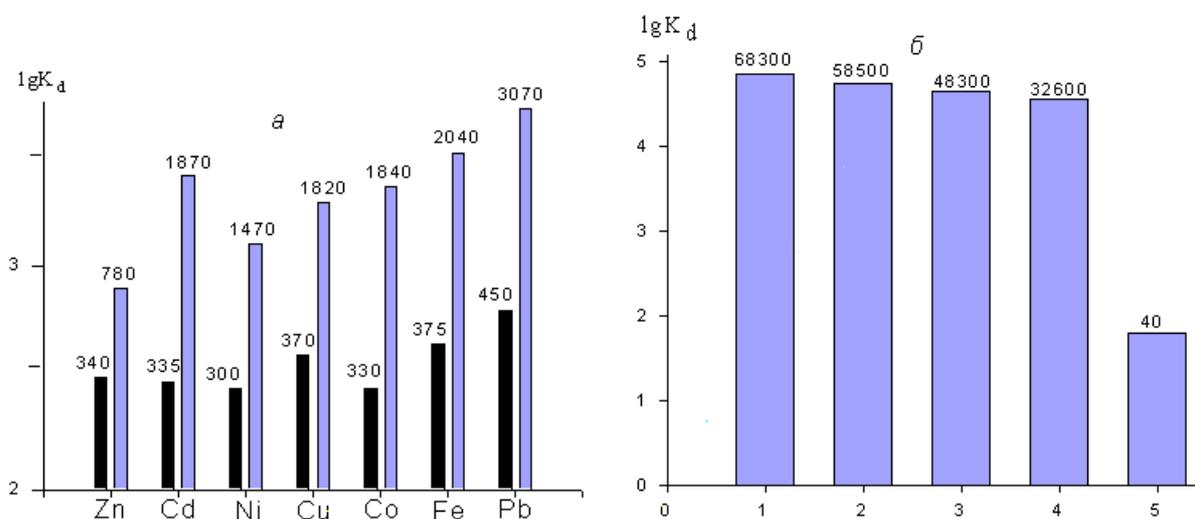


Рис. 2. Диаграммы значений коэффициентов распределения (K_d) при адсорбции ионов тяжелых металлов сорбентом Ультрасорб в стандартных условиях (а) (темные прямоугольники — $C_p=1$ мМ/л; светлые прямоугольники — C_p — физиологическая норма содержания иона в организме) и радиоактивного цезия (б) адсорбентами палыгорскит-М (1), АУВ-М (5) и композициями палыгорскит модифицированный—АУВ-М в соотношении 3:1 (2), 1:1 (3) и 1:3 (4).

чно высокоизбирательный материал по отношению к ионам тяжелых металлов, особенно к свинцу, железу, меди и кобальту. Фактически такой сорбционный материал способен достаточно эффективно снизить повышенные концентрации указанных металлов в организме.

Интересен вопрос и обратного влияния углеродной составляющей на сорбционные свойства минеральной компоненты в сорбенте Ультрасорб. Палыгорскит-М, как известно [21], достаточно высокоизбирательный сорбент по отношению к ионам цезия, поэтому его назначение в комбинированном сорбенте — селективно связывать радиоактивный цезий в жидких средах. Здесь мы наблюдаем обратную ситуацию, когда углеродный материал абсолютно не селективен к радиоактивному цезию ($K_d \approx 40$), тогда как для модифицированного палыгорскита K_d достигают значений более 60000. За счет снижения содержания палыгорскита в Ультрасорбе в различных комбинациях этого сорбента K_d по цезию снижается, но незначительно. Однако даже при соотношении глинистой и углеродной компоненты 1:3 K_d был на уровне 30000, что является вполне подходящим для использования Ультрасорба в качестве адсорбирующего радиоактивные изотопы цезия из биологических сред организма материала.

Проведенные медико-биологические исследования показали [22, 23], что адсорбирующий препарат Ультрасорб относится к 4 классу опасности [23]. Наш энтеросорбент был рекомендован для клинических испытаний, которые успешно прошел в трех независимых клиниках Украины [22]. На препарат Ультрасорб получен патент [5].

Вторым перспективным для коррекции биохимического статуса организма по показателям электролитного, белкового и липидного обменов оказался разработанный нами и именуемый далее как адсорбционный препарат Карбоксикам [11] на основе катионзамещенных форм окисленного угля (K, Mg, Cu, Se) и эламина. Наличие (по сравнению с Ультрасорбом) ионов меди и анионов SeO_3^{-2} , по нашему мнению, должно обеспечивать более выраженный возможный лечебный эффект. Эламин выбран в качестве компонента с известной высокой комплексообразующей способностью по отношению к ионам тяжелых металлов, а также к нормализации гормонального статуса.

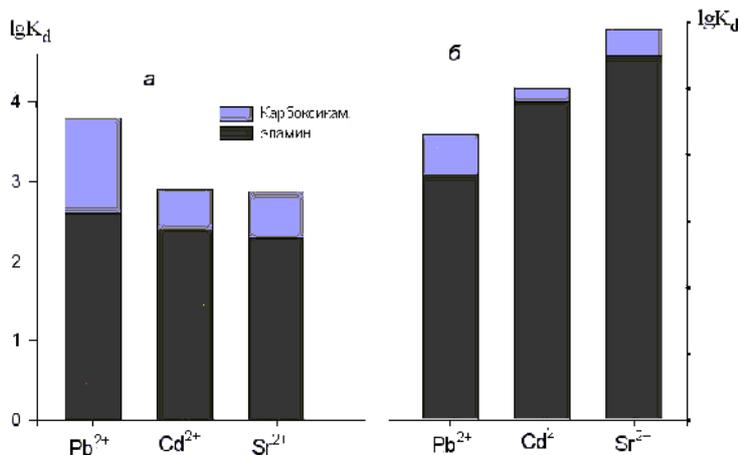


Рис. 3. Диаграммы значений коэффициентов распределения (K_d) при адсорбции ионов тяжелых металлов природным сорбентом эламин и сорбентом Карбоксикам: *a* — стандартный раствор ($C_p=1$ мМ/л), *б* — физиологическая норма содержания иона в организме.

Нами показано, что при совместном использовании указанных выше компонентов в одном адсорбционном препарате наблюдается наилучший сорбционный эффект [11]. На диаграмме (рис. 3) приведены данные, полученные по селективной сорбции ионов свинца, кадмия и стронция из многокомпонентного раствора Рингера–Локка. Показано, что лучший сорбционный эффект наблюдался при объединении свойств исходных составляющих в единый комбинированный сорбент.

Положительная роль Карбоксикама подтверждается снижением количества продуктов свободно-радикального перекисного окисления липидов и стимуляцией антиоксидантной защиты организма [11]. Профилактический прием Карбоксикама существенно улучшает показатели антиоксидантной системы крови и пероксидного окисления липидов в организме животных [11, 12], под его влиянием происходит очищение организма от разных радиотоксинов перексидной природы. Можно предположить, что такой сорбент будет перспективным также и при интенсивной терапии отравлений ионами тяжелых металлов.

Состав и способ получения сорбента Карбоксикам нами запатентованы в [11]. Также, как и препарат Ультрасорб, Карбоксикам, вероятно, может быть полезным в медицинской практике экстремальных ситуаций (медицине катастроф).

В последнее время рынок лечебных материалов, аппликационных и косметических средств вырос за счет использования для этих целей новых

дешевых минеральных ресурсов Черного и Азовского морей, илов и грязей озер и лиманов — биологически активных дисперсных минералов и других составляющих донных отложений. Биологически активный органический компонент вместе с минеральной частью действительно дает уникальный природный органо-минеральный комплекс с потенциально возможными лечебными свойствами.

С учетом опыта предыдущих лет [5, 11] нами впервые были разработаны методы получения [17], проведены исследования свойств новых композитов с оптимальным составом на основе модифицированного угля КАУ и биологически активных компонентов донных осадков Черного моря в качестве предполагаемых лечебных и бактерицидных форм [13] для их использования в медицине.

Донные отложения (лечебные грязи) относятся к полезным ископаемым. В процессе их образования участвуют разнообразные природные факторы, под влиянием которых формируется определенный тип пелоида; для всех имеются общие закономерности в их лечебном действии. Они ока-

зывают выраженное терапевтическое действие благодаря теплофизическим свойствам, особому органо-минеральному составу, содержанию биологически активных соединений, а также гормоно-, антибиотико- и витаминopodobных веществ. Лечебные грязи обладают бактерицидными и бактериостатическими свойствами [13, 24]. Во всех видах грязей, донных осадках находится огромное число микроорганизмов, принимающих участие в расщеплении органических веществ.

Углеродные же сорбенты издавна и успешно применяются в энтеросорбции при отравлениях солями тяжелых металлов, алкалоидами, при пищевых интоксикациях (поглощают яды, препятствуя их всасыванию), при метеоризме и т.п. и, что важно в нашем случае — в качестве эффективных лечебных повязок и бактерицидных аппликаторов [1].

Впервые нами синтезированы в лабораторных условиях композиционные сорбенты разного состава на основе пелоида (глубина залегания 2020 м) и специально модифицированного жизненно важными катионами металлов (К, Mg, Zn, Cu) угля

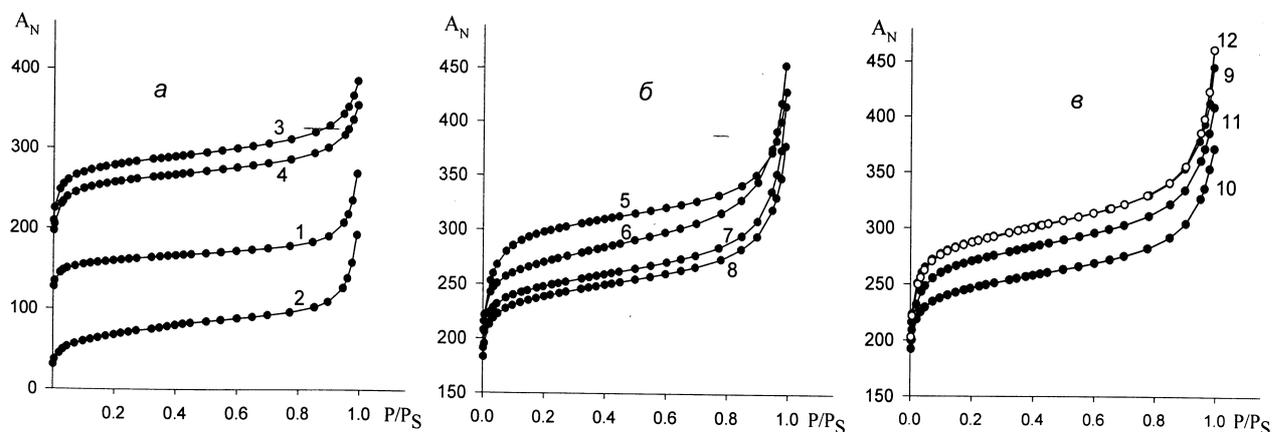


Рис. 4. Изотермы сорбции азота на образцах КС разного состава.

Т а б л и ц а 2

Структурно-сорбционные свойства композиционного сорбента Карбодон и его составляющих

Номер образца	Образец	V_s по C_6H_6 , $см^3/г$	$м^2/г$		$V_{ми}$, $см^3/г$	Радиус пор, $г$, нм
			$S_{уд}$	$S_{ми}$		
1	Донные осадки Черного моря, ДО (пелоид)	0.001	37	27	0.05	20; 50
2	Озерный ил	0.09	43	14	0.01	10; 20
3	КАУ	0.49	670	43	0.10	10; 25
4	КАУ-окисленный	0.35	560	58	0.18	10; 20
5	Карбодон	0.18	635	77	0.11	20; 70

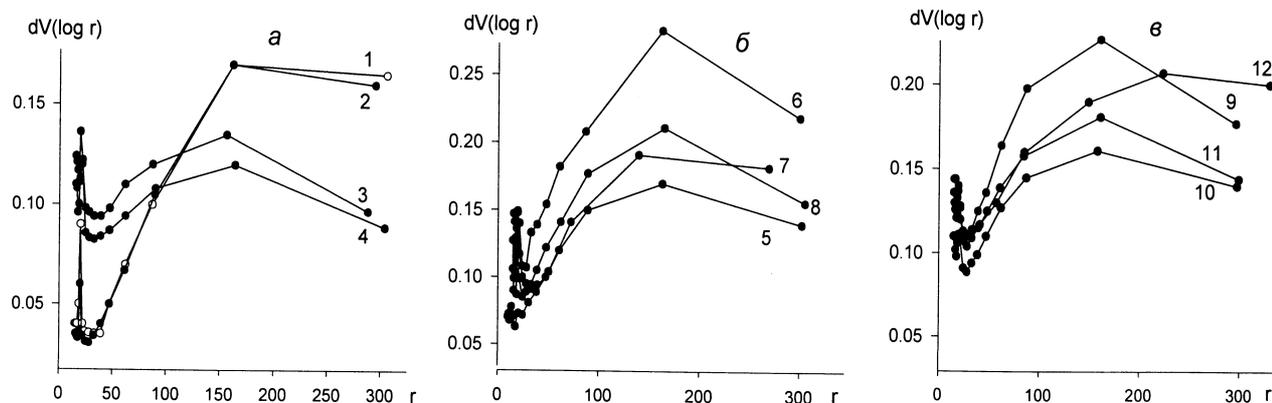


Рис. 5. Дифференциальное распределение пор ($dV(\log r)$) по радиусам (r) на образцах КС разного состава.

Т а б л и ц а 3

Сорбционные свойства композита Карбодон и его составляющих по отношению к веществам-маркерам и азоту

Номер образца	Образец	Адсорбция		
		МГ, мг/г	V_{12} , мг/г	N_2 , см ³ /г
1	ДО Черного моря (пелоид)	7	8	9
2	Озерный ил	268	10	37
3	КАУ	270	—	28
4	КАУ-О	650	55	365
5	Карбодон	420	40	378

П р и м е ч а н и е. ДО — донные осадки, МГ — метиленовый голубой, V_{12} — витамин V_{12} . КАУ-О — окисленный уголь КАУ.

КАУ из дробленной фруктовой косточки. Было получено около 14 образцов КС с соотношением уголь—пелоид 1:1, 1:1.5; 1:2, 2:1, 1:100, и 1:500. В отдельных случаях использовали активированный и окисленный в Н-форме уголь.

Были изучены их структурные характеристики (рис. 4, табл. 2), получены кривые распределения пор по радиусам (рис. 5), сорбционная способность по отношению к веществам-маркерам (табл. 3), ионам тяжелых металлов (рис. 6), органическим красителям разной молекулярной массы [16], рассчитаны коэффициенты распределения разных ионов (табл. 4).

Полученный ряд сорбируемости: $Cu > Co > Zn \approx Ni > Pb > Cd$ является типичным для большинства окисленных углей и практически совпадает с данными для полученного и изученного нами ранее Ультрасорба. Установлено, что глинистая ком-

понента фактически не изменяет природу сорбции изученных ионов. Сделано предположение о возможности снижения концентрации указанных ионов до физиологически допустимых норм в организме с помощью комбинированных материалов на основе донных осадков.

Синтезированные композиты, названные Карбодоном, являются микропористыми, с удельной поверхностью 20—670 м²/г. За счет наличия углеродной составляющей структурно-сорбционные характеристики Карбодона отличались в лучшую сторону от исходного пелоида [14].

Итак, на протяжении приблизительно 15-ти лет были разработаны и исследованы

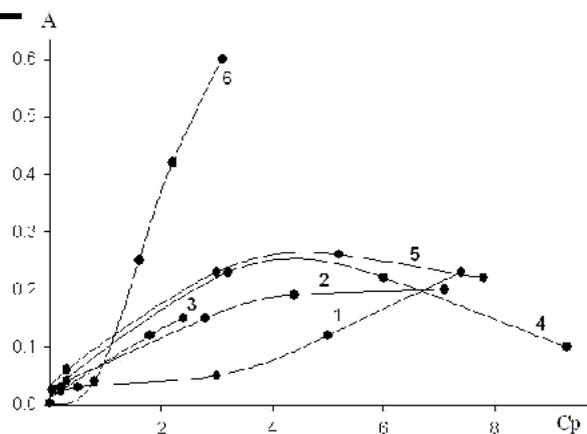


Рис. 6. Изотермы сорбции (А, мм/г) ионов тяжелых металлов на комбинированном сорбенте КС: 1 — Cd; 2 — Ni; 3 — Pb; 4 — Zn; 5 — Co; 6 — Cu. Навеска сорбента — $m=0.25$ г; объем сорбируемого раствора $V=25$ мл; C_p — равновесная концентрация, мм/л; $T=20$ °С.

Т а б л и ц а 4

Сорбционная активность (K_d) к ионам различных тяжелых металлов на фоне солевого раствора Рингера адсорбционного препарата Карбодон, его составляющих и (для сравнения) сорбентов Ультрасорб и Карбоксикам

Номер образца	Композиции или их составляющие	K_d , мл/г					
		Cd	Co	Zn	Ni	Cu	Pb
1	Ультрасорб	325	11700	1650	3250	17000	31500
2	Карбоксикам	520	—	—	—	—	46000
3	КАУ-О	170	10000	2400	4100	12100	34800
4	модифицированный Донные осадки	452	—	—	—	—	51000
5	Карбодон	593	14000	6000	6000	32450	58500

три углеродно-минеральные комбинированные сорбенты, проведены их необходимые медицинские исследования [22] (Ультрасорб), оформляется соответствующая нормативная документация на Карбоксикам и Карбодон с перспективой его выпуска в дальнейшем для лечебных целей.

Таким образом, разработаны теоретические основы, дано научное обоснование созданию и получены новые эффективные композиционные сорбенты (КС), которые состоят из специальным образом модифицированных промышленных волокнистых углеродных материалов типа АУВ-М с комплексообразующей функцией и глинистого минерала палыгорскита, обладающего свойствами избирательного неорганического катионита (Ультрасорб), катионзамещенной формы окисленного угля КАУ и эламина (Карбоксикам), модифицированного микроэлементами (К, Mg, Zn, Cu) угля КАУ из природной дробленой фруктовой косточки и биологически активных компонентов донных осадков Черного моря (Карбодон). В лабораторных условиях отработаны основные элементы технологий синтеза комбинированных энтеросорбентов (с различным соотношением составляющих), в которых успешно сочетаются свойства двух и более компонентов, взаимно дополняющих друг друга. Изучены структурно-сорбционные свойства исходных компонентов и полученных на их основе КС. Определены их удельная поверхность ($S_{уд}$), общий объем сорбционных пор по бензолу (V_s), найдены изотермы сорбции веществ-маркеров и азота при 77 К; на их основе рассчитаны величины объемов микропор ($V_{ми}$) исследуемых сорбентов, их поверхности ($S_{ми}$). Найдено улучшение показателей пористой структуры разработанных КС по сравнению с их исходными

материалами. Установлено, что синтезированные таблетированные формы энтеросорбента Ультрасорб эффективно поглощают радиоизотопы цезия из модельных растворов, имитирующих биологические среды организма, обладают биологической активностью (Ультрасорб, Карбодон) и антиоксидантными свойствами (Карбоксикам).

Получен ряд сорбируемости ионов тяжелых металлов (Cd^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+}) на синтезированных КС. Установлено, что глинистая компонента фактически не изменяет природу сорбции изученных ионов, характерную для обычных окисленных углеродных сорбентов. Сделано предположение о возможности снижения концентрации указанных ионов до физиологических норм в организме с помощью комбинированных материалов на углеродной и неорганической основе.

Получены количественные характеристики (коэффициенты распределения по каждому из ионов, K_d), демонстрирующие избирательность сорбции композиционными сорбентами ионов тяжелых металлов и радиоцезия. Эти данные необходимы для объективной оценки свойств исследуемых сорбентов, являющихся лекарственной субстанцией, при сравнении с известными аналогами, а также для обоснования правильной дозировки их приема в дальнейшем как лекарственного средства. Сделаны предположения о возможном применении синтезированных комбинированных сорбентов в лечебной практике как адсорбирующих препаратов и аппликационных средств.

РЕЗЮМЕ. Наведено короткий огляд даних по синтезу і дослідженню отриманих комбінованих сорбентів (КС) різної природи. Вивчено структурні характеристики, сорбційну здатність до речовин-маркерів, йонів ва-

жких металів (Cd, Co, Cu, Zn, Fe, Ni, Pb) і радіонуклідів (РН) композитів на основі спеціально модифікованої волокнистої вуглецевої складової (АУВ-М) і палигорскіту (Ультрасорб); модифікованого вугілля із подрібленої фруктової кісточки КАВ_м і еламіну (Карбоксикам), а також КАВ_м і біокомплексів природного походження (умовна назва Карбодон). Вони мають високу селективність сорбції по ¹³⁷Cs (коефіцієнт розподілу $K_d \sim 30000$), високу поглинальну здатність по ⁹⁰Sr ($K_d \sim 600$ Ультрасорб), збільшують приблизно на 20 % природну елімінацію інкорпорованих РН (Ультрасорб), володіють антиоксидантними властивостями (Карбоксикам) і біологічною активністю (Ультрасорб, Карбодон), ефективно сорбують йони важких металів, насамперед свинцю, кадмію, заліза й міді.

SUMMARY. The brief review of data on synthesis and research of the received combined sorbents (КС) the various nature is yielded. Structural characteristics, sorption ability to substances-markers, ions of heavy metals (Cd, Co, Cu, Zn, Fe, Ni, Pb) and to radionuclides (РН) composites on the basis of expressly modified fibrous carbon component (АСМ) and paligorskite (Ultrisorb); the modified coal from fruit stoun САС_м and elamine (Карбоксикам), and also САС_м and biocomplexes of a natural origin (conditional name Karbodon) were studied. They display high selectivity of sorption on ¹³⁷Cs (factor of distribution $K_d \sim 30000$), high saturation capacity on ⁹⁰Sr ($K_d \sim 600$, Ultrisorb), increase by 20 % natural elimination of incorporated РН (Ultrisorb), possess untioxidation properties (Карбоксикам) and biological activity (Ultrisorb, Karbodon), its have effectively sorbtion of heavy metals ions, first of all lead, cadmium, iron and copper.

1. *Энтеросорбция* / Под ред. Н.А. Белякова. -Л.: ЦСТ, 1991.
2. Беляков Н.А., Леванова В.П., Шабанова Л.Ф. // Физиол. журн. -1989. -**34**, № 3. -С. 83—88.
3. Купчик Л.А., Картель М.Т. // Зб. наук. практ. семінару "Планета без стійких органічних забруднювачів (СОЗ)". -Киев, 2005. -С. 79—82.
4. Ставицкая С.С., Викарчук В.М., Цыба Н.Н. и др. // Экотехнологии и ресурсосбережение. -2006. № 6. -С. 58—63.
5. Пат. №20718, Украина. А 1997 В 01J20/04. -Опубл. 2001; Бюл. изобрет. № 5.
6. Герасименко Н.В., Ставицкая С.С., Петренко Т.П. и др. // Эфферентная терапия. -1999. -**5**, № 4. -С. 66—71.

7. Картель Н.Т., Ставицкая С.С., Викарчук В.М. и др. // Теорет. и эксперим. химия. -2000. -**35**, № 1. -С. 53—57.
8. Stavitskaya S.S., Kartel N.T., Strelko V.V., Petrenko T.P. // Proc. of the intern. sem. "Sorptions methods and technologicis in settlment of ecological and endoeological problems of the chernobyl accident". -Endoeology-2000, 14—17 July. -Ukr., Kiev, 2000. -P. 61—63.
9. Ставицкая С.С., Картель Н.Т., Стрелко В.В. и др. // Эфферентная терапия. -2001. -**7**, № 1. -С. 60—63.
10. Ставицкая С.С., Стрелко В.В., Картель Н.Т. и др. // Тез. докл. IX международ. конф. по теоретическим вопросам адсорбции и адсорбционной хроматографии "Соврем. состояние и перспективы развития теории адсорбции", 23—27 апреля, Москва—Клязьма, 2001. -С. 136—140.
11. Пат. № 80423, Украина. -Опубл. 2007; Бюл. № 15.
12. Kartel M., Strelko V, Stavitskaya S. et al. // In Combined and Hybrid Adsorbents / Eds. J.M. Loureiro, M.T. Kartel. -Kiev, 2006. -P. 165—179.
13. Ставицкая С.С., Стрелко В.В., Викарчук В.М. и др. // Экотехнологии и ресурсосбережение. -2008. -№ 1. -С. 21—27.
14. Ставицкая С.С., Картель Н.Т., Цыба Н.Н. и др. // Журн. прикл. химии. -2007. -**80**, № 3. -С. 381—387.
15. Ставицкая С.С., Картель Н.Т., Цыба Н.Н. и др. // Экотехнологии и ресурсосбережение. -2007. № 5. -С. 65—71.
16. Ставицкая С.С., Викарчук В.М., Цыба Н.Н. и др. // Журн. прикл. химии. -2007. -**80**, № 1. -С. 49—53.
17. Пат. № 84246, Украина, В 01J20/04. -Опубл. 2008; Бюл. №8.
18. Ставицкая С.С., Викарчук В.М., Петренко Т.П. и др. Тез. докл. XII Всерос. симп. "Актуальные проблемы теории адсорбции, пористости и адсорбционной селективности и хроматографии", 16—20 апреля, Москва—Клязьма, 2007.
19. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. -Л.: Химия, 1984.
20. Тарковская И.А. Окисленный уголь. -Киев: Наук. думка, 1981.
21. Стрелко В.В., Сороченко Г.К., Ильязов Р.Г. // Тез. докл. научно-практ. конф. "Сорбционные средства и методы экологической защиты человека и животных". -Гомель, 1999. -С. 14—15.
22. Ставицкая С.С., Стрелко В.В., Картель Н.Т. и др. // Эфферентная терапия. -2005, № 2. -С. 27—35.
23. Ставицкая С.С., Петренко Т.П., Герасименко Н.В. и др. // Укр. биохим. журн. -1996. -**68**, № 4. -С. 95—100.
24. Верба О.Ю., Потапова О.В., Курнявкин В.Н. и др. // Бюлл. СО РАН. -2005. -**116**, № 2. -С. 134—138.