

УДК 541.183:622.333

С.Л. Хилько /к.х.н./, М.И. Рогатко, Р.А. Макарова /к.х.н./, Р.Г. Семенова /к.х.н./

Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко (Донецк)

О.И. Невечеря

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» (Донецк)

АНТИРАДИКАЛЬНЫЕ И ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ РАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Определена антирадикальная активность фракций гуминовых и гиматомелановых кислот из разных образцов бурого угля Александрийского месторождения и из торфа Черкасского месторождения. Антирадикальную активность препаратов исследовали в реакции их взаимодействия со стабильным хромоген-радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом (ДФПГ) в диметилсульфоксиде и этаноле спектрофотометрическим методом. Показано, что в разных растворителях антирадикальная активность фракций гуминовых веществ коррелирует с количеством гидроксильных групп в структуре их макромолекул.

Ключевые слова: гуминовые кислоты, гиматомелановые кислоты, антирадикальная активность, кислотно-основная реакция среды, 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил, УФ-спектроскопия, потенциометрия.

Постановка проблемы

Гуминовые вещества (ГВ) относятся к биокосным телам, которые находятся на грани живой и неживой материи и создают благоприятные условия для развития жизни на Земле [1]. Они представляют собой обширный класс природных полиоксикарбоновых кислот, способных участвовать в окислительно-восстановительных, сорбционных процессах и проявляющих поверхностную и биологическую активность. Высокая реакционная способность гуминовых веществ обусловлена наличием в составе их макромолекул большого количества функциональных групп, прежде всего карбоксильных (COOH) и гидроксильных (OH).

Гуминовые вещества являются одной из наиболее химически активных частей бурого угля, торфа, почвенного гумуса, сланцев и донных отложений (сапропелей), что делает их уникальными объектами для решения химических задач различного плана. Препараты гуминовых веществ, как нативных, так и модифицированных, перспективны для применения в сельском хозяйстве, ветеринарии, медицине и технических направлениях. В этой связи получение препаратов с заданными свойствами на основе гуминовых веществ является актуальной задачей.

Анализ последних исследований и публикаций

Гуминовые вещества являются наиболее устойчивой формой органических соединений углерода вне живых организмов [2,3]. В отличие

от процессов биосинтеза в живом организме образование гуминовых веществ не направляется генетическим кодом, а идет по принципу естественного отбора. Процесс трансформации органических остатков – одно из величайших изобретений природы. Если бы его не было, и процесс разложения биологических остатков приводил бы к полной минерализации их до оксидов (CO₂ и H₂O), то тогда не было бы основы для существования жизни на Земле [2,3]. В природе небольшая часть органических остатков минерализуется до CO₂ и H₂O, а большая часть биологических остатков трансформируется в гуминовые вещества. При этом образуются устойчивые к биоразложению структуры, поскольку в природе нет ферментов, с помощью которых было бы возможно полное разложение биоматериала до углекислого газа и воды.

Наиболее реакционноспособными компонентами гуминовых веществ являются гуминовые (ГК) и гиматомелановые (ГМК) кислоты, которые в зависимости от природных источников отличаются элементарным составом. Гиматомелановые кислоты – это спирторастворимые фракции гуминовых кислот. ГК и ГМК являются природными соединениями, которые представляют собой сложные органические структуры с конденсированными ароматическими ядрами, имеющими боковые цепи различной степени разветвления, в состав которых входят различные гидрофильные функциональные группы: карбоксильные, гидроксильные, хиноидные, аминогруппы [4...6]. Наличие этих функцио-

нальных групп в структуре макромолекул обуславливает биологическую активность гуминовых веществ и предполагает их способность к антиоксидантному и антирадикальному действию [7,8].

Известно, что гуминовые кислоты из торфа и бурого угля обладают выраженной биологической активностью (гепатопротекторные, антигипоксические, антиоксидантные и др. свойства) [9...13]. Гиматомелановые кислоты как один из важных компонентов гуминовых веществ также проявляют биологическую активность и могут найти применение в медицинской практике как противовоспалительные и иммунокорректирующие средства [14].

Большое внимание для медицинских целей уделяется поиску природных источников биологически активных веществ с антиоксидантными и антирадикальными свойствами и разработке на их основе новых биодоступных лекарственных препаратов. Известно, что антиоксидантная и антирадикальная активности являются фармакологическими тестами для биологически активных веществ. Для технических целей важным является разработка эффективных антиоксидантов (например, для технических масел и смазок) и ингибиторов коррозии металлов из доступного и дешевого сырья.

Цель (задачи) исследования

Целью настоящей работы является исследование антирадикальных и потенциометрических характеристик гуминовых и гиматомелановых кислот из разных природных источников (бурый уголь, торф) и определение влияния количества гидроксильных групп в структуре их макромолекулы на антирадикальные характеристики.

Основной материал исследования

Гуминовые кислоты получали из аналитических проб бурого угля Александрийского месторождения однократной экстракцией 0,1 н раствором NaOH при соотношении твердой и жидкой фаз 1:8 и при двух температурах – 20 и 100 °С. Затем из «сырого» экстракта получали не растворимые в воде гуминовые кислоты осаждением 5 %-ным раствором HCl, который добавляли при постоянном перемешивании до pH 1...2. Выпавший осадок ГК отделяли от надосадочной жидкости центрифугированием. Осадок промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции среды (pH 6...7). Промытые гуминовые кислоты сушили при $t=80$ °С до постоянной массы. Растворы гуматов натрия (ГН) для исследования получали растворением промытых и сухих гуминовых кислот в 0,1 н растворе NaOH.

Гиматомелановые кислоты получали из гуминовых кислот однократной экстракцией этиловым спиртом при соотношении твердой и жидкой фаз 1:10, температуре 20 °С и температуре кипения спирта 80 °С. Экстракцию проводили при перемешивании смеси компонентов в интенсивном турбулентном режиме с использованием механической мешалки при $\omega=900$ об/мин в течение 2-х часов. Отделяли спирт упариванием, а остаток сушили в сушильном шкафу до постоянной массы. Затем весовым методом из сухих гиматомелановых кислот готовили растворы необходимых концентраций при растворении их в этиловом спирте или в 0,1 н растворе NaOH.

Для изучения антирадикальных и потенциометрических характеристик гуминовых веществ в работе использованы следующие образцы:

– смесь бурых углей из разных разрезов Александрийского месторождения. Температура экстракции 100 °С (образец 1);

– смесь бурых углей из разных разрезов Александрийского месторождения. Температура экстракции 20 °С (образец 2);

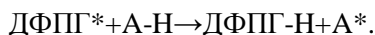
– смесь углей из разных разрезов Александрийского месторождения, технологически подготовленная к пылевидному сжиганию. Уголь высушен в атмосфере отходящих дымовых газов и измельчен в шаровой мельнице («сушонка») (образец 3);

– бурый уголь Морозовского разреза (Александрийское месторождение) (образец 4);

– торф Черкасского месторождения (образец 5).

При потенциометрическом кислотно-основном титровании отбирали аликвоту 1%-ного раствора гумата натрия объемом 0,25 мл и дистиллированной водой доводили объем до 50 мл. Концентрация гумата натрия в титруемом растворе составляла 0,05 %. Раствор 1 %-ного гумата натрия получали растворением навески сухих гуминовых кислот в 0,1 н растворе NaOH. Титрование раствора гуматов натрия осуществляли 0,1 н раствором HCl. После добавления каждой порции титранта (по 0,1 мл) систему перемешивали на магнитной мешалке в течение 2 мин. Точки эквивалентности определяли дифференциальным методом как максимумы на дифференциальных кривых: $\Delta pH/\Delta V=f(V_{HCl})$ [15].

Для количественной оценки антирадикальной активности (АРА) был применен один из наиболее популярных методов, основанный на реакции стабильного свободного радикала ДФПГ (2,2'-дифенил-1-пикрилгидразил), растворенного в этаноле или диметилсульфоксиде, с образцом антиоксиданта (АО=A-H) по схеме [16]:



За ходом реакции следили по изменению величины оптической плотности растворов методом спектрофотометрии. В результате восстановления ДФПГ антиоксидантом снижается интенсивно-фиолетовая окраска раствора ДФПГ в этаноле при $\lambda=517$ нм в видимой области спектра. При этом радикал ДФПГ, взаимодействуя с молекулой антиоксиданта, переходит в нерадикальную форму. Использовали растворы в этиловом спирте и диметилсульфоксиде.

Исследования были проведены на спектрофотометре Specord UV VIS при $t=20$ °С. Готовили растворы ($C=1,0 \times 10^{-4}$ М) ДФПГ фирмы Aldrich ($\omega=97$ %) и серию растворов субстратов разной концентрации. Для изучения кинетики реакции в кювете толщиной 1 см смешивали 2,0 мл раствора ДФПГ и 0,5 мл каждого из растворов полученной серии субстратов; сразу же после смешивания регистрировали значения оптической плотности (А).

Характерные интегральные и дифференциальные кривые потенциометрического титрования растворов солей гуминовой кислоты, выделенной из бурого угля водным раствором щелочи при температуре кипения (100 °С) (образец 1), и гиматомелановых кислот, экстрагированных из этого образца гуминовых кислот этиловым спиртом при комнатной температуре (20 °С) и температуре кипения этанола (80 °С), приведены на рис. 1. Рассчитанные из данных потенциомет-

рического титрования количества активных СООН- и ОН-групп в структуре макромолекул ГК и ГМК приведены в табл. 1.

Как следует из данных, приведенных в таблице, гиматомелановые кислоты содержат большее количество гидроксильных групп, чем гуминовые кислоты, тогда как последние более обогащены карбоксильными группами. Эти результаты подтверждают представления о том, что гиматомелановые кислоты являются наиболее восстановленной фракцией гуминовых кислот [17].

На рис. 2 приведены характерные кинетические кривые расходования ДФПГ при взаимодействии с фракцией гуминовых кислот в растворах ДМСО, а на рис. 3 – зависимости остаточного содержания ДФПГ (% ДФПГ) через 5 минут реакции ГК с ДФПГ от концентрации субстрата для фракции ГК, выделенной при 100 °С (образец 1). Линейный характер зависимостей $A/A_0=f(C_{ГВ})$ позволяет определять величины EC_{50} (effective concentration) концентраций субстратов, которые необходимы для уменьшения концентрации ДФПГ на 50 %.

На рис. 4 приведены кинетические кривые расходования ДФПГ в реакции с гуминовой кислотой, полученной экстракцией при 100 °С из бурого угля Морозовского разреза, в растворе ДМСО (образец 4), а на рис. 5 – характерные кинетические кривые расходования ДФПГ в реакции с гиматомелановой кислотой, извлеченной этанолом при 20 °С из гуминовой кислоты бурого угля (образец 2), в растворе C_2H_5OH .

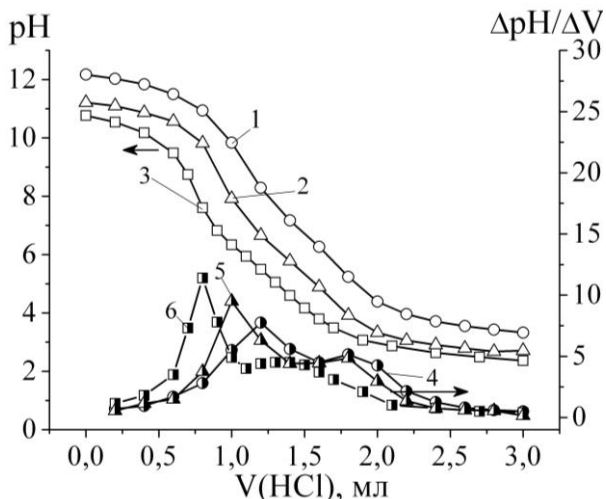


Рис. 1. Кривые потенциометрического титрования 0,05%-ных растворов солей гуминовой кислоты и гиматомелановых кислот, экстрагированных из этого образца ГК при двух температурах:
1, 2, 3 – интегральные кривые;
4, 5, 6 – дифференциальные кривые.
Температура экстракции ГК 100 °С; температура экстракции ГМК из ГК, °С: 2, 5 – 20; 3, 6 – 80

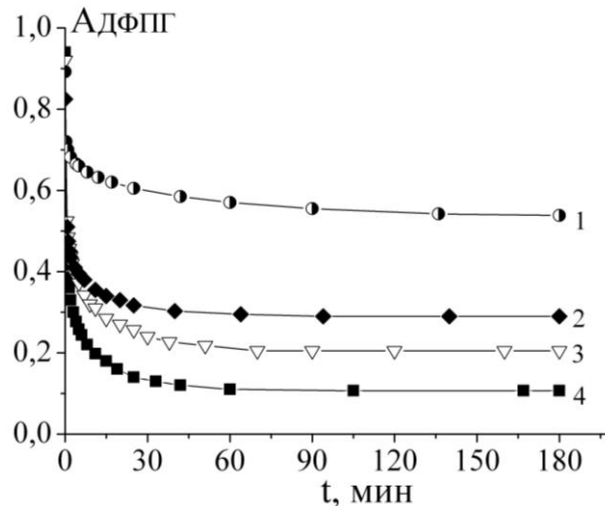


Рис. 2. Кинетические кривые расходования ДФПГ в реакции с гуминовой кислотой, полученной из образца бурого угля 1, экстракцией при 100 °С, в растворе ДМСО, $C_{ГК}$, г/л:
1 – 0,0313; 2 – 0,0940; 3 – 0,1254; 4 – 0,1567

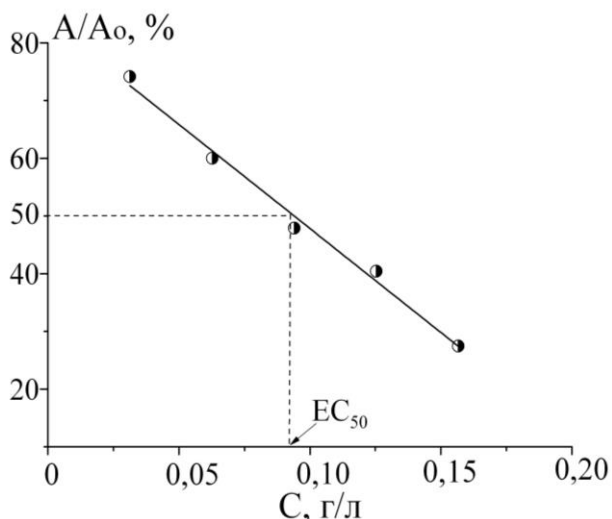


Рис. 3. Зависимость остаточного содержания ДФПГ от концентрации ГК, полученной экстракцией при 100 °С из бурого угля образца 1, в растворах ДМСО, $t=5$ мин

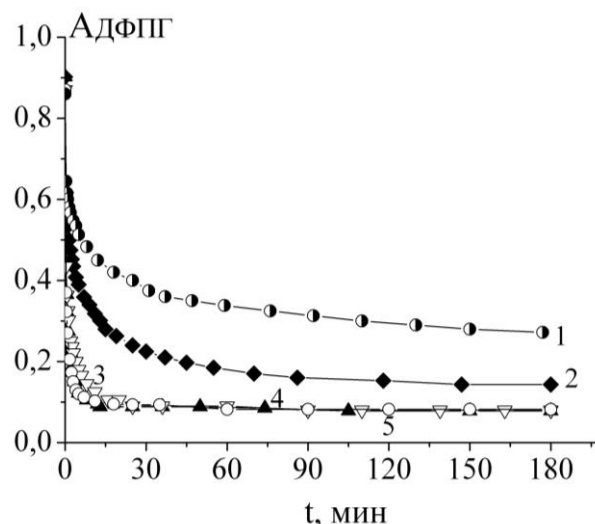


Рис. 4. Кинетические кривые расходования ДФПГ в реакции с гуминовой кислотой, полученной экстракцией при 100 °С из бурого угля Морозовского разреза, в растворе ДМСО, $C_{ГК}$, г/л:
1 – 0,0314; 2 – 0,0628; 3 – 0,0942; 4 – 0,1256; 5 – 0,1428

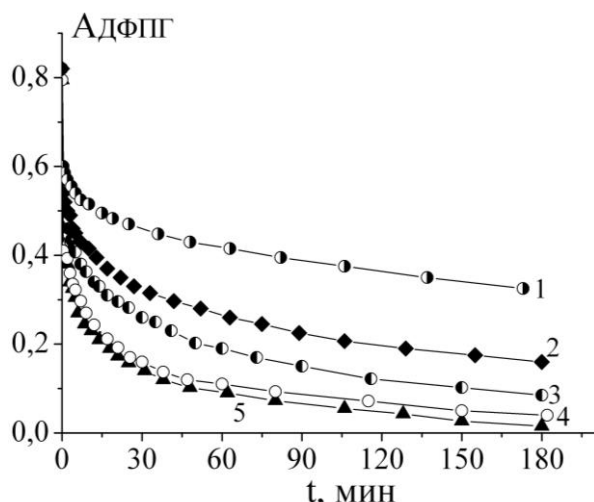


Рис. 5. Кинетические кривые расходования ДФПГ в реакции с ГМК, извлеченной этанолом при 20 °С из гуминовой кислоты, полученной при 20 °С из бурого угля образца 2, в растворе C_2H_5OH , $C_{ГМК}$, г/л:
1 – 0,0314; 2 – 0,0627; 3 – 0,0941; 4 – 0,1254; 5 – 0,1568

Как следует из рис. 1...5, концентрация ДФПГ существенно снижается в зависимости от времени процесса и роста концентрации ГК и ГМК в системе. Рассчитанные значения величины EC_{50} как характеристики антирадикальной активности фракций гуминовых и гиматомелановых кислот, полученных из разных образцов бурого угля и торфа, приведены в таблице. Чем меньше значение параметра EC_{50} , тем большей антирадикальной активностью обладает вещество.

При последовательных экстракциях ГК, сначала при 20 °С, а из остатка – при 100 °С, гуминовые кислоты содержат больше ОН-групп и меньше СООН-групп. В этом случае сначала при 20 °С экстрагируются «кислые» фракции с большим содержанием СООН-групп, а затем из остатка при температуре кипения уже выделяются менее «кислые» фракции с преимущественным содержанием ОН-групп. Как уже отмечалось в литературе, в зависимости от источника происхождения (бурый уголь, торф, сапропель, почва) гуминовые кислоты различаются по составу. Но диапазон вариаций атомных соотношений основных составляющих элементов (С, Н, О, N) в пределах одного источника происхождения не столь уж широк [2,3,18]. Задачей исследований гуминовых соединений является выявление общих физико-химических свойств, характерных для этих соединений. Для гуминовых веществ из разных природных источников количественные характеристики варьируются в некотором диапазоне, но общие физико-химические свойства их при этом сохраняются.

Таким образом, полученные результаты согласуются с имеющимися в литературе сведениями о том, что в целом диапазон вариаций функционального состава гуминовых и гиматомелановых кислот из разных источников не слишком широк. Для бурого угля Александрийского месторождения и торфа Черкасского месторождения количество карбоксильных групп находится в пределах 2,4...3,2 мг-экв/г, а для гидроксильных групп – 2,4...3,6 мг-экв/г.

Табл. 1. Характеристики антирадикальной активности в разных растворителях и содержание активных функциональных групп в образцах гуминовых и гиматомелановых кислот из бурого угля и торфа

Образец ГК	Температура экстракции, °С	EC ₅₀ , г/л	Уравнение A/A ₀ =f(C _{ГВ})	R	[ОН], мг-экв/г	[COOH], мг-экв/г
Гуминовые кислоты в ДМСО						
Образец 1	100	0,095	y=-366,2x+84,8	0,99	2,4	2,8
	Остаток после экстракции ГМК при 20	0,108	y=-406,0x+93,9	0,99	2,6	2,6
	Остаток после экстракции ГМК при 80	0,109	y=-423,7x+96,4	0,97	3,2	2,4
Образец 2	20	0,105	y=-290,8x+80,4	0,99	2,0	2,4
	100 после экстракции ГК при 20	0,094	y=-424,8x+89,9	0,98	3,2	3,2
Образец 3	100	0,126	y=-237,2x+79,8	0,95	3,0	3,4
	20	0,130	y=-335,6x+93,7	0,97	2,8	3,2
	100 после экстракции ГК при 20	0,060	y=-411,1x+74,5	0,98	3,4	2,8
Образец 4	100	0,046	y=-435,2x+69,9	0,97	3,4	3,0
	20	0,036	y=-435,2x+65,6	0,99	3,6	2,8
	100 после экстракции ГК при 20	0,038	y=-558,0x+71,3	0,96	3,6	2,8
Образец 5	100	0,112	y=-384,7x+93,0	0,96	2,6	2,4
Гиматомелановые кислоты в этаноле						
Образец 1	Экстракция ГМК при 80	0,089	y=-378,0x+83,6	0,99	3,2	2,4
	Экстракция ГМК при 20	0,082	y=-392,5x+82,1	0,97	3,2	3,2
	Экстракция ГМК при 80 после экстракции ГМК при 20	0,145	y=-262,3x+87,9	0,98	2,4	2,4
Образец 2	Экстракция ГМК при 80	0,112	y=-219,5x+74,6	0,98	3,0	2,8
Образец 3	Экстракция ГМК при 80	0,272	y=-103,8x+78,2	0,98	2,2	3,6
Образец 4	Экстракция ГМК при 80	0,059	y=-281,2x+66,6	0,98	3,6	3,2
Образец 5	Экстракция ГМК при 20	0,093	y=-221,1x+70,6	0,98	3,2	2,8

Наблюдается следующая тенденция: в разных растворителях антирадикальная активность фракций гуминовых и гиматомелановых кислот коррелирует с количеством гидроксильных групп в структуре их макромолекул. Максимальная антирадикальная активность выявлена для фракций гуминовых кислот, выделенных из бурого угля Морозовского разреза (образец 4), не подвергавшегося никаким технологическим воздействиям

Выводы

Методом потенциометрического титрования исследованы кислотно-основные свойства гуминовых и гиматомелановых кислот из мягкого, землистого бурого угля Александрийского месторождения и из торфа Черкасского месторождения. Показано, что диапазон вариаций функционального состава гуминовых и гиматомелановых кислот из разных источников не широк. Для карбоксильных групп диапазон варьирова-

ния находится в пределах 2,4...3,6 мг-экв/г, для гидроксильных групп – 2,0...3,6 мг-экв/г.

Определена антирадикальная активность фракций гуминовых и гиматомелановых кислот из разных образцов бурого угля Александрийского месторождения и из торфа Черкасского месторождения в диметилсульфоксиде и этаноле спектрофотометрическим методом. Показано, что в разных растворителях антирадикальная активность фракций гуминовых веществ коррелирует с количеством гидроксильных групп в структуре их макромолекул. Максимальная антирадикальная активность выявлена для фракций гуминовых кислот Морозовского разреза.

Список литературы

1. Вернадский, В.И. Биогеохимические очерки 1922 – 1932. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 250 с.
2. Орлов, Д.С. Гуминовые вещества в биосфере / Соросовский образовательный журнал. –

1997. – № 2. – С. 56-63.
3. Орлов, Д.С. Органическое вещество почв России / Почвоведение. – 1998. – №9. – С. 1049-1057.
 4. Wershaw, R.L. Application of a membrane model to the sorptive interactions of humic substances / Environ. Health Perspect. – 1989. – Vol.83. – P. 191-203.
 5. Pena-Mendes, E.M. Humic substances – compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine / E.M. Pena-Mendes, J. Havel, J. Patoska // J. Appl. Biomed. – 2005. – No.3. – P. 13-24.
 6. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots / L.P. Canellas [et al.] // Plant Physiol. – 2002. – Vol.130. – P. 1951-1957.
 7. Physicochemical characterization and antioxidant activity of humic acids isolated from peat of various origins / M.V. Zykhova, I.A. Schepetkin, M.V. Belousov // Molecules. – 2018. – No.4. – Vol.23. – P. 1-15.
 8. Long-term kinetics study and quantitative characterization of the antioxidant capacities of humic and humic-like substances / O.I. Klein [et al.] // Journal of Soils and Sediments. – 2018. – No.4. – Vol.18. – P. 1355-1364.
 9. Гостищева, М.В. Химико-фармакологическое исследование нативных гуминовых кислот торфов Томской области: автореф. дис. ... канд. фарм. наук: 15.00.02; 14.00.25 / Мария Владимировна Гостищева; Сибир. гос. ун-т. – Пермь, 2008. – 22 с.
 10. Федько, И.В. К вопросу об использовании биологически активных гуминовых веществ в медицине / И.В. Федько, М.В. Гостищева, Р.Р. Исмадова // Химия растительного сырья. – 2005. – №1. – С. 49-52.
 11. Беркович, А.М. Применение гуминовых и гуминоподобных препаратов в ветеринарии и медицине / [Электронный ресурс]. – 2007. – 29 с. – Режим доступа: <http://www.humi-pharm.ru/research/prim.pdf>
 12. Полуянова, И.Е. Биологическая активность гуминовых веществ, получаемых из торфа, и возможности их использования в лечебной практике / Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. – 2017. – №4. – С. 114-122.
 13. Китапова, Р.Р. Биологическая активность гуминовых веществ, получаемых из торфа и сапропеля / Р.Р. Китапова, А.У. Зиганшин // Казанский медицинский журнал. – 2015. – №1. – С. 84-89.
 14. Глебова, Г.И. Гиматомелановые кислоты почв и их место в системе гумусовых кислот: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03 / Галина Ивановна Глебова; МГУ. – М.: МГУ, 1980. – 21 с.
 15. Скут, Д. Основы аналитической химии / Д. Скут, Д. Уэст. – Т.1. – М.: Мир, 1979. – 453 с.
 16. Molyneux, P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity / Songklanakarin J. Sci. Technol. – 2004. – Vol.26(2). – P. 211-219.
 17. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв. – М.: МГУ, 1974. – 177 с.
 18. Кухаренко, Т.А. Окисленные в пластах бурые и каменные угли. – М.: Недра, 1972. – 215 с.

S.L. Khil'ko /Cand. Sci. (Chem.), M.I. Rogatko, R.A.Makarova /Cand. Sci. (Chem.), R.G. Semyonova /Cand. Sci. (Chem.)/
L.M. Litvinenko Institute of Physic and Organic Chemistry and Coal Chemistry (Donetsk)
O.I. Nevecherya
Donetsk National University (Donetsk)

ANTIRADICAL AND POTENTIOMETRIC CHARACTERISTICS OF HUMIC SUBSTANCES FROM DIFFERENT NATURAL SOURCES

Background. Humic substances (HS) are the most chemically active parts of brown coal, peat, soil humus, shale, and bottom sediments (sapropels), which make them unique objects for solving various chemical problems. The presence of hydroxyl groups in the structure of macromolecules causes the biological activity of humic substances and suggests their ability to antioxidant and antiradical action. Preparations of humic substances, both native and modified, are promising for use in agriculture, veterinary medicine, and technical sphere. In this regard, obtaining the preparations with the desired properties on the basis of humic substances is an urgent task.

Materials and/or methods. Humic acids obtained from analytical samples of brown coal of the Alexandria deposit by extraction of 0.1 n alkali solutions at two temperatures: 100 °C and 20 °C. Hymatomelanic acid obtained from these two fractions of humic acids by extraction with ethanol also at two

different temperatures: 20 °C and the boiling point of the alcohol (80 °C). Antiradical activity determined spectroscopically (Specord UV VIS) by the reaction of a stable free radical DPPH (2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl) dissolved in ethanol or dimethylsulfoxide with preparations of humic substances. The number of hydroxyl groups determined by potentiometric titration of solutions of salts of humic substances with 0.1 n hydrochloric acid solutions.

Results. By the method of potentiometric titration studied the acid-base properties of humic and hymatomelanic acids from soft, earthy brown coal of the Alexandria deposit and from peat of Cherkasy deposit. From the differential titration curves data calculated the number of hydroxyl groups in the macromolecules of humic and hymatomelanic acids. Determined the antiradical activity of the fractions of humic and hymatomelanic acids from different samples of brown coal of Alexandria deposit and peat of Cherkasy Deposit in dimethyl- sulfoxide, and ethanol spectrophotometrically by the reaction of HS preparations with a stable DPPH radical.

Conclusion. Shown that the range of variations of the functional composition of humic and hymatomelanic acids from different sources is not widespread. For carboxyl groups, the range of variation is in the range of 2.4...3.6 mg-eq/g, for hydroxyl groups – 2.0...3.6 mg-eq/g. Shown that the antiradical activity of fractions of humic substances in different solvents correlates with the number of hydroxyl groups in the structure of their macromolecules. The maximum antiradical activity observed for fractions of humic and hymatomelanic acids of Morozov layer.

Keywords: salts of humic acids, salts hymatomelanic acids, antiradical activity, acid-base medium reaction, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, UV-spectroscopy, potentiometry.

Сведения об авторах

С.Л. Хилько

SPIN-код: 2972-0960
Author ID: 1020818
Телефон: +380 (71) 331-38-03
Эл. адрес: sv-hilko@yandex.ru

Р.А. Макарова

SPIN-код: 1486-6140
Author ID: 1020652
Телефон: +380 (71) 375-07-66
Эл. адрес: makarova.ra@yandex.ru

О.И. Невечеря

SPIN-код: 3247-4482
Author ID: 900791
Телефон: +380 (71) 397-22-08
Эл. адрес: nevecherya@bk.ru

М.И. Рогатко


SPIN-код: 7910-9203
Author ID: 1020592
Телефон: +380 (71) 428-85-12
Эл. адрес: marina.rogatko@gmail.com

Р.Г. Семенова

SPIN-код: 5696-3297
Author ID: 1020190
Телефон: +380 (95) 326-47-41
Эл. адрес: reemma2010@yandex.ua

Статья поступила 06.02.2019 г.

© С.Л. Хилько, М.И. Рогатко, Р.А. Макарова, Р.Г. Семенова, О.И. Невечеря, 2019
Рецензент д.х.н., проф. Ю.Б. Высоцкий



Видеожурнал "ДОНЕЦКИЙ ПОЛИТЕХНИК"
смотрите каждую субботу
на телеканале ОПЛОТ 2
YouTube <https://goo.gl/d2kKr0>