

УДК 562.417:636

**И. И. Лиштван, А. М. Абрамец, Ю. Г. Янута, Г. С. Монич,
Н. С. Глухова, В. Н. Алейникова**

**ГУМИНОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ КАК ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫЕ ПРОДУКТЫ
ДЛЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Приведены результаты исследования физико-химических и сорбционных свойств гуминовых соединений (ГС). Показано, что свойства ГС зависят от реакции среды, при которой происходило их выделение. Исследован элементный состав фракций гуминовых кислот, их обменная емкость, другие характеристики. Обоснованы принципы использования гуминовых препаратов (ГП) для окультуривания территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека. Разработаны новые ГП для зеленого обустройства пустынных (песчаных) территорий.

Гуминовые вещества (ГВ) играют исключительную роль в природе и жизни человека, что получило закономерное подтверждение в последние десятилетия, особенно в области инженерной экологии, т. е. в области практического решения проблем охраны окружающей среды. Именно в данной области, как ни в какой другой, появились возможности этого класса природных полимеров и препаратов на их основе как инструмента, позволяющего решить широкий спектр задач повышения плодородия почв и охраны окружающей среды. ГВ – широкий класс соединений, которые выполняют необходимые посреднические функции между живым и минеральным миром [10]. Так, темная окраска ГВ прямо влияет на регулирование теплового режима почв и климата планеты в целом. Полифункциональность ГВ обеспечивает им доминирующую роль в аккумуляции и миграции ионов металлов в недрах, почвах и наземных ландшафтах. Гидрофильность и молекулярная структура предопределяют ГВ уникальную роль структурообразователей почв, регулятора их воздушного и водного режимов, средств для рекультивации территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека и т. д. [9].

Гуминовые кислоты (ГК) – базовый компонент ГВ. Они как природные полимеры представляют собой широкий класс гомологов, состоящих из соединений, отличающихся структурой, составом, количеством и топографией молекулярных фрагментов. В зависимости от генезиса сырья, степени его метаморфизма в составе ГК могут преобладать как низкомолекулярные, так и высокомолекулярные соединения с разным содержанием алифатических и ароматических фрагментов, функциональных групп. Поэтому ГК, выделенные из различных видов сырья, отличаются по составу и свойствам. При обезвоживании и сушке структура фрагментов ГК также претерпевает существенную трансформацию с изменением как состава активных центров ассоциатов ГК, так и физико-химических свойств препарата в

целом, а значит, и активность их как регуляторов структуры, водных свойств, процессов переноса влаги, ионообменных свойств почвенных систем соответственно изменяется.

Склонность к ассоциации и, наоборот, к растворению зависит от функционального состава и молекулярной структуры ГК. В составе ГК преобладают кислородсодержащие функциональные группы, прежде всего карбоксильные [10]. Чем больше содержание функциональных групп в структуре соединения, тем выше его сродство к полярному растворителю, а следовательно, и растворимость. Наличие неполярных фрагментов повышает гидрофобность соединения, тем самым уменьшая его растворимость. В результате соединения гидрофильной природы при растворении образуют истинный раствор, а гидрофобные – образуют в воде полукolloидно-высокомолекулярные системы. Налицо молекулярно-дисперсное равновесие: истинный раствор ↔ золь ↔ гель ↔ коллоидно-ассоциатное строение. Именно, исходя из этих свойств, фракции ГК имеют разную молекулярно-ассоциатную структуру. Поэтому фракционирование ГВ торфа выполнено по их растворимости в воде в зависимости от pH среды, т. е. по способности растворения ГВ в определенном диапазоне pH [6]. Полученные фракции ГВ использовали в качестве базовых субстанций-регуляторов структуры, водных, ионообменных, агрофизических почвенных систем, грунтов.

Методом дифференциального потенциометрического титрования определено содержание функциональных групп, способных участвовать в обменном процессе. Ионную силу раствора поддерживали на необходимом уровне 0,2 н раствором NaCl. По кривым потенциометрического титрования для исследуемого раствора ГК и раствора сравнения определяли степень диссоциации соединений. На основании данных потенциометрического титрования, по уравнению Гендерсона-Гессельбаха рассчитаны константы диссоциации функциональных групп фракций ГВ [9].

Природу активных центров исследовали, используя набор из 24 кислотно-основных индикаторов с диапазоном рK_a от 4,4 до 14,2. Предварительно ГВ сушили при температуре 60 °С, измельчали в агатовой ступке и рассеивали на ситах. Для анализа использована фракция, с размером частиц не более 0,25 мм [12].

Для оценки молекулярно-массового распределения фракций ГВ был выбран метод гель-хроматографии на *Sephadex G-75* (колонка 594 x 18 мм, элюент 0,1 н NaCl). Калибровку колонки проводили стандартными растворами лигносульфонатов с известной молекулярной массой. Значения среднечисловой (*M_n*) и среднемассовой (*M_w*) молекулярной массы рассчитывали по методике, изложенной в [11].

Рост степени диссоциации фракций ГВ с увеличением pH раствора можно объяснить переходом растворов ГВ из коллоидно-ассоциатного состояния в истинный раствор, что увеличивает способность функциональных групп ГВ к обменному процессу и повышает реакционную способность фрагментов ГВ. Из полученных данных (рис. 1, табл. 1) следует, что содержание

диссоциированных функциональных групп во фракциях коррелирует с содержанием кислорода в составе ГВ [6].

Значение обменной емкости максимально для фракции № 6 и минимально для фракции № 1, содержащей минимальное количество кислорода (кислородсодержащих функциональных групп).

Одновременно, как следует из данных табл. 1, элементный состав фракций ГВ имеет существенное различие по таким элементам их молекулярной структуры, как углерод (С), водород (Н), азот (N), кислород (O). Анализ данных табл. 1, 2 (сопоставительный) свидетельствует, о том что чем выше молекулярная масса (MM) фракций ГВ, тем больше содержат они N, H, C и, наоборот, чем меньше MM ГВ, тем больше содержание в них O, т. е. кислородсодержащих функциональных групп. С позиций потенциальной агрономической ценности как органические соединения наибольшее внимание обращают на себя высокомолекулярные ГВ в качестве носителей органического N.

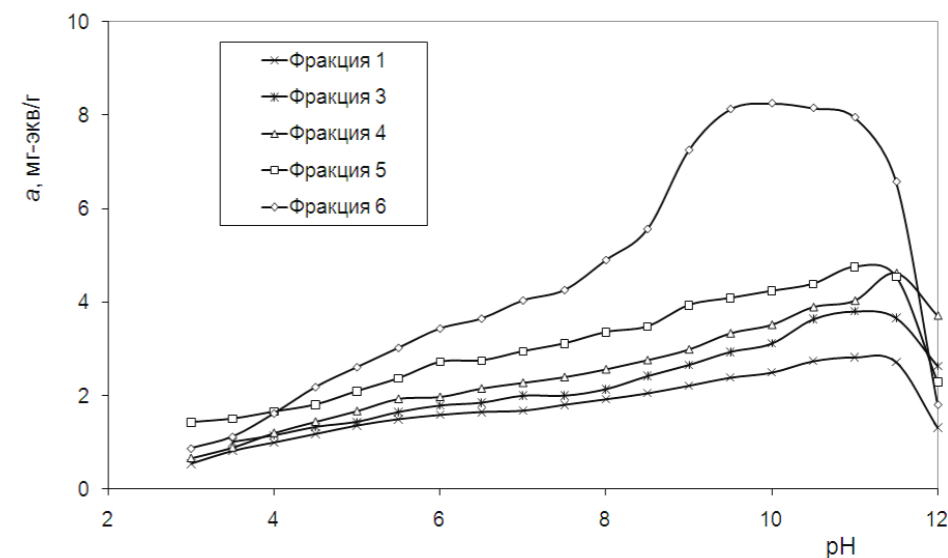


Рис. 1. Изменение величины обменной емкости фракций ГВ в зависимости от pH раствора

Таблица 1. Элементный состав фракций ГВ

Номер фракции	pH выделения	Элементный состав органической массы, %					C/H
		C	H	N	S	O	
1	12,7 ÷ 11,0	65,37	8,01	2,62	0,9	23,1	0,68
2	11,0 ÷ 10,0	63,21	7,57	2,71	0,9	25,61	0,70
3	10,0 ÷ 8,0	62,07	7,31	2,53	0,9	27,19	0,71
4	8,0 ÷ 6,0	60,96	6,30	1,40	0,9	30,44	0,81
5	6,0 ÷ 3,8	60,74	6,15	1,34	1,0	30,77	0,82
6	3,8 ÷ 2,0	57,91	5,74	1,24	1,0	34,11	0,84

Таблица 2. Молекулярно-массовые характеристики образцов фракций ГВ

Номер фракции	рН выделения	Массовая доля			M _w , а.е.м.	M _n , а.е.м.
		больше 15 000 а.е.м.	15 000 ÷ 1 500 а.е.м.	меньше 1 500 а.е.м.		
3	10,0 ÷ 8,0	0,6555	0,2454	0,0991	2246	29510
4	8,0 ÷ 6,0	0,6138	0,2860	0,1002	2154	26755
5	6,0 ÷ 3,8	0,3874	0,4220	0,1906	1209	17097
6	3,8 ÷ 2,0	0,2759	0,4785	0,2456	943	12325

Выполненными исследованиями показано, что статическая обменная емкость (СОЕ) для фракций ГВ по отношению к ионам Cu²⁺ и Ni²⁺ при рН среды меньше 4 находится в прямой зависимости от содержания карбоксильных групп в

ГВ (рис. 2) при отсутствии условий образования гидроксидов ионов данных поливалентных металлов. Согласно рис. 2, при данных условиях значения СОЕ для ионов Cu²⁺ и Ni²⁺ практически идентичны [8, 13].

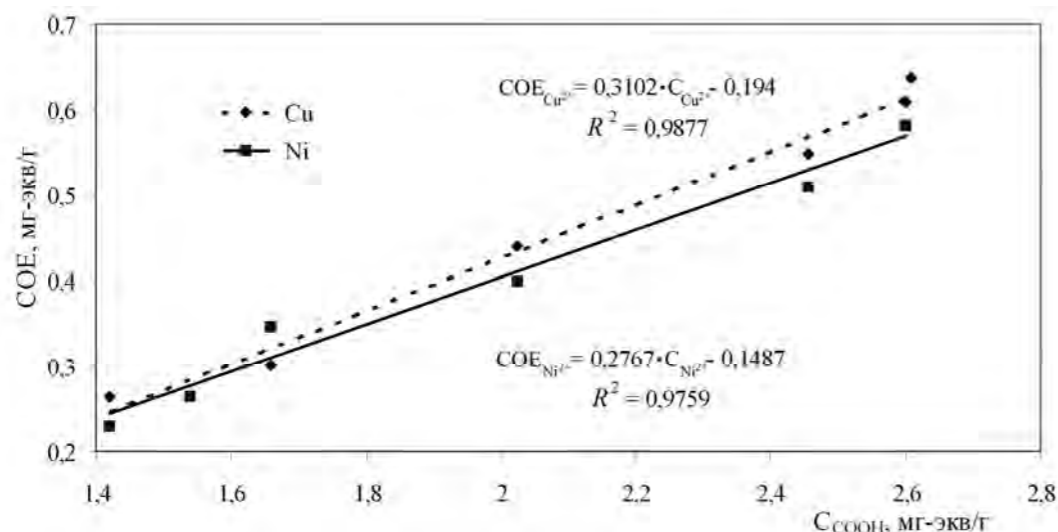


Рис. 2. Зависимость между содержанием карбоксильных групп во фракциях ГВ и величиной их СОЕ для ионов Cu²⁺ и Ni²⁺ при рН меньше 4

Количество веществ, растворимых в хлороформе, снижается при переходе от фракции № 1 к фракции № 6 (рис. 3), что можно объяснить ростом их гидрофильности, а также содержанием ионогенных функциональных групп и полярных фрагментов (табл. 1, соотношение С/Н). Наоборот, с ростом рН из гуминового сырья извлекаются ГВ, обладающие более липофильными свойствами [7]. При этом содержание Н во фракциях ГВ коррелирует с их битуминозностью (коэффициент корреляции 0,94).

Спектры распределения кислотно-основных центров ГВ представлены на рис. 4. Поскольку в структуре ГВ содержатся функциональные группы в различной форме, то полученные пики позволяют определить характер (или состояние) функциональных групп. Данные рис. 4 свидетельствуют о преобладании функциональных групп, имеющих рK_a 2–3,5 и 12,8–14, относящихся к карбоксильным и гидроксильным группам, соответственно. Изменение условий выде-

ления ГВ приводит к изменению состояния функциональных групп. При переходе от фракции № 3 к фракции № 5 функция кислотности (H₀) увеличивается от 8,8 до 12,9.

Уменьшение значения титрационного показателя (m) (табл. 3), характеризующего электростатическое взаимодействие функциональных групп в ГВ, от фракции № 1 к фракции № 6 для карбоксильных групп может быть связано с уменьшением размера агрегатов ГВ. Это уменьшение, вероятнее всего, происходит за счет снижения длины алифатических молекулярных фрагментов ГВ. Подтверждением тому является уменьшение значения рK_a карбоксильных групп в составе ГВ.

Процессы комплексобразования ГВ с ионами поливалентных металлов являются принципиально важными, определяющими как технологию получения ГП избирательного действия, так и область их практического использования.

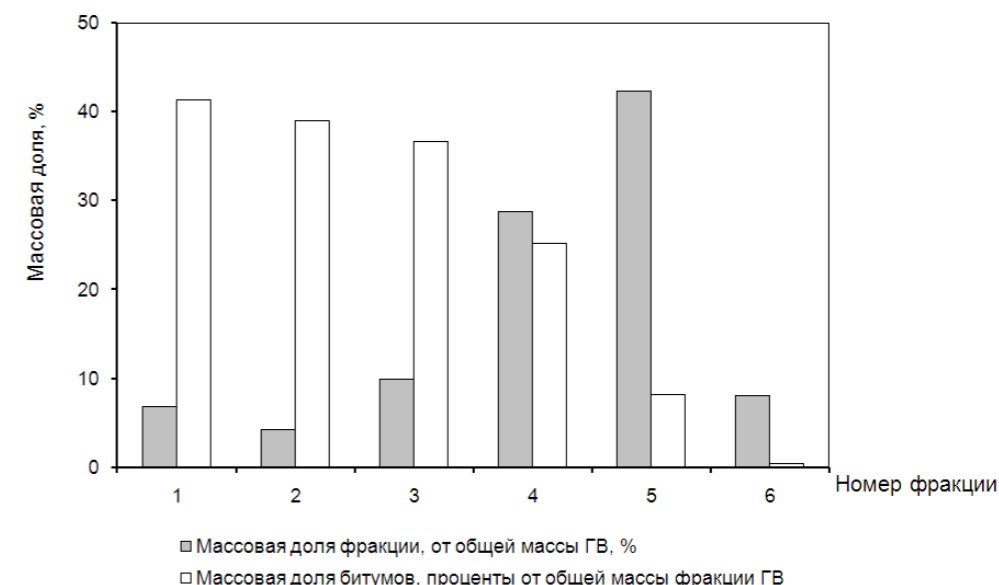


Рис. 3. Удельное содержание фракций ГВ и массовая доля содержания в них битумов [14]

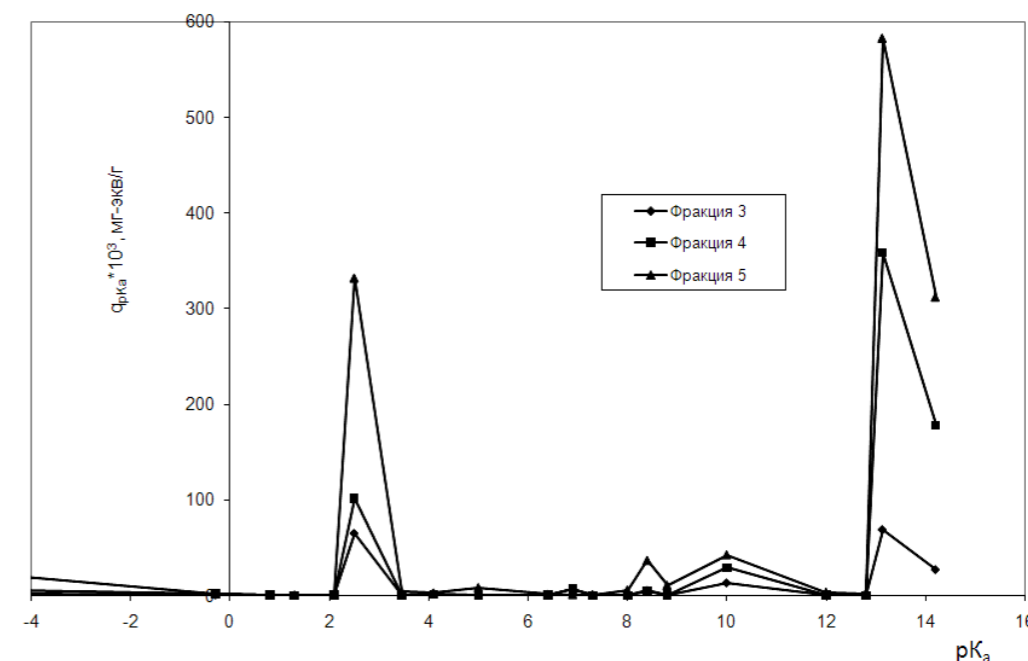


Рис. 4. Спектры распределения активных центров на частицах порошка ГВ в зависимости от константы ионизации (рK_a) функциональных групп

Таблица 3. Характеристики функциональных групп фракций ГВ

Номер фракции	Функциональные группы	m	рK _a
1	-ОН	0,4094	8,59
	-СООН	2,2523	5,91
3	-ОН	0,4351	8,59
	-СООН	2,1044	5,72
4	-ОН	0,5891	9,26
	-СООН	1,4733	5,08
5	-ОН	0,9301	9,70
	-СООН	1,3577	4,96
6	-ОН	0,9234	8,32
	-СООН	0,6424	4,22

Для исследования закономерностей взаимодействия ГВ с ионами поливалентных металлов использовали водорастворимые солевые формы ГВ. Экспериментально исследовано взаимодействие ионов Fe³⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Ca²⁺, Sr²⁺ и солевых форм ГВ. Подтверждено, что осаждение продуктов взаимодействия солевых форм ГВ с ионами поливалентных металлов зависит как от природы катиона, так и от концентрации солевых форм ГВ, а коагуляция начинается при достижении некоторой критической концентрации

катиона в растворе. Для растворов солевых форм ГВ критическая концентрация (при переходе от Fe³⁺ к Sr²⁺) увеличивается на порядок. При этом степень очистки раствора снижается с 92 % (для Fe³⁺) до 20 % (для Sr²⁺ и Ca²⁺), а комплексобразующая активность ГВ симбатно коррелирует с ионным потенциалом сорбируемого металла, т. е. чем больше величина ионного потенциала металла, тем выше степень очистки раствора (табл. 4) [4].

Таблица 4. Критическая концентрация ионов, соответствующая коагуляции солевых форм ГВ

Вид катиона	Критическая концентрация, мг-экв/л	Степень очистки, %	Ионный потенциал
Fe ³⁺	2,08	92	4,5
Cu ²⁺	3,75	88	2,5
Zn ²⁺	7,10	24	2,4
Ca ²⁺	25,0	20	1,9
Sr ²⁺	25,0	20	1,6

Из бинарного раствора солей трехвалентного железа и двухвалентной меди ГП в первую очередь связывают Fe³⁺ и лишь в небольших количествах Cu²⁺, что обусловлено меньшей величиной ионного потенциала катиона меди и состоянием нахождения его в растворе. В бинарных растворах Cu - Zn, Cu - Sr и Cu - Ca ГП преимущественно взаимодействуют с ионами меди, а концентрация Zn, Sr и Ca в растворе остается практически неизменной.

чего они не образуют компактных структур. И, наоборот, при концентрации ионов поливалентных металлов, эквивалентной содержанию функциональных групп в ГП (способных к образованию комплексов), наблюдается образование компактных структур с большей степенью структурной упорядоченности. Оба этих состояния имеют место и для гуминового комплексобразователя (табл. 5).

Для очистки воды от ионов металлов принципиальным моментом является не только образование комплекса ГВ – металл, но и выведение последнего из раствора. При малой концентрации ионов поливалентных металлов образующиеся органоминеральные водонерастворимые комплексы стабилизированы ионами металлов либо полярными группами ГВ, вследствие

Предельные концентрации, при которых в растворе имеет место избыток гуминового комплексобразователя, отмечены индексом «х». Из табл. 5 видно, что для ионов железа оптимальным соотношением концентрации металла к концентрации гуматов в исходном растворе является 0,023, для иона меди – 0,071. При меньшем соотношении C_{мет}/C_{сорб.} в растворе остается избыток ГВ.

Таблица 5. Изменение степени очистки растворов от соотношения концентрации ионов поливалентных металлов и гуминового комплексобразователя

Fe ³⁺		Cu ²⁺	
C _{мет} /C _{сорб}	Степень очистки, %	C _{мет} /C _{сорб}	Степень очистки, %
0,018 ^х	98,0	0,050 ^х	96,0
0,020 ^х	92,0	0,058 ^х	95,6
0,023	91,8	0,071	91,3
0,032	82,4	0,096	82,7
0,047	63,9	0,141	70,4
0,050	63,2	0,150	64,2

Для оценки влияния ионной силы раствора на селективность и эффективность взаимодействия металлов с солевыми формами ГВ исследована сорбция ионов меди ГП в присутствии NaCl (ионную силу (μ) раствора изменяли от 0,005 до 0,4), CaCl₂ (μ – 0,006 - 0,03), AlCl₃ (μ – 0,003 - 0,06). Установлено, что с ростом ионной силы

раствора сорбция ионов солевыми формами ГВ уменьшается. Причем с увеличением ионной силы от 0 до 0,03 величина сорбции меди в присутствии NaCl снижается на 22 %, CaCl₂ – на 52 %, AlCl₃ – на 58 %. С ростом ионного потенциала металла в сложных растворах величина сорбции ионов меди (при равной ионной силе раствора)

тем меньше, чем выше ионный потенциал ионов сопутствующего металла.

В целом чем больше молекулярная масса фракции ГВ либо ее солевой формы, тем выше и эффективность ГВ как комплексобразователя, т. е. как депрессора переноса ионов поливалентных металлов и органического радикала ГС в водной среде, в почвенных системах. Одновременно чем больше ионный потенциал поливалентного катиона, тем выше его склонность к комплексобразованию с ГВ, ее солевыми формами и, прежде всего, Na – ГВ, имеющими максимальное значение COE, т. е. как природные полимеры-комплексобразователи ГВ выполняют универсальную функцию защиты природных экосистем от загрязнения как ионами тяжелых металлов, так и водорастворимыми ГС.

твердой фазы, т. е. равновесие в системе поверхность частицы – поровый раствор определяет интенсивность переноса влаги и растворенных веществ (преимущественно ионов) в почвенной системе. Физическими методами практически невозможно изменить величину межфазного взаимодействия. Модификация почвы ПАВ, высокомолекулярными соединениями позволяет активно воздействовать как на заряд поверхности твердой фазы, структуру межфазных слоев влаги, так и на свойства поровой влаги в целом [3]. К числу таких модифицирующих соединений относятся и ГП.

Перенос влаги в капиллярно-пористых материалах в общем случае представляет собой поток порового раствора по капиллярам или в виде пленочной влаги по поверхности частиц почвы под воздействием градиента движущих сил. Для перемещения в объеме материала молекула воды либо растворенного соединения должна преодолеть воздействие своих соседей, а в пределах межфазных слоев влаги – дополнительно и воздействие поверхностных сил частиц

Применение ГП позволяет существенно снизить поступление радионуклидов в растения (табл. 6).

Набухающие структуры гуминовых соединений, формирующиеся в почве при ее модификации водорастворимыми ГП увеличивают содержание в ней связанной влаги. Как результат, миграционная подвижность растворенных в поровой влаге соединений снижается, а значит, уменьшается и вероятность их поступления в растения. Аналогичные процессы имеют место в органогенных почвенных системах при изменении их кислотности (pH) (рис. 5).

Таблица 6. Накопление Cs¹³⁷ свеклой столовой при обработке подзолистой почвы водной суспензией солей ГВ (Me – ГВ)

Доза Me - ГВ, г/м ²	Удельная активность, Бк/кг
0(контроль)	2016±30
25,0	1034±30
50,0	664±30
100,0	472±30

Примечание: ГП (Me – ГВ) – балластный, включающий нерастворимые в воде соединения.

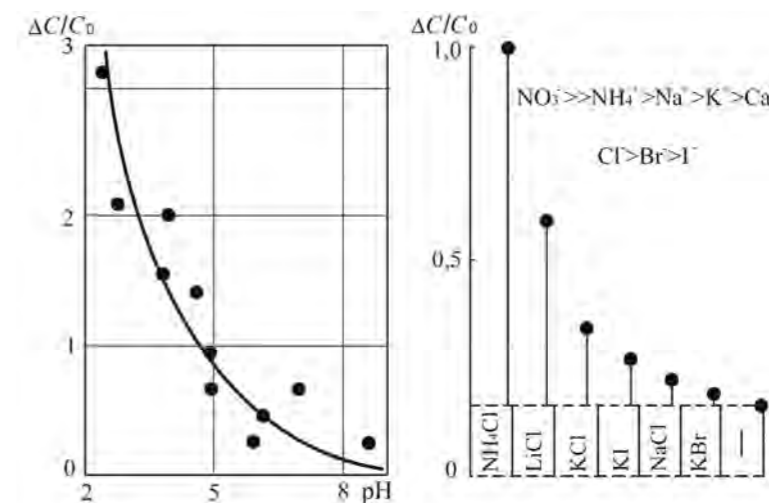


Рис. 5. Влияние pH и ионного состава порового раствора торфяной почвы на процессы миграции солей при изотермическом влагопереносе. ΔC = C_i - C₀; C₀ и C_i – концентрации ионов в почве до и после эксперимента; C₀ = 0,05 M/100 г сухого вещества

Таким образом, представленные результаты экспериментальных исследований физико-химических и коллоидно-химических свойств ГВ свидетельствуют об уникальных свойствах данного класса природных соединений и, прежде всего, в области применения их для решения задач охраны окружающей среды, сельского хозяйства.

Высокая емкость обмена ГВ открывает широкие возможности для производства на их основе ионообменных сорбционных материалов, предназначенных для очистки сточных и технологических вод от ионов тяжелых металлов [5, 15], а также ГП для озеленения засоленных территорий [2].

Специфический конгломерат свойств липофильно-гидрофильной структуры ГВ обеспечивает данному классу природных полимеров возможность использования их в качестве селективных сорбентов неполярных углеводородов в природных средах, рекультивации территорий, загрязненных неполярными углеводородами [1].

Высокая гидрофильность ГВ природных каустобиолитов открывает практически неограниченные возможности разработки на их основе ионообменных мелиоративных материалов для рекультивации территорий нарушенной хозяйственной деятельностью человека и, прежде всего, территорий, загрязненных тяжелыми металлами, радионуклидами [1, 5, 15].

На основе вышеприведенных исследований в РБ разработано и организовано производство более 10 новых материалов для охраны окружающей среды, а именно: сорбенты ионов тяжелых металлов; гуминовые мелиоранты почв, загрязненных тяжелыми металлами (радионуклидами); гуминовые мелиоранты песчаных почв, а также территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека; мелиоранты засоленных почв с целью их зеленого обустройства; ГП

для решения задач охраны окружающей среды на основе ГВ природных каустобиолитов либо их агломерированных композиций, модифицированных солевыми формами ГВ и др.

Среди перечисленных материалов наибольшую экономическую отдачу обеспечивают мелиоративные виды продукции, пользующиеся устойчивым спросом в странах Персидского залива, и имеющие устойчивые перспективы на сбыт производимой продукции. В связи с чем, начиная с 2004 г., в такие страны Арабского региона, как Объединенные Арабские Эмираты, Королевство Бахрейн, Катар, Королевство Саудовской Аравии, Иорданию, были поставлены установочные и коммерческие партии мелиоративных продуктов с целью их регистрации и сертификации в данных странах с последующим использованием для решения задач озеленения. Производство экспортноориентированной продукции организовано на сырьевой и производственной базе ОАО «Торфобрикетный завод Житковичский» и ООО «ЭридГроу Продакшн».

Экспорт продукции Республики Беларусь (в том числе и наукоемкой) является абсолютно необходимым условием как для обеспечения здорового функционирования экономики страны, так и для ее высокого имиджа среди остальных стран мирового сообщества. С позиций же задач национальной науки, делом ее чести является всемирная иммобилизация интеллектуального потенциала в направлении создания новых материалов, и технологий охраны окружающей среды, востребованных не только внутри республики, но и в других странах. Именно это является первоочередным при обосновании задач исследований свойств гуминового сырья и направлений его переработки для повышения экспортного потенциала страны.

Литература

1. **Абрамец А. М., Балыкин В. И., Искандаров Р. М.** и др. Способ рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтесодержащими продуктами // Афіцыйны бюл. Нац.цэнтр інтэлектуал. уласнасці, 1999. Вып. 3. С. 100.
2. **Абрамец А. М., Должич А. Р., Марцуль В. Н., Янута** и др. Гуминовые препараты для охраны окружающей среды и восстановления территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека // Гуминовые вещества в биосфере. Тр. II Междунар. конф. МГУ. М., 2004. С. 145–148.
3. **Абрамец А. М., Лиштван И. И., Чураев Н. В.** Массоперенос в природных дисперсных системах. Минск, 1992.
4. **Абрамец А. М., Янута Ю. Г., Монич Г. С., Качанона Г. В.** Гуминовые вещества. Комплексообразование с тяжелыми металлами и препараты для охраны окружающей среды // Геоэкологические проблемы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. 1-я Междунар. геоэкологическая конф. ТулГУ, Тула, 2003. С. 95–97
5. **Лиштван И. И., Капуцкий Ф. Н., Янута Ю. Г.** и др. Способ получения гуминового сорбента для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // Афіцыйны бюл. Нац.цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2008. Вып. 3. С. 74.
6. **Лиштван И. И., Капуцкий Ф. Н., Янута Ю. Г.** и др. Структура фракций гуминовых кислот торфа // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук, 2005. Вып. 1. С. 108–113.
7. **Лиштван И. И., Капуцкий Ф. Н., Янута Ю. Г.** и др. Спектральные исследования фракций гуминовых кислот торфа // Химия твердого топлива. 2006. Вып. 4. С. 3–11.
8. **Лиштван И. И., Капуцкий Ф. Н., Янута Ю. Г.** и др. Гуминовые кислоты. Взаимодействие с ионами металлов, особенности структуры и свойств металлгуминовых комплексов // Химия в интересах устойчивого развития. 2006. Вып. 4. С. 391–397.

9. **Лиштван И. И., Круглицкий Н. Н., Третинник В. Ю.** Физико-химическая механика гуминовых веществ. Минск, 1976.
10. **Попов А. И.** Гуминовые вещества: свойства, строение, образование. СПб., 2004.
11. **Соколов О. М.** Определение молекулярных масс лигнинов на ультрацентрифуге и методом гель-фильтрации. Ленинград, 1978.
12. **Танабе К.** Твердые кислоты и основания. М., 1973.
13. **Янута Ю. Г.** Взаимодействие гуминовых кислот с ионами тяжелых металлов и особенности образования металлгуминовых комплексов // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук, 2006. Вып. 5. С. 110–113.
14. **Янута Ю. Г.** Получение и регулирование свойств сорбционных материалов на основе гуминовых веществ торфа: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Минск, 2006.
15. **Янута Ю. Г., Лиштван И. И., Абрамец А. М., Марцуль В. Н.** Способ получения композиционно-гранулированного гуминового сорбента тяжелых металлов на минеральном носителе // Афіцыйны бюл. Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці, 2008. Вып. 3. С. 74.

Институт природопользования НАН Беларуси

**И. И. Лиштван, А. М. Абрамец, Ю. Г. Янута,
Г. С. Монич, Н. С. Глухова, В. Н. Алейникова**

ГУМИНОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ КАК ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫЕ ПРОДУКТЫ ДЛЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Представлены результаты экспериментальных исследований физико-химических и коллоидно-химических свойств гуминовых веществ. Установлено, что снижение pH выделения приводит к увеличению в образце доли средне- и низкомолекулярных соединений, росту в образце содержания кислородсодержащих функциональных групп. Гуминовые соединения осажденные в щелочной среде содержат в своем составе до 40 % хлороформрастворимых соединений. Показано, что потенциальная обменная емкость фракций максимальна при pH более 9, а в кислой среде обменная емкость коррелирует с содержанием карбоксильных функциональных групп.

Исследовано взаимодействие гуминовых веществ с ионами Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} и др. в моноионных и сложных растворах. Показано, что статическая обменная ёмкость солевых форм гуминовых веществ выше, чем статическая обменная ёмкость гуминовых веществ в Н-форме. Оценено влияние ионной силы раствора на селективность и величину взаимодействия металлов с солями гуминовых кислот.

Показано, что применение гуминовых препаратов позволяет существенно снизить поступление радионуклидов в растения. Обоснованы закономерности воздействия препаратов на перенос поровой влаги в почвенных системах. Наибольшее влияние на процессы влагопереноса, и миграцию солей ионов тяжёлых металлов, оказывают гелеобразные структуры гуминовых веществ, образующиеся при переходе гуминовых соединений из солевой в Н-форму.

**I. I. Lishtvan, A. M. Abramets, Yu. G. Yanuta,
G. S. Monich, N. S. Glukhova, V. N. Aleynikov**

HUMIC PREPARATIONS AS ECOLOGY-SAFE PRODUCTS TO PROTECT THE ENVIRONMENT

Results of experimental researches of physical and chemical and colloid-chemical properties of humic substances are presented. It has been found, that pH extraction leads to the increase in the sample of a share of middle – and low-molecular compounds, to the growth of the oxygen-containing functional groups in it. When humic compounds are deposited in the alkaline medium, they contain in their structure about 40 % of chloroform soluble compounds. It has been shown, that the potential exchange capacity of fractions is maximum at pH more than 9, and in the acid medium the exchange capacity correlates with carboxylic functional groups content.

Interaction of humic substances with Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , etc. ions in mono-ionic and complex solutions has been investigated. It has been shown, that static exchange capacity of salt forms of humic substances is higher than static exchange capacity of humic matters in N-form. The influence of ionic power of a solution on selectivity and volume of interaction of metals with humic acids salts has been estimated.

It has been shown, that application of humic preparations allows diminishing essentially the income of radionuclides into plants. Regularities of influence of preparations on porous moisture transfer in soil systems were proved. The greatest influence on moisture transfer processes and migration of salts of heavy metals ions render gel-like structures of humic substances, formed at the transition of humic compound from salty into the H-form.