N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
ISSN 2224-5286
Volume 1, Number 421 (2017), 115 – 122

Sh. K. Amerkhanova[1], M.Zh. Zhurinov[2], R.M. Shlyapov[1], A.S. Uali [1], A.E. Imankulova[1]

[1]E.A. Buketov Karaganda State University, Karaganda, Kazakhstan
[2]D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry, Almaty, Kazakhstan
amerkhanova_sh@mail.ru

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF INTERPOLYMERIC COMPLEX OF POLYVINYL ALCOHOL – POLYACRYLAMIDE AND APPLICATION IN WASTE WATER TREATMENT SYSTEMS

Abstract. The problem of water pollution with heavy metals is considered to be relevant, so currently the use of water-soluble polymers in waste water treatment is acceptable from an environmental point of view. In this regard, the aim is to study the physical and chemical properties of the interpolymer complex of polyvinyl alcohol - polyacrylamide and their application in waste water treatment systems. The viscosimetry method was used for assess the complexing ability. The activation of metal complexes' binding processes was used by the electric alternating current. The mathematical models describing viscous flow of polymer mixtures under the influence of external factors to the system of M-PVA-PAA were obtained. The complex formation process of transition metals' ions with polymers in the composition of interpolymer complexes was investigated. The physical-chemical characteristics of the interpolymer complexes formation in the system of the PVA-PAA were determined. It is established that the effect of an alternating current of varying frequency results in an increase in complexing ability of polyacrylamide in the mixtures with polyvinyl alcohol and to reduction of Cr(VI). The optimum parameters of extraction of nickel (II) and chromium (VI) ions in a multicomponent system "M-mixture of polymers" were determined. It was shown that a mixture of PAA-PVA may be used in the purification of the Cr(VI) ion, and the adding this mixture into the nickel containing waste water reduces the concentration of heavy metal ions to 0.07%.

Key words: polyvinyl alcohol, polyacrylamide, complexation, viscosity, cleansing.

УДК 543:541. 138.3

Ш.К. Амерханова[1], М.Ж. Журинов[2], Р. М. Шляпов[1], А.С. Уали[1], А.Е. Иманкулова[1]

[2]Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан
[3]Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНТЕРПОЛИМЕРНОГО КОМПЛЕКСА ПОЛИВИНИЛОВЫЙ СПИРТ – ПОЛИАКРИЛАМИД И ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. Проблема загрязнения водных ресурсов тяжелыми металлами считается актуальной, поэтому в настоящее время использование водорастворимых полимеров в очистке сточных вод приемлемо с экологической точки зрения. В связи с этим, целью работы является изучение физико-химических свойств интерполимерного комплекса поливиниловый спирт - полиакриламид и применение в системах очистки сточных вод. Для оценки комплексообразующей способности был использован вискозиметрический метод, активация процессов связывания металлов проводилась электрическим переменным током. Получены математические модели, описывающие вязкое течение смесей полимеров при влиянии внешних воздействий для системы М-ПВС-ПАА. Изучен процесс комплексообразования ионов переходных металлов с полимерами в составе интерполимерных комплексов. Определены физико-химические характеристики образования интерполимерных комплексов в системе ПВС-ПАА. Установлено, что воздействие переменным

током различной частоты приводит к возрастанию комплексообразующей способности полиакриламида в смесях с поливиниловым спиртом и восстановлению Cr (VI). Определены оптимальные параметры извлечения ионов никеля (II) и хрома (VI) в многокомпонентной системе М- смесь ВМС. Показано, что смесь ПВС-ПАА может быть использована при очистке сточных вод от ионов хрома (VI), а добавление смеси к никельсодержащим сточным водам снижает концентрацию ионов тяжелых металлов до 0,07 %.

Ключевые слова: поливиниловый спирт, полиакриламид, комплексообразование, вязкость, очистка.

Очистка природных и сточных вод тесно связана с охраной окружающей среды и является актуальной проблемой современности. В последние десятилетия отмечено значительное повышение в водах открытых водоемов содержания тяжёлых металлов вследствие сброса промышленными и коммунальными предприятиями недостаточно очищенных сточных вод. Определение ионов хрома (III), хрома (VI) и никеля (II) в экологических и биологических системах представляет значительный интерес вследствие токсичности этого металла по отношению к водным и земным организмам, включая людей, в зависимости от его степени окисления [1]. Никель (II) вызывает ряд нарушений и заболеваний, как кожного характера, так и внутреннего. Избыток никеля проявляет мутагенность, токсичность для почек, имуннотоксичность, кардиотоксичность, общую токсичность для организма (особенно хлорид никеля (II)). Несмотря на большое число разработок, проблему очистки природных и сточных вод нельзя считать решенной. Это вызывает необходимость совершенствования технологии очистки воды, которая существенно зависит от интенсификации реагентной и, в частности, флокуляционной обработки. Для этих целей используются водорастворимые высокомолекулярные соединения [2-3]. Поэтому целью исследования является определение физико-химических свойств интерполимерных комплексов водорастворимых высокомолекулярных соединений и их применение в очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Экспериментальная часть

Использовали растворы поливинилового спирта (ПВС), полиакриламида (ПАА) с массовой долей 0,1-0,6%. В качестве модельных растворов использованы $K_2Cr_2O_7 \cdot H_2O$, $NiCl_2 \cdot H_2O$ с молярной концентрацией 10^{-4} моль/л. Вязкость индивидуальных полимеров, а также интерполимерных комплексов, определяли капиллярным методом на вискозиметре марки ВПЖ-2. По результатам вискозиметрических исследований рассчитаны молекулярные массы полимеров поливинилового спирта 17885 г/моль, полиакриламида $1{,}29 \cdot 10^6$ г/моль.

Изучение влияния переменного тока на процессы комплексообразования проводили согласно методике [4]. В качестве источника питания моста использован генератор колебаний ГЗ-112. Рабочий электрод изготовлялся из пары платиновых пластин с рабочей площадью поверхности каждой из них 1 $см^2$.

В качестве измерительного прибора использовали милливольтметр рН-121 с паспортной погрешностью измерений ±2,5 мВ. Хлорсеребряный электрод сравнения ЭВЛ-1М был всегда отделен от рабочего раствора электролитическим мостиком, заполненным гелем агар-агара 0,1М KNO_3. В работе использовался индикаторный электрод FeS_2, подготавливаемый к анализу согласно паспортным методикам. Растворы перемешивались при помощи магнитной мешалки.

Объектом исследования служила сточная вода предприятия АО «Миттал Стил Темиртау». Исходную концентрацию ионов Cr^{6+} определяли путем титрования пробы сточной воды раствором солью Мора:

$$C_0 = \frac{C_{тит} \cdot V}{V_{аликв}} \cdot \frac{Э_{K_2Cr_2O_7} \cdot 200}{1000}$$

где, $C_{тит}$ - концентрация титранта, моль/л; V - объем титранта, мл; $V_{аликв}$ - объем аликвоты, мл; $Э_{K_2Cr_2O_7}$-эквивалентная молярная масса, г/моль, C_0- концентрация ионов, мг/л.

Для определения концентрации ионов Cr^{3+} после добавления смеси полимеров, применяли перманганатометрическое титрование с контролем потенциала халькогенидного электрода на основе пирита FeS_2 [5]. Концентрацию ионов Cr (III) в сточной воде после обработки воды интерполимерным комплексом рассчитывали по следующей формуле:

$$X_{Cr^{3+}} = \frac{Э_{K_2Cr_2O_7} \cdot N_{KMnO_4} \cdot V_{KMnO_4}}{1000}$$

где, $Э_{K_2Cr_2O_7}$ - эквивалентная молярная масса, г/моль; N_{KMnO_4} - концентрация титранта, моль/л; V_{KMnO_4}-объем титранта, мл, $X_{Cr^{3+}}$ - концентрация хрома, мг/л.

Концентрацию ионов Ni^{2+} в сточной воде определяли путем титрования пробы по методу осаждения с использованием в качестве реагента ферроцианид калия с контролем pH среды. Расчет концентрации Ni (II) проводили по следующим формулам:

$$P = [Kt^+] = \frac{ПР_{KtAn}}{[An^-]} = \sqrt{ПР_{KtAn}\left(\frac{[H^+]}{KHAn} + 1\right)}$$

где, $ПР_{KtAn}$- произведение растворимости $Ni_2[Fe(CN_6)]$, $[H^+]$- pH сточной воды.

$$P_{Ni_2[Fe(CN_6)]} = -\frac{[Ni^{2+}]_{приб.}}{2} + \sqrt{\frac{[Ni^{2+}]^2}{4}} + ПР_{Ni_2[Fe(CN_6)]}$$

где, $[Ni^{2+}]_{приб.}$ - концентрация титранта, моль/л, $ПР_{Ni_2[Fe(CN_6)]}$ - произведение растворимости, $P_{Ni_2[Fe(CN_6)]}$- концентрация ионов никеля (II), моль/л

Очистка сточной воды проводилась посредством нейтрализации раствором $Ca(OH)_2$ в отношении 1:5 к объему смеси и добавки интерполимерного комплекса, полученного при оптимальных условиях с последующей обработкой электрическим переменным током в течение 30 мин.

Степень очистки рассчитывалась по формуле:

$$\omega = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100\%$$

где, C_0 - исходная концентрация ионов металлов, мг/л; C- концентрация ионов металлов после добавления смеси полимеров, мг/л.

Результаты и их обсуждение

Использование математического планирования эксперимента при выборе оптимальных параметров связывания ионов металлов интерполимерным комплексом.

Для определения оптимальных параметров использован метод математического планирования эксперимента [6-7]. За основу брали 5-факторную 7-уровневую матрицу. В качестве варьируемых параметров определены: температура в интервале 25-55 C^0; концентрации ПВС, ПАА (0-0,6%), частота переменного тока (10-10^7 Гц); соотношение 2-х полимеров ($X_{ПВС:ПАА}$) (10:1 – 1:10), концентрация солей металлов (Cr (VI):Ni (II) = 1:1) в смеси составляла 10^{-4} М, время экспозиции 30 мин. На основании данных по изменению кинематической вязкости были получены частные зависимости функции отклика (кинематической вязкости) от влияющих факторов для которых определены коэффициенты корреляции Y_η= f (T) - 0,91, Y_η= f ($C_{ПВС}$) – 0,99, Y_η= f (υ) – 0,99, Y_η = f($X_{ПВС:ПАА}$) – 0,99, Y_η= f ($C_{ПАА}$) - 0,99. Обобщенное уравнение Протодьяконова будет иметь вид

$$Y_{об}(\eta) = \frac{(-1{,}42\cdot 10^5)T^6 + (2{,}52\cdot 10^5)T^5 - (1{,}67\cdot 10^5)T^4 + (5{,}01\cdot 10^4)T^3 - (6{,}59\cdot 10^3)T^2 + (2{,}75\cdot 10^2)T + 3{,}51}{2{,}33^4} \cdot$$
$$\cdot \frac{(-1{,}01\cdot 10^2)C_{ПВС}^3 + 83{,}67C_{ПВС}^2 - 17{,}04C_{ПВС} + 2{,}99}{1} \cdot$$
$$\cdot \frac{0{,}16lgV^6 - 3{,}60lgV^5 + 32{,}57lgV^4 - (1{,}46\cdot 10^2)lgV^3 + (3{,}42\cdot 10^2)lgV^2 - (3{,}90\cdot 10^2)lgV + 166{,}53}{1} \cdot$$

$$\cdot \frac{-2{,}92\,X^6_{ПВС:ПАА} + 55{,}52X^5_{ПВС:ПАА} - (3{,}34\cdot 10^2)X^4_{ПВС:ПАА} + (7{,}75\cdot 10^2)X^3_{ПВС:ПАА} - (6{,}85\cdot 10^2)X^2_{ПВС:ПАА} + (2{,}05\cdot 10^2)X_{ПВС:ПАА} - 13{,}79}{1}\cdot$$

$$\cdot \frac{(-8{,}60\cdot 10^2)C^5_{ПАА} + (1{,}32\cdot 10^2)C^4_{ПАА} - (6{,}38\cdot 10^2)C^3_{ПАА} + (1{,}21\cdot 10^2)C^4_{ПАА} - 6{,}19C_{ПАА} + 0{,}69}{1}$$

Коэффициент корреляции обобщенного уравнения Протодьяконова равен $Y_{об}$=f(T, $C_{ПВС}$, υ, $X_{ПВС:ПАА}$, $C_{ПАА}$) = 0,97. Следовательно, оно может быть использовано для оценки величины кинематической вязкости при значениях воздействующих факторов, отличных от заданных [8]. Также были определены оптимальные параметры осуществления процесса комплексообразования ионов металлов, обеспечивающие максимальную степень связывания (таблица 1).

Таблица 1 - Оптимальные параметры комплексообразования ионов

Фактор	Оптимальные параметры
Т, К	318
С (ПВС), %	0,3
υ, Гц	10^4
Соотношение 2-х полимеров	1:5
С (ПАА), %	0,6

Изучение процессов комплексообразования ионов переходных металлов с полимерами в составе интерполимерных комплексов.

Анализ частных зависимостей показал, что влияние переменного тока сказывается, прежде всего, на стабильности комплексов. Так, во всей области концентраций наблюдается возрастание устойчивости системы, что связано с увеличением активности полимера, вследствие процессов диссоциации функциональных групп [9-10]. Поэтому были рассчитаны величины изменения энтропии активации и свободной энергии Гиббса активации вязкого течения (таблица 2).

Таблица 2 - Значения энтропии активации, энергии Гиббса активации вязкого течения в системе Cr(VI):Ni(II)-ПВС-ПАА при оптимальных концентрациях ПВС 0,3 %, ПАА 0,6% и соотношении 1:5

υ, Гц	$\Delta S^{\#}$, Дж/моль · К						
	298 К	303 К	308 К	313 К	318 К	323 К	328 К
10	42,91	42,89	271,27	271,25	271,24	21,35	21,33
100	36,89	36,87	265,25	265,23	265,22	15,32	15,31
10^3	40,00	39,98	268,36	268,34	268,33	18,44	18,42
10^4	38,58	38,56	266,94	266,92	266,9	17,01	16,99
10^5	54,82	54,81	283,15	283,16	283,18	33,26	33,24
10^6	42,63	42,61	270,99	270,97	270,96	21,07	21,05
10^7	52,33	52,32	280,69	280,67	280,66	30,77	30,75
υ, Гц	$\Delta G^{\#}$, кДж/моль · К						
	298 К	303 К	308 К	313 К	318 К	323 К	328 К
10	-17,76	-18,05	-88,11	-89,54	-90,98	-12,37	-12,55
100	-15,97	-16,23	-86,25	-87,66	-89,06	-10,42	-10,58
10^3	-16,89	-17,17	-87,21	-88,63	-90,05	-11,43	-11,6
10^4	-16,47	-16,74	-86,77	-88,18	-89,6	-10,97	-11,14
10^5	-21,31	-21,66	-91,77	-93,27	-94,76	-16,22	-16,46
10^6	-17,68	-17,97	-88,02	-89,45	-90,89	-12,28	-12,46
10^7	-20,57	-20,91	-91,01	-92,49	-93,97	-15,41	-15,64

Из таблицы 2 видно, что при взаимодействии макромолекул поливинилового спирта с полиакриламидом в присутствии ионов металлов во всем интервале частот электрического

переменного тока энтропия активации принимает максимальные значения в интервале 308 – 318 К. Указанные изменения обусловлены образованием гидратных комплексов ионов металлов с функциональными группами поливинилового спирта и полиакриламида. В случае обработки переменным током частотой 100 Гц при нагревании до 323 К в растворе протекают процессы сшивки макромолекул ионами переходных металлов, сопровождающиеся выделением молекул воды [11-12]. Изменение величины свободной энергии Гиббса вязкого течения как в результате нагревания, так и вследствие обработки электрическим переменным током свидетельствует о высоком энтропийном вкладе в процесс связывания ионов металлов интерполимерным комплексом. С другой стороны, в присутствии дихромат-иона в мягких условиях (при низкой температуре) процесс окисления затруднен, поэтому бихромат-ион, так же как и вольфрамат-, и молибдат-ионы образуют связи с гидроксогруппами поливинилового спирта и аминогруппами полиакриламида [13]. Однако указанные процессы протекают преимущественно в растворах, не подвергавшихся воздействию переменного тока, либо при низких частотах 10-100 Гц. Из данных таблицы видно, что с увеличением частоты ЭПТ в интервале 10^3 -10^7 Гц прирост величины свободной энергии активации вязкости достигает максимума при 10^4 Гц, которое указывает на образование связей O-Cr вследствие восстановления дихромат-иона до иона Cr(V) и далее до Cr(III), обладающего высокой комплексообразующей способностью [14]. В свою очередь в работе [4] указывается и на возрастание реакционных способностей полимеров при воздействии ЭПТ. Суммарный эффект воздействия ЭПТ способствует увеличению степени связывания ионов металлов. Поэтому на основании расчетов термодинамических характеристик вязкого течения была предложена схема образования интерполимерного комплекса (рисунок 1) и схема взаимодействия данного комплекса с продуктами восстановления ионов Cr (VI), а именно Cr (III) (рисунок 2).

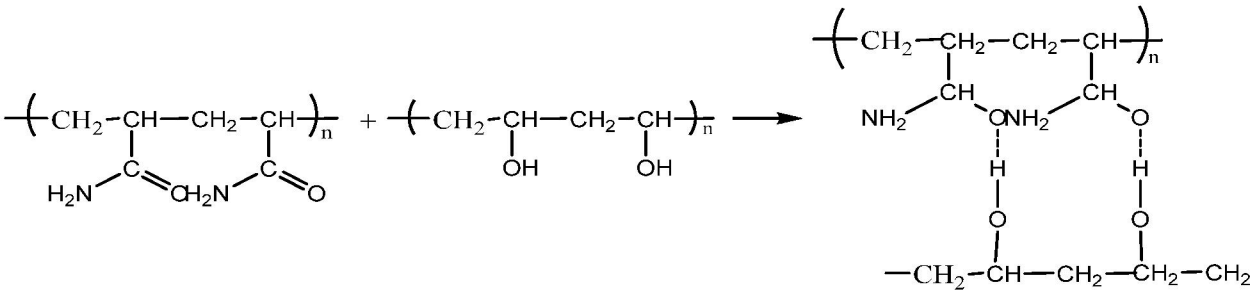

Рисунок 1 - Схема образования интерполимерного комплекса ПВС и ПАА

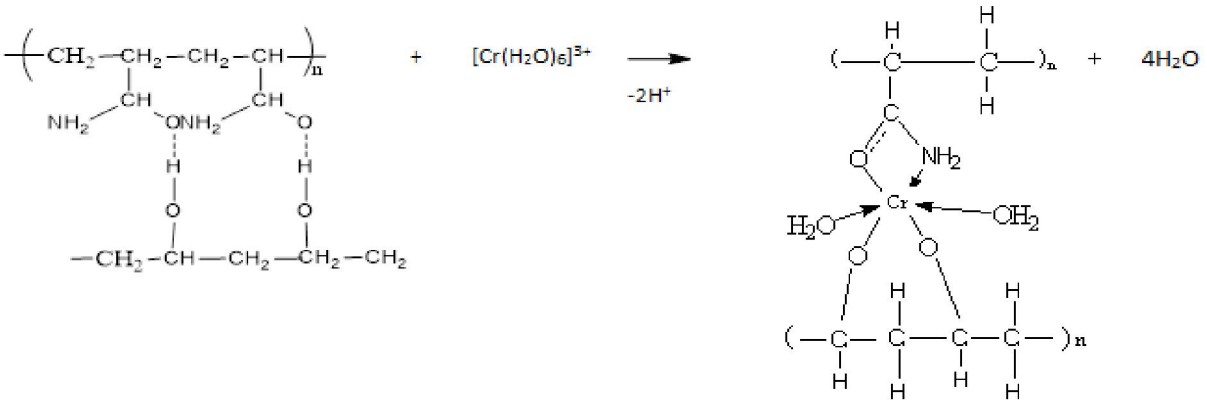

Рисунок 2 - Схема образования полимерметаллического комплекса хрома (III) с ПВС и ПАА

Из данных рисунка 2 видно, что комплекс хрома (III) с ПВС и ПАА образуется за счет донорно-акцепторных и ионных связей. Для ионов никеля (II) аналогичные комплексы образуются за счет донорно-акцепторных связей атомов азота ПАА и электростатических взаимодействии с

гидроксогруппами ПВС, что находит подтверждение в литературе [15, 16]. Следовательно, это указывает на возможность использования данного интерполимерного комплекса при очистке сточных вод от ионов хрома (VI) и никеля (II).

Разработка метода очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованием комплекса ПВС-ПАА

Особое внимание уделяется возможности использования водорастворимых полимеров в качестве матричных основ при извлечении, разделении металлов в сточных водах [17-18]. С этой целью различными исследователями синтезируются различного рода высокомолекулярные соединения, подбираются оптимальные параметры процессов максимального извлечения тяжелых металлов. При оптимальных условиях (таблица 3) были проведены опытно-лабораторные испытания по извлечению ионов хрома и никеля, на пробах предоставленных отделом по охране природы АО «Миттал Стил Темиртау». В таблице 3 приведены степени очистки сточной воды от ионов хрома (VI) и никеля (II) интерполимерным комплексом ПВС-ПАА.

Таблица 3 - Степень очистки от ионов хрома (VI) и никеля (II) с использованием интерполимерного комплекса ПВС-ПАА

M^{n+}	Интерполимерный комплекс	C_0, мг/л	C, мг/л	Степень очистки (%)
Cr^{3+}	ПВС-ПАА	$1{,}38 \cdot 10^{-1}$	$2{,}1 \cdot 10^{-2}$	80,22 (± 0,09)
Ni^{2+}	ПВС-ПАА	$4{,}37 \cdot 10^{-2}$	$9{,}5 \cdot 10^{-5}$	99,78 (± 0,07)

Из данных таблицы 3 видно, что интерполимерный комплекс ПВС-ПАА может быть использован в качестве осветлителя при разработке отстойников в системах очистки сточных вод от ионов хрома (VI) и никеля (II), после обработки электрическим переменным током частотой 10^4 Гц [19-20].

Заключение

В результате проведенных исследований получены математические модели, описывающие вязкое течение смеси поливинилового спирта и полиакриламида при влиянии электрического переменного тока в присутствии ионов металлов (Cr(VI), Ni(II)). Определены оптимальные параметры реализации процесса комплексообразования ионов металлов с полимерами С(ПВС)=0,3 %, С(ПАА)=0,6 %, ПВС:ПАА (1:5), $\nu=10^4$ Гц. Из данных по кинематической вязкости рассчитаны величины изменения энтропии активации и свободной энергии активации. Показано, что максимальные величины энтропии активации вязкого течения в интервале температур 308-318 К характерны для процессов гидратирования макромолекулярных цепей ПВС, ПАА. Установлено, что повышение температуры до 323 К приводит к снижению энтропии активации, которое связано с протеканием процессов связывания полимеров ионами металлов. Показано, что воздействие электрического переменного тока частотой 10^4 Гц способствует восстановлению ионов Cr(VI) до Cr(III). На основании полученных результатов был предложен метод очистки сточных вод АО «Миттал Стил Темиртау» с применением интерполимерного комплекса ПВС-ПАА, обработанного электрическим переменным током. В результате апробации указанного метода была достигнута высокая степень очистки по ионам никеля (II) и хрома (VI), что может быть использовано для разработки отстойников в системах очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, с основным действующим реагентом - смесью ПВС-ПАА после обработки электрическим переменным током частотой 10^4 Гц.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Халилова А. А., Яковлева А. В., Сироткин А. С. Сравнительная оценка токсичности сточных вод, содержащих ионы хрома и никеля с применением различных биотест – объектов // Вестник Казанского технологического университета. Вып. № 10 / 2010. С 392-400.

[2] Tsuchida E., Nishide H. Polymer - Metal Complex and Their Catalitic Activity// Adv. Polym. Sci. 2007. Voi.24.- P.1-87.

[3] Kaneko M., Tsushida E. Formation, Characterization and Catalitic Activities of Polymer- Metal Complexes // J.Polym Sci.Macromol *Rev*. 2001.-Vol.16.- P.397-522.

[4] Шляпов Р. М., Физико-химические характеристики процессов взаимодействия d-металлов с низкомолекулярными и высокомолекулярными соединениями в водных растворах // Автореферат. - 2004 г.

[5] Матвеева Н.Г. Координационные полимеры // - М.:Химия, 1972.- 120 с.

[6] Бектуров Е.А., Кудайбергенов С.Е, Хамзамулина Р.Э // Катионные полимеры.- М.: Наука,1986.-160 с.

[7] Dubin P., Bock J., Davis R., Schulz D.N., Thies C. Macromolecular complexes in Chemistry and biology // Springer – Verlag. Berlin, Heidelberg, 2004. - 359 p.

[8] Бектуров Е. А. Полимерные электролиты, гидрогели, комплексы и катализаторы. -Алматы. 2007. -242 с.

[9] Кудайбергенов С.Е, Бектуров Е.А. Физическая химия растворов полимеров. - Алматы: Научно- исследовательский центр "Ғылым". 2002. - 220 с.

[10] Wafaa M. H., Perihan. A. Kh. Potentiometric Study and Biological Activity of Some Metal Ion Complexes of Polyvinyl Alcohol (PVA) // Int. J. Electrochem. Sci. 2013. - Vol. 8. - P. 1520 – 1533.

[11] Helen M., Viswanathan B., Murthy S. S. Poly(vinyl alcohol)–Polyacrylamide Blends with Cesium Salts of Heteropolyacid as a Polymer Electrolyte for Direct Methanol Fuel Cell Applications // Journal of Applied Polymer Science. 2010.- Vol.116.- P. 3437–3447.

[12] Еланева С. И. Физико-химические методы снижения агрессивности отработанных электролитов путем перевода Cr (VI) в Cr(III) // Известия ПГПУ. №6 (10) 2008 г.

[13] Gupta KC, Sutar AK (2007). Polymer anchored Schiff base complexes of transition metal ions and their catalytic activities in oxidation of phenol // J. Mol. Catal. A. Chem., 272: 64-74.

[14] Ahmed M, Malik MA, Pervez S, Raffig M (2004). Effect of porosity on sulfonation of macroporous styrene-divinylbenzene beads // Euro. Polym J., 40: 1609-1613.

[15] Sowwan M., Makharza S., Sultan W., Ghabboun J., Abu Teir M., Dweik H. Analysis, characterization and some properties of polyacrylamide-Ni (II) complexes // International Journal of the Physical Sciences. 2011. - Vol. 6. Iss. 27. - P. 6280-6285.

[16] Вдовина С. Н., Ферапонтов Н. Б., Золотухина Е. В., Нестерова Е. А. Химическое осаждение меди в гелях сшитых поливинилового спирта и полиакриламида // Конденсированные среды и межфазные границы. 2008 г. Том 12, № 2, - С. 93—100

[17] Давыдовский А. Г., Математическое моделирование эффективности и надежности системы очистки сточных вод гальванических производств // Научн. конф. Уникальные исследования XXI века. 2015 г. №1. С 89-107.

[18] Минлегулова Г. А., Ярошевский А. Б., Шайхиев И. Г. Исследование процесса очистки хромсодержащих гальваностоков сточными водами нефтехимических производств // Вестник Казанского технологического университета. 2014 г. Т.17, Вып. № 2. С. 298-300.

[19] Аширов А. Ионообменная очистка сточных вод // Химия. 2000. - 295 с.

[20] Митроченко Н.А., Самарина А.Е., Хохлова А.В. Исследование природы флокулянтов на степень очистки сточных вод // Сборник материалов международного экономического форума, посвященного 65-летию КузГТУ. 2015 г. - С 53-55.

REFERENCES

[1] Khalilov AA, Yakovleva AV, Sirotkin AS Comparative evaluation of the toxicity of wastewater containing chromium and nickel ions using different bioassay - objects // Bulletin of Kazan Technological University. Vol. Number 10 / 2010. 392-400 p. (in Russ)

[2] Tsuchida E., Nishide H. Polymer - Metal Complex and Their Catalitic Activity. Adv. *Polym. Sci*. 2007. Voi.24. - P.1-87.

[3] Kaneko M., Tsushida E. Formation, Characterization and Catalitic Activities of Polymer- Metal Complexes. *J.Polym Sci.Macromol Rev*. 2001.-Vol.16.- P.397-522.

[4] Slyapov R. M, Physico-chemical characteristics of the interaction of d-metals with low molecular weight and high molecular weight compounds in aqueous solutions. *Abstract*. 2004. (in Russ)

[5] Matveeva N.G. *Coordination Polymers.* M. Chemistry, 1972.- 120 p. (in Russ)

[6] Bekturov EA Kudaibergenov S.E, Hamzamulina RE. *Cationic polimers.*- M .: Nauka, 1986.-160 p. (in Russ)

[7] Dubin P., Bock J., Davis R., Schulz D.N., Thies C. *Macromolecular complexes in Chemistry and biology.* Springer – Verlag. Berlin, Heidelberg, 2004.- 359 p.

[8] Bekturov E. A. *Polymer electrolyte hydrogels, complexes and catalysts*. Almaty.2007.-242. (in Russ)

[9] Kudaibergenov S.E, A.Bekturov E. A. *Physical chemistry of polymer solutions.* Almaty: Scientific and Research Center "Gylym". 2002. - 220 p. (in Russ)

[10] Wafaa M. H., Perihan. A. Kh. Potentiometric Study and Biological Activity of Some Metal Ion Complexes of Polyvinyl Alcohol (PVA). *Int. J. Electrochem. Sci.* 2013. - Vol. 8. - P. 1520 – 1533.

[11] Helen M., Viswanathan B., Murthy S. S. Poly(vinyl alcohol)–Polyacrylamide Blends with Cesium Salts of Heteropolyacid as a Polymer Electrolyte for Direct Methanol Fuel Cell Applications. *Journal of Applied Polymer Science.* 2010.- Vol.116.- P. 3437–3447.

[12] Elaneva S. I. *Physical and chemical methods to reduce the aggressiveness of waste electrolytes by converting Cr (VI) to Cr (III)*. News PGPU. №6 (10) 2008. (in Russ)

[13] Gupta KC, Sutar AK (2007). Polymer anchored Schiff base complexes of transition metal ions and their catalytic activities in oxidation of phenol. J. Mol. *Catal. A. Chem.*, 272: 64-74.

[14] Ahmed M, Malik MA, Pervez S, Raffig M (2004). Effect of porosity on sulfonation of macroporous styrene-divinylbenzene beads. *Euro. Polym J*., 40: 1609-1613.

[15] Sowwan M., Makharza S., Sultan W., Ghabboun J., Abu Teir M., Dweik H. Analysis, characterization and some properties of polyacrylamide-Ni (II) complexes. *International Journal of the Physical Sciences*. 2011. - Vol. 6. Iss. 27. - P. 6280-6285.

[16] Vdovina S. N, Ferapontov NB, Zolotukhin EV, Nesterov EA. Chemical deposition of copper in the gels of crosslinked polyvinyl alcohol, and polyacrylamide. *Condensed substance and phase boundary*. 2008 Volume 12, number 2, pp 93-100. (in Russ)

[17] Davydovsky A.G, Mathematical modeling of the effectiveness and reliability of wastewater treatment systems in electroplating. *Unique study of the XXI century*. 2015 №1. With 89-107. (in Russ)

[18] Minlegulova GA, Yaroshevskii AB, Shaikh IG Investigation of galvanic treatment of chromium-containing wastewater petrochemical plants. *Bulletin of Kazan Technological University*. T.17 2014, Vol. Number 2. S. 298-300. (in Russ)

[19] Ashirov A. The ion exchange treatment of wastewater. *Chemistry*. 2000. - 295 p. (in Russ)

[20] Mitrochenko N. A, Samarin AE, AV Khokhlov Nature of flocculants on the degree of purification of waste waters. *Collected materials of the international economic forum dedicated to the 65th anniversary of KuzGTU*. 2015 With 53-55. (in Russ)

ӘОЖ: 543:541. 138.3

Ш.К. Амерханова[1], М.Ж. Жұрынов[2], Р.М. Шляпов[1], А.С. Уәли[1], А.Е. Иманкулова[1]

[2]Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті, Қарағанды қ., Қазақстан;
[3]Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы қ., Қазақстан

ПОЛИВИНИЛ СПИРТІ - ПОЛИАКРИЛАМИД ИНТЕРПОЛИМЕРІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ АҒЫН СУЛАРДЫ ТАЗАЛАУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ҚОЛДАНУ

Аннотация. Су қорларының ауыр металлдармен ластануы өзекті мәселе болып табылады, сондықтан қазіргі уақытта суда еритін полимерлерді ағын суларды тазалауда қолдану экологиялық тұрғыдан тиімді. Осыған байланысты, жұмыстың мақсаты поливинил спирті-поилиакриламид интерполимерінің физика-химиялық қасиеттері және ағын суларды тазалау жүйелерінде қолдану болып табылады. Комплекс түзілу қабілетін бағалау үшін вискозиметрлық әдіспен және металдарды байланыстыру процесін активтеу айнымалы электр тоғы арқылы жүргізілді. М-ПВС-ПАА жүйесі үшін сыртқы әсер ету кезіндегі полимерлер қоспасының тұтқыр ағуын сипаттайтын математикалық модельдер алынды. Интерполимерлі комплекс құрамындағы полимерлермен ауыспалы металл иондарының комплекс түзілу процесі зерттелген. ПВС-ПАА жүйесіндегі интерполимерлі комплекстің түзілуінің физика-химиялық сипаттамалары анықталды. Әртүрлі жиіліктегі айнымалы токпен әсер ету полиакриламидтің поливинил спирті қоспасы құрамында комплекс түзуші қасиетін жоғарылататыны және Cr(VI) тотықтыратыны дәлелденді. Көп компонентті жүйедегі М-ЖМҚ қоспасы никель (II) және хром Cr (VI) бөліп алудың оптималды параметрлері анықталды. ПВС-ПАА қоспасын ағын суларды хром Cr (VI) иондарынан тазартуға қолдануға болатыны, ал қоспаны никель құрамды ағын суларға қосып тазарту ауыр металл ионларының концентрациясын 0,07 % дейін төмендететіні дәлелденді.

Түйін сөздер: поливинил спирті, полиакриламид, комплекстүзілу, тұтқыраққыштық, тазалау.