

УДК 547.7/8

ПОИСК НОВЫХ ЛЮМИНОФОРОВ С ЗАДАНЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ И ХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**XIV. N-АРИЛМЕТИЛЕН- И N-ГЕТАРИЛМЕТИЛЕНПРОИЗВОДНЫЕ ПОЛИ(3-АМИНОПРОПЕНА)****А.П. Шкумат^a, А.А. Зими́на^b***Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, химический факультет, пл. Свободы, 4, Харьков, 61022, Украина*a) ✉ shkumat@karazin.ua <https://orcid.org/0000-0001-9705-6235>b) ✉ zymina.ana@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-3624-7817>

Исследована возможность создания флуоресцирующих полимеров производных поли(3-аминопропена) (ПАП) путем алкилирования аминогрупп флуоресцирующими ароматическими или гетероциклическими альдегидами по реакции Лейкарта-Валлаха. Синтез N-алкилированных производных ПАП проводили путем последовательного превращения: акриламид → ПАА ($M_n = 100$ кДа) → ПАП → алкилированный ПАП. Вследствие невозможности использовать $LiAlH_4$ для восстановления амидных групп полиакриламида до аминных из-за низкой растворимости полимера в неводных (диэтиловый эфир, тетрагидрофуран и др.) растворителях проведена оптимизация восстановления ПАА другими восстановителями. Установлено, что наилучшие условия для восстановления амидных групп ПАА до аминных – уксусная кислота – диоксан как растворитель и $NaBH_4$ (суспендированный в безводном 1,4-диоксане) как восстановитель. По данным ИК спектроскопии полученные продукты – сополимеры 3-аминопропена (основное количество элементарных звеньев), акриламида и акриловой кислоты. Для модифицирования строения полученного полимера использовали реакцию Лейкарта-Валлаха, где в качестве альдегидов, обладающих люминесценцией были выбраны: пирен-3-альдегид, 2-гидрокси-1-нафталальдегид, антрацен-9-карбальдегид и 3,5-фенил-1-(4-формилфенил)-2-пирозолин. Для получения N-Ar/Het-метиленовых производных смесь ПАП, альдегида и 98% муравьиной кислоты нагревали в жестких условиях (6 часов, глицериновая баня), выделяли и очищали. Полученные модифицированные образцы полимеров интенсивно флуоресцируют как в твердом состоянии, так и в виде растворов, что указывает на успешное прохождение реакции Лейкарта-Валлаха. Спектральные характеристики получены для растворов в смешанном растворителе – этилацетат – муравьиная кислота (9 : 1). Как для исходных альдегидов так и для сополимеров в используемом смешанном растворителе спектральные кривые флуоресценции теряют колебательную структуру, вероятно, из-за влияния смешанного растворителя на молекулы люминофора (для исходных альдегидов) и боковые метиламино-N-арилметиленовые $[-\dots-CH_2-CH(CH_2-NH-CH_2-Ar)-]$ и метиламино-N-гетарилметиленовые $[-CH_2-CH(CH_2-NH-CH_2-Het)- \dots]$ группы как в основном так и в возбужденном состоянии, а для полимеров неоднородности среды с локальными зонами полярности.

Ключевые слова: синтез, поли(3-аминопропен), полиаллиламин, ПАП, люминофоры, ИК-спектры, спектры поглощения и флуоресценции.

Поли(3-аминопропен) (ПАП) или, чаще используемое, исторически сложившееся название, полиаллиламин (ПААм) – в отличие от ядовитого мономера, нетоксичный, механически достаточно прочный полимер волокнистой структуры, который применяется, например, в бумажной промышленности (для увеличения прочности бумаги), а также является ценным материалом для целого ряда биомедицинских применений. Так, на основе ПАП синтезируют полимерные хелатные смолы, а также сорбционные волокна. Но даже не модифицированный ПАП с его функциональными группами может быть использован для селективного удаления ионов меди (II) от ионов других тяжелых металлов [1–4]. Таким образом, ПАП и его сополимеры представляет большой интерес в связи с возможностью его простой модификацией путем алкилирования, ацилирования или других преобразований аминогруппы.

Получение ПАП и его сополимеров определенной молекулярной массы, кроме традиционной полимеризации аллиламина, возможно путем полимеризации акриламида в среде апротонного растворителя (инициатор – 2,2'-азобис(изобутиронитрил) или пероксид бензоила) [5] и последующего восстановления полиакриламида (ПАА) до ПАП. В этом случае возможно получение скорее сополимера аллиламина и акриламида. Однако наличие остаточных амидных

групп в этом случае будет полезным для сохранения частичной водорастворимости образующегося продукта. Мы решили исследовать возможность модификации строения ПАП путем последовательного превращения: акриламид → ПАА → ПАП → алкилированный ПАП с целью получения новых флуоресцирующих материалов.

Полученный ПАА по методике описанной в нашей работе [5] с молекулярной массой 100 кДа (определено вискозиметрически) использовали для дальнейших его превращений в ПАП:

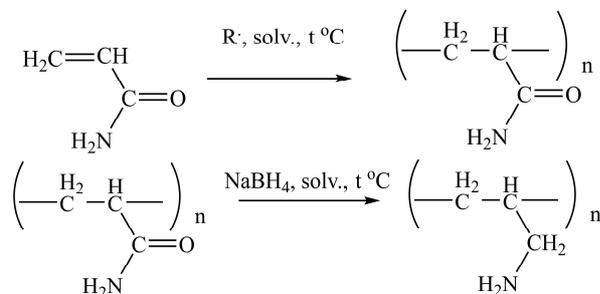


Схема 1. Схема синтеза поли(3-аминопропена)

К сожалению, использовать LiAlH_4 для восстановления амидных групп ПАА до аминных оказалось невозможным, из-за низкой растворимости полимера в неводных растворителях (диэтиловый эфир, тетрагидрофуран и др.). В результате проверки многочисленных вариантов восстановления амидных групп ПАА мы пришли к выводу, что наилучшие условия для восстановления амидных групп ПАА до аминных и, пожалуй, безальтернативные – уксусная кислота как растворитель и NaBH_4 (суспендированный в безводном 1,4-диоксане) как восстановитель. Об образовании ПАП при восстановлении ПАА мы можем утверждать по данным ИК спектров для ПАА и ПАП в области $1600\text{--}1650$ и $2200\text{--}3700$ cm^{-1} (рис. 1) – изменение интенсивности соответствующих полос поглощения – CONH_2 полиакриламида и NH_2 групп поли(3-аминопропена) (Рис. 1). Выделенный и очищенный ПАП (многократной промывкой этиловым спиртом) использовали для дальнейшей модификации.

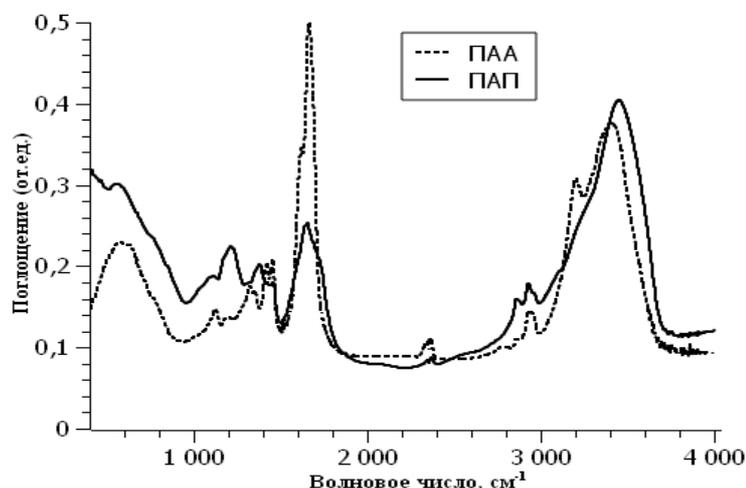


Рисунок 1. ИК спектры ПАА и ПАП (сополимер аллиламина – акриламида – акриловой кислоты : ПАП) (табл. KBr)

На спектрограммах ПАА и ПАП (Рис. 1) в области $1600\text{--}1800$ cm^{-1} наблюдается уменьшение интенсивности ассиметричной мало структурированной полосы с максимумом в области 1652 cm^{-1} полосы поглощения CONH_2 - групп от 0.5 до 0.24. Её незначительная ассиметричность в сторону больших значений волновых чисел указывает на присутствие в синтезированном полимере некоторого количества карбоксильных групп, образовавшихся в результате побочной реакции гидролиза амидных групп (из данных ИК-спектров количественно установить соотношение карбоксильных и амидных групп не представляется возможным). Кроме того в области $3100\text{--}3700$ cm^{-1} наблюдается изменение формы структурированной полосы поглоще-

ния, которая обусловлена поглощением аминогрупп, как свободных так и связанных с карбоксильными группами сильными водородными связями и на их фоне полос поглощения, обусловленными колебаниями скелетных CH_2 - и CH - групп. Обращает на себя внимание также и факт появления новых полос поглощения при 1200 и 1380 см^{-1} . При 1445 см^{-1} наблюдается изменение формы и интенсивности расположенных рядом полос, обусловленные деформационными колебаниями CH_2 - и CH - групп, в связи с появлением новых CH_2 -групп, которые образовались в результате восстановления амидных групп до метиленаминных. Следует отметить, что точная интерпретация всех полос поглощения полимеров в области 1000 - 1600 см^{-1} невозможна, т.к. это область «отпечатков пальцев».

Для модифицирования строения полученного полимера (сополимера аллиламина – акриламида – акриловой кислоты: ПАП) мы использовали реакцию Лейкарта-Валлаха:

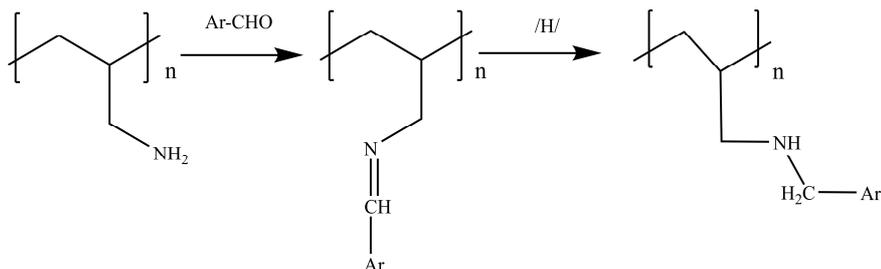


Схема 2. Модификация поли(3-аминопропена) по реакции Лейкарта-Валлаха.

В качестве альдегидов, обладающих люминесценцией, были выбраны:

- пирен-3-альдегид – соединение **Ia**;
- 2-гидрокси-1-нафтальдегид – соединение **IIa**;
- антрацен-9-карбальдегид – соединение **IIIa**;
- 3,5-фенил-1-(4-формилфенил)-2-пиразолин – соединение **IVa**.

В результате получены модифицированные полимерные образцы – **Ip**, **Iп**, **IIIп**, **IVп**.

Формулы модифицированных элементарных звеньев представлены ниже:

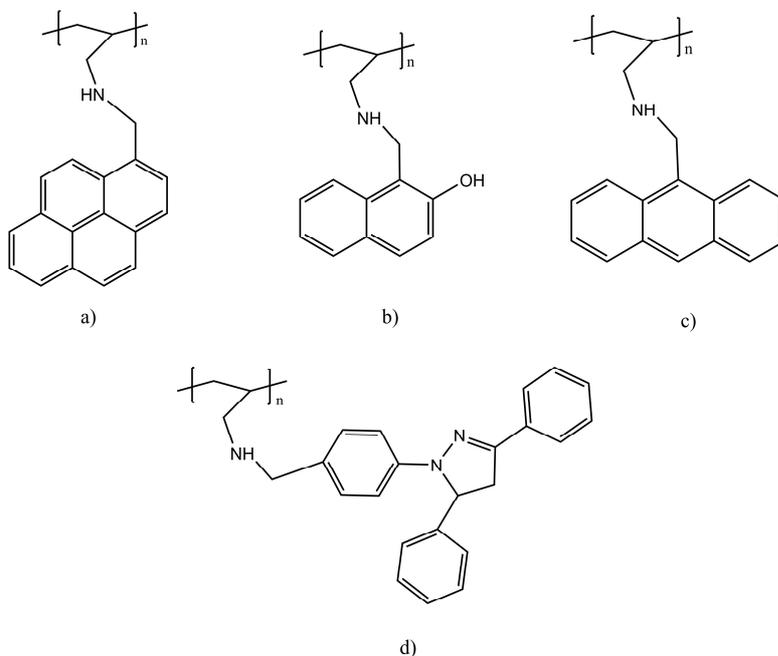


Рисунок 2. Формулы модифицированных элементарных звеньев сополимера ПАП, соответственно: а) пирен-3-альдегидом, б) 2-гидрокси-1-нафтальдегидом, с) антрацен-9-карбальдегидом, д) 3,5-фенил-1-(4-формилфенил)-2-пиразолином.

Взаимодействие элементарных звеньев, содержащих аминогруппы, полимера и указанных выше альдегидов проводили в среде муравьиной кислоты (и как растворителя и как восстано-

вителя) в достаточно жестких условиях (длительное кипячение на глицериновой бане, последующая отгонка муравьиной кислоты на 50–70%, а иногда до 90%). После длительного кипячения (6 часов) реакционной смеси, состоящей из модифицированного полимера, ароматического (или гетероциклического) альдегида, обладающих люминесценцией, и муравьиной кислоты, взятой в избытке, последующей отгонкой части муравьиной кислоты, густой вязкий остаток (с целью исключения из образца модифицированного ПАП избыточного количества молекул люминофоров, которые не вступили в реакцию), двукратно обрабатывали ацетоном, ацетон отделяли, продукт сушили, проверяли на чистоту (наличие остаточных количеств альдегидов ТСХ методом). Степень превращения зависит от условий проведения реакции и её длительности.

На ИК спектрах для модифицированных образцов ПАП (соответственно пирен-3-альдегидом, 2-гидрокси-1-нафталальдегидом, 9-антральдегидом и 3,5-фенил-1-(4-формилфенил)-2-пиразолином) за счет вклада поглощения ароматических ядер и уменьшения количества свободных аминогрупп в области 1500–1650 (I_1) и 2400–3700 (I_2) см^{-1} изменяется форма, а также соотношение полос поглощения (I_1/I_2) (соответственно 0.55, 0.705, 0.81 та 0.865), более четко проявляются полосы поглощения в области деформационных колебаний (1450–1460 см^{-1}), а также несколько изменяется форма и положение составляющих полосы поглощения в области 3000–3600 см^{-1} . Однако, более существенные изменения видны в области 1000–1550 см^{-1} (на рисунке 3 область обведена овалом) в связи с изменившимся количеством одинарных связей и проявлением новых деформационных колебаний.

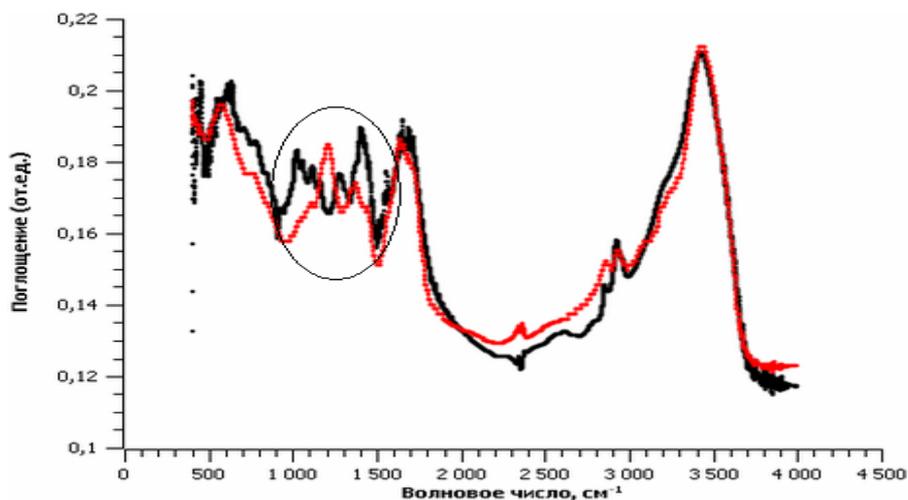


Рисунок 3. Сравнение ИК спектров поглощения сополимера ПАП (черная кривая) и продукта 3,5-фенил-1-(4-формилфенил)-2-пиразолином (соед. **IVп**) (красная кривая)

Полученные модифицированные образцы полимеров интенсивно флуоресцируют как твердом состоянии, так и в виде растворов, что указывает на прохождение реакции Лейкарт-Валлаха. Установлено, что наилучшая растворимость сополимеров достигается в смешанном растворителе этилацетат – муравьиная кислота (9 : 1). Растворы получены путем последовательного растворения навески полимера в муравьиной кислоте, а затем разбавления полученного раствора этилацетатом. Данные о спектрах поглощения и люминесценции приведены в таблице 1. Пример спектральных кривых для соединения **IVа** и полимера **IVп** приведены на рисунке 4.

При анализе спектров поглощения и флуоресценции обращает на себя внимание тот факт, что как для исходных альдегидов так и для сополимеров в используемом смешанном растворителе спектральные кривые флуоресценции теряют колебательную структуру, вероятно, из-за специфического влияния смешанного растворителя на молекулы люминофора (для исходных альдегидов) и боковые метиламино-N-арилметиленовые $[-\dots-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{Ar})-]$ и метиламино-N-гетарилметиленовые $[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{Het})-\dots]$ группы как в основном так и в возбужденном состоянии. Каждая группа имеет собственное окружение ближайшими фрагментами макромолекул, имеющих сложное конформационное строение, и собственное ближайшее окружение молекулами растворителя. Следовательно, хромофоры модифицированных

образцов находятся в неоднородной среде с локальными зонами различной полярности и из-за этого структурная релаксация различных хромофоров образца проходит неодинаково, и полосы флуоресценции получаются размытыми.

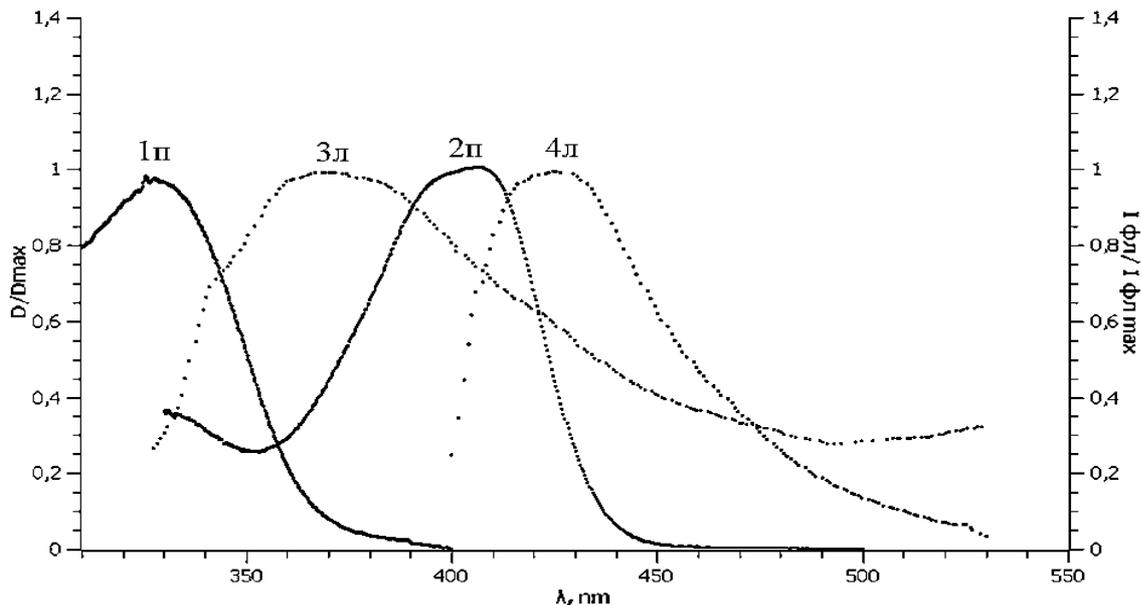


Рисунок 4. Спектры поглощения и флуоресценции IVa и IVп: **1•п** 3,5-фенил-1-(4-формилфенил)-2-пиразолина; **2•п** ПАП модиф. 3,5-фенил-1-(4-формилфенил)-2-пиразолином; **3•л** 3,5-фенил-1-(4-формилфенил)-2-пиразолина; **4•л** ПАП модиф. 3,5-фенил-1-(4-формилфенил)-2-пиразолином (где п - поглощение; л – люминесценция)

Таблица 1. Спектральные характеристики исходных люминофоров и модифицированных продуктов (растворитель: этилацетат – муравьиная кислота (9 : 1))

№	Поглощение, λ, нм		Люминесценция, λ, нм		
	Соед. (превращение)	Альдегида	Модифицированного полимера	Альдегида	Модифицированного полимера
Ia→Iп		382	381	460	459
IIa→IIп		376	377	423	432
IIIa→IIIп		390	395	512	513
IVa→IVп		326	405	371	426

Экспериментальная часть

ИК-спектры измеряли на ИК-спектрометре с преобразованием Фурье Nicolet iS5 в диапазоне волновых чисел 4000–400 см⁻¹ для твердого состояния (таблетки KBr).

Спектры поглощения растворов альдегидов и полимерных продуктов измеряли на спектрофотометре Hitachi-U 3210, а спектры флуоресценции на спектрофлуориметре Hitachi-850. Из-за низкой растворимости полимерных продуктов использовали смешанный растворитель (этил-ацетат – муравьиная кислота (9 : 1)).

Синтез ПАА. К раствору акриламида в этилацетате (2 г на 50 мл) прибавляли инициатор полимеризации (бензоилпероксид – 0.2 г) и смесь нагревали с обратным холодильником в течение 2-х часов. Полученный полимер растворяли в воде, осаждали ацетоном и сушили. Очищенный от олигомеров ПАА с молекулярной массой 100 кДа (определяли вискозиметрически) использовали для дальнейших превращений.

Синтез ПАП. К раствору ПАА в ледяной уксусной кислоте (5 г на 100 мл) при интенсивном перемешивании порциями (через 0.5 часа, скорость прибавления ограничивается бурным выделение газа) добавляли 10 г NaBH₄, суспендированного в 1,4-диоксане. Общее время прибавления и последующего перемешивания – 4.5 часа. Реакционную смесь нагревали с обратным хо-

лодильником в течение еще 3-х часов. Смесь расслаивалась, смолу отделяли и высушивали. Полученный белый продукт промывали этиловым спиртом, измельчали и кипятили со спиртом в течение 2-х часов. Очищенный полимер высушивали, анализировали на наличие аминогрупп и использовали для последующей модификации.

Модификация ПАП. Смесь ПАП и альдегида последовательно растворяли в 98%-ной муравьиной кислоте, кипятили на глицериновой бане (температура бани 150 °С) в течение 6-ти часов, далее 50–70% (иногда до 90%) муравьиной кислоты отгоняли, из полученного вязкого остатка ацетоном осаждали сырой модифицированный полимер. Для удаления избыточного, не вступившего в реакцию, альдегида продукт переосаждали путем двукратной промывки горячим ацетоном и сушили.

Выводы

1. Восстановлением ПАА боргидридом натрия в среде уксусная кислота – диоксан получен сополимер полиаминопропена, акриламида и акриловой кислоты (сополимер ПАП). Химическое превращение подтверждено данными ИК спектров образцов полимеров и дальнейшими процессами их модификации.
2. Показано, что одним из методов модификации аминогрупп сополимера ПАП является реакция Лейкарта-Валлаха. Взаимодействием аминогрупп ПАП с ароматическими или гетероциклическими альдегидами получены производные ПАП с боковыми метиламино-N-арилметиленовыми [-CH₂-CH(CH₂-NH-CH₂-Ar)-] метиламино-N-гетарилметиленовыми группами [-CH₂-CH(CH₂-NH-CH₂-Het)- ...], где Ar- 3-пиренил, 9-антрил- та 2-гидрокси-1-нафтил- или Het – 4-(3,5-фенил-2-пиразолинил-1)фенил-.
3. Проведено сравнительное исследование и анализ ИК спектров, спектров поглощения и флуоресценции образцов ПАП и модифицированных соединений, которые подтверждают достоверность проведенных химических превращений.

Литература

1. Царик Л.Я., Подкуйко П.А., Олонцева Е.П., Соболева А.В., Подкуйко О.Г., Алексева О.В., Кульпе Н.В., Ильющенко Г.А. Способ получения полиаллиламина. РФ. 2013130138/04, 01.07.2013.
2. Zhao H. C. Synthesis and Thermal Property of Poly(Allylamine Hydrochloride). *Advanced Materials Research*. **2011**. 150-151, 1480-1483.
3. Li M., Li Y., Yu L., Sun Y. Characterization of poly(allylamine) as a polymeric ligand for ion-exchange protein chromatography. *Journal of Chromatography*. **2017**, 1486, 103-109.
4. Рычина Т. А. Сорбционные свойства полиаллиламина / Т. А. Рычина, Н. В. Лакиза, А. В. Пестов // Проблемы теоретической и экспериментальной химии : Тезисы докладов XXVIII Российской молодежной научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения профессора В. А. Кузнецова (Екатеринбург, 25-27 апреля 2018 г.). – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018. – С. 147-147.
5. Шкумат А.П. Поиск новых люминофоров с заданными физико-химическими и химическими свойствами. IX. Новые водорастворимые сополимеры акриламида // *Вісник Харківського національного університету*. 2012. 1026. Хімія. Вип. 21(44); 126 – 133.

References

1. Tsarik L. Ya., Podkujko P. A., Olonceva E. P., Soboleva A.V., Podkujko O. G., Alekseeva O. V., Kul'pe N. V., Il'yushenko G. A. Method of obtaining polyallylamine. Patent RF. 2013130138/04, 01.07.2013 [in Rus].
2. Zhao H. C. Synthesis and Thermal Property of Poly(Allylamine Hydrochloride). *Advanced Materials Research*. **2011**. 150-151, 1480-1483
3. Li M., Li Y., Yu L., Sun Y. Characterization of poly(allylamine) as a polymeric ligand for ion-exchange protein chromatography. *Journal of Chromatography*. **2017**, 1486, 103-109.

4. Rychina T.A, Lakiza N. V., Pestov A. V. Sorption properties of polyallylamine. Problems of theoretical and experimental chemistry: Abstracts of the XXVIII Russian youth scientific conference with international participation. Yekaterinburg: Publishing House of the Ural University, 2018. P. 147-147 [in Rus].
5. Shkumat A. P. The search of new luminophores with predetermined physical and chemical properties. IX. New water-soluble co-polymers of acrylamide. *Kharkiv Univ. Bull., Chem. Ser.* 2012, 21, 126-133 [in Rus].

Надіслано до редакції 22 квітня 2020 р.

А.П. Шкумат, А.О. Зиміна. Пошук нових люмінофорів із заданими фізико-хімічними і хімічними властивостями. XIV.N-Арилметиле-н- і N-гетарилметиле-н-похідні полі(3-амінопропена).

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, хімічний факультет, майдан Свободи, 4, Харків, 61022, Україна

Досліджено можливість створення полімерів, що мають флуоресценцію, похідних полі(3-амінопропена) (ПАП) шляхом алкілювання аміногруп ароматичними або гетероциклічними альдегідами по реакції Лейкарта-Валлаха з власною флуоресценцією. Синтез N-алкільованих похідних ПАП проводили шляхом послідовного перетворення: акриламід → ПАА (Mv = 100 кДа) → ПАП → алкільовані ПАП.

Внаслідок неможливості використовувати LiAlH₄ для відновлення амідних груп поліакриламід до амініх через низьку розчинність ПАА в неводних (діетиловий ефір, тетрагідрофуран і ін.) розчинниках проведена оптимізація відновлення ПАА іншими відновниками. Встановлено, що найкращі умови для відновлення амідних груп ПАА до амініх – оцтова кислота - діоксан як розчинник і NaBH₄ (супендований в безводному 1,4-діоксані) як відновник.

За даними ІК спектроскопії отримані продукти - сополімери 3-амінопропена (основна кількість елементарних ланок), акриламід і акрилової кислоти. Для модифікування будови отриманого полімеру використовували реакцію Лейкарта-Валлаха, де в якості альдегідів, що мають люмінесценцію, були обрані: пірен-3-альдегід, 2-гідрокси-1-нафтальдегід, антрацен-9-карбальдегід і 3,5-феніл-1-(4-формілфеніл)-2-піразолін.

Для отримання N-Ar/Het-метиленових похідних суміш ПАП, альдегіду і 98 % мурашиної кислоти нагрівали в жорстких умовах (6 годин, гліцерінова баня), виділяли і очищали. Отримані модифіковані зразки полімерів інтенсивно флуоресцирують як у твердому стані, так і у вигляді розчинів, що вказує на успішне проходження реакції Лейкарт-Валлаха.

Спектральні характеристики отримані для розчинів у змішаному розчиннику - етилацетат - мурашина кислота (9 : 1). Як для вихідних альдегідів, так і для сополімерів, у використовуваному змішаному розчиннику спектральні криві флуоресценції втрачають коливальну структуру, ймовірно, через специфічний вплив змішаного розчинника на молекули люмінофора (для вихідних альдегідів) і бічні метил-аміно-N-арилметиленові - [...CH₂-CH(CH₂-NH-CH₂-Ar)-...] і метиламіно-N-гетарилметиленові [...-CH₂-CH(CH₂-NH-CH₂-Het)-...] групи як в основному так і в збудженому стані, а для полімерів неоднорідності середовища з локальними зонами полярності.

Ключові слова: синтез, полі(3-амінопропен), поліаліламін, ПАП, люмінофори, ІЧ-спектри, спектри поглинання і флуоресценції.

A.P. Shkumat, A.O. Zymina. Search for new luminophores with predetermined physicochemical and chemical properties. XIV.N-Arylmethylene- and N-hetarylmethylene derivatives of poly (3-aminopropene).

V.N. Karazin Kharkiv National University, School of Chemistry, 4 Svobody sqr., 61022 Kharkiv, Ukraine

The possibility of creating polymers with fluorescence, derivatives of poly (3-aminopropene) (PAP) by alkylation of amino groups with aromatic or heterocyclic aldehydes by Leykart-Wallach reaction with own fluorescence was investigated. Synthesis of N-alkylated PAP derivatives was performed by sequential conversion: acrylamide → PAA (Mv = 100 kDa) → PAP → alkylated PAP.

Due to the impossibility of using LiAlH₄ to reduce the amide groups of polyacrylamide to amine due to the low solubility of PAA in the non-aqueous (diethyl ether, tetrahydrofuran, etc.) solvents, the reduction of PAA by other reducing agents was optimized. It was found that the best conditions for the reduction of amide groups of PAA to amine - acetic acid - dioxane as a solvent and NaBH₄ (suspended in anhydrous 1,4-dioxane) as a reducing agent.

According to IR spectroscopy, the products obtained are copolymers of 3-aminopropene (the main amount of elementary units), acrylamide and acrylic acid. To modify the structure of the obtained polymer, the Leuckart-Wallach reaction was used, where the following aldehydes having luminescence were selected: pyrene-3-aldehyde, 2-hydroxy-1-naphthaldehyde, anthracene-9-carbaldehyde, and 3.5 phenyl-1-(4-formylphenyl)-2-pyrazoline.

To obtain N-Ar/Het-methylene derivatives, a mixture of PAP, aldehyde and 98% formic acid was heated under harsh conditions (6 hours, glycerol bath), isolated and purified. The obtained modified samples of polymers are intensely fluorescent both in the solid state and in the form of solutions, which indicates the successful passage of the Leuckart-Wallach reaction.

Spectral characteristics were obtained for solutions in a mixed solvent – ethyl acetate – formic acid (9 : 1). For both the original aldehydes and the copolymers in the mixed solvent used, the spectral fluorescence curves lose their oscillatory structure, probably due to the specific effect of the mixed solvent on the phosphor molecules (for the original aldehydes) and the side methylamino-N-arylmethylene - [...CH₂-CH(CH₂-NH-CH₂-Ar)- ...] and methylamino-N-getarylmethylene [...-CH₂-CH(CH₂-NH-CH₂-Het)-...] groups both in the ground and in the excited state, and for polymers of inhomogeneity of the medium with local polarity zones.

Keywords: synthesis, poly(3-aminopropene), polyallylamine, PAP, luminophores , IR spectra, absorption and fluorescence spectra.

Kharkiv University Bulletin. Chemical Series. Issue 34 (57), 2020