

ХИМИЯ

Научная статья
УДК 541.6

N,N-диаллилакриламид и полимеры на его основе

Алим Владимирович Бляшев¹, Мадина Биляловна Бегиева²

^{1,2}Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Кабардино-Балкарская Республика, Нальчик, Россия

¹ablyashev@internet.ru

²madibeg@mail.ru

Аннотация. Обсуждены условия синтеза нового мономера – N,N-диаллилакриламида. Реакцией радикальной полимеризации получен новый полимер полилактат N,N-диаллилакриламид. Структура полученных продуктов аллильной природы подтверждена элементным анализом, ИК- и ЯМР-спектроскопией.

Ключевые слова: радикальная полимеризация, полимер, мономер, мономер N,N-диаллилакриламид, поли-N,N-диаллилакриламид, лактат-N,N-диаллилакриламид, поли-лактат N,N-диаллилакриламид

Для цитирования: Бляшев А.В., Бегиева М.Б. N,N-диаллилакриламид и полимеры на его основе // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. 2026. Т. 16, N 2. С. 63–72.

CHEMISTRY

Original article

N,N-diallylacrilamid and polymers based on it

Alim V. Blyashev¹, Madina B. Begieva²

^{1,2}Kabardino-Balkarian State University, Kabardino-Balkarian Republik, Nal'chik, Russia

¹ablyashev@internet.ru

²madibeg@mail.ru

Abstract. The conditions for the synthesis of a new monomer, N,N-diallylacrylamide, are discussed. A new polymer, polylactate N,N-diallylacrylamide, was obtained by radical polymerization. The structure of the obtained products of allyl nature was confirmed by elemental analysis, IR and NMR spectroscopy.

Keywords: radical polymerization, polymer, monomer, N,N-diallylacrylamide monomer, poly- N,N-diallylacrylamide, lactate- N,N-diallylacrylamide monomer, poly- lactate- N,N-diallylacrylamide

For citation: Blyashev A.V., Begieva M.B N,N-diallylacrilamid and polymers based on it *Proceeding of the Kabardino-Balkarian State University*. 2026;16(2):63–72. (In Russ.).

Исследованию реакции радикальной полимеризации мономеров диаллильной природы посвящен целый ряд работ [1–5]. Это обусловлено особенностью полимеризационных процессов диаллильных мономеров, в частности, циклолинейным механизмом роста цепи при полимеризации.

Впервые образование полимеров с циклолинейной структурой на основе мономеров диаллильной природы было показано Батлером и его сотрудниками. Механизм циклополимеризации Батлер объяснял наличием в цепи актов внутри- и межмолекулярного присоединения, обусловленных электронным взаимодействием между двумя двойными связями в молекуле диаллиламина [6–10]. Циклополимеризацию диаллиламинов он представил в схеме 1:

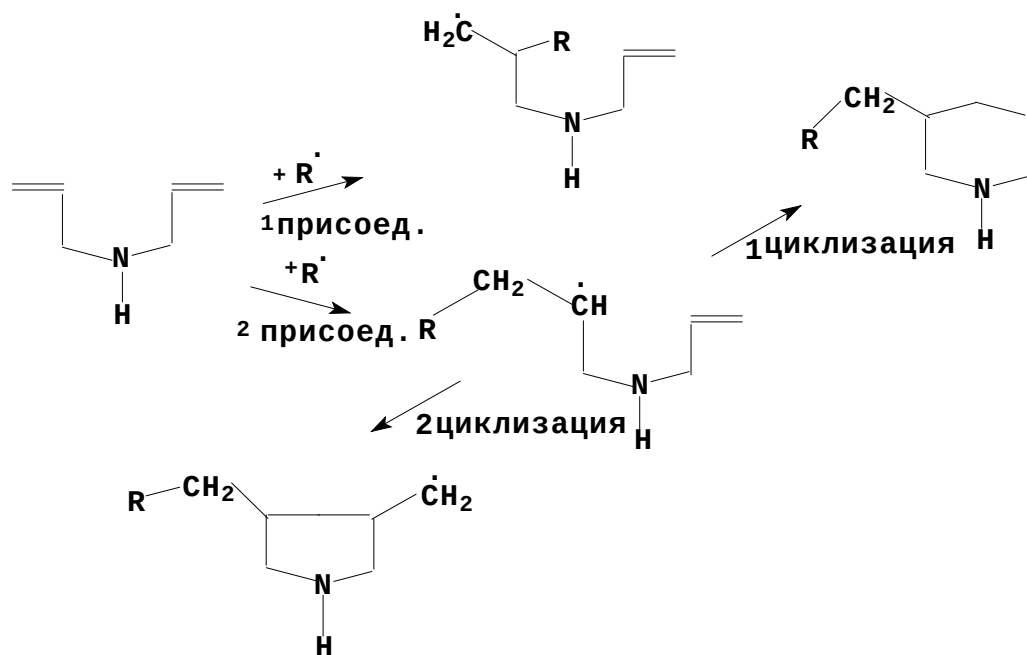
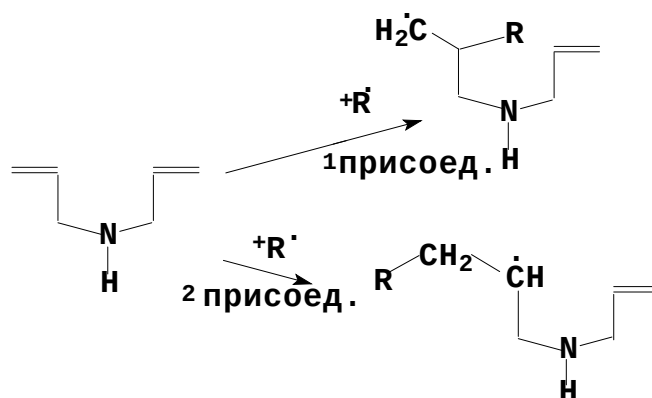


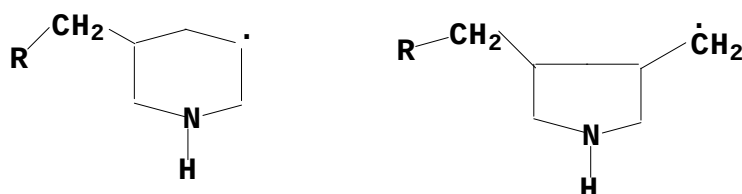
Схема 1

Впоследствии механизм циклополимеризации мономеров диаллильной природы изучался целым рядом авторов [11–15]. В настоящее время можно считать установленным, что рост цепи при циклополимеризации состоит из трех последовательных стадий:

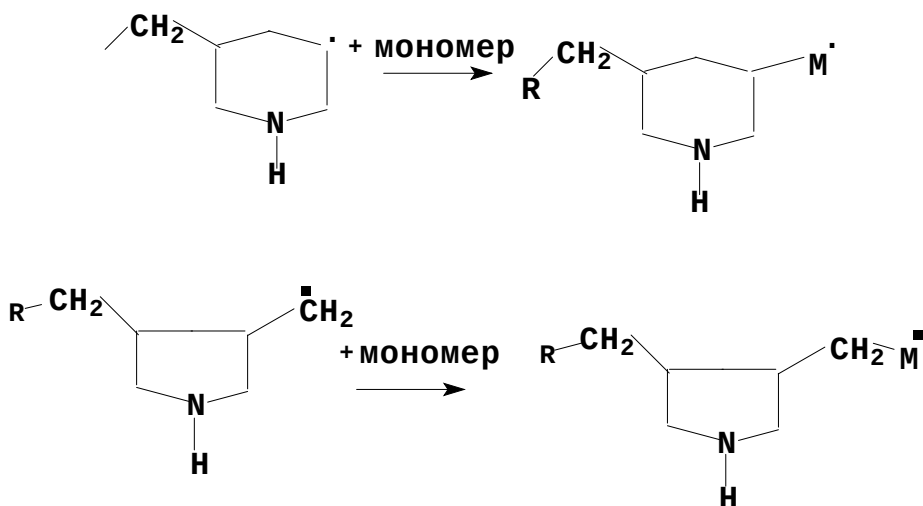
1) межмолекулярное взаимодействие – присоединение радикала к первой двойной связи в молекуле мономера с образованием внутреннего радикала:



2) реакция внутримолекулярного роста – циклизация:



3) рост цепи – присоединение молекулы мономера к циклическому радикалу (межмолекулярное взаимодействие).



В работах [16–26] было показано, что скорость полимеризации диаллиламина и его производных заметно повышается в комплексообразующих и кислых средах, превращаясь в соответствующих растворах в кватернизованную форму. При этом деградиционная передача цепи на мономер частично трансформируется в эффективную передачу.

В настоящее время исследователи уделяют повышенное внимание синтезу *N*-замещенного акриламида диаллильной природы, несмотря на то, что акриламид (АА) является токсичным веществом [27–32].

Полимеры, получаемые на основе *N*-замещенного акриламида, не обладают токсичными свойствами. Полиакриламид относится к числу доступных и сравнительно недорогих водорастворимых полимеров неионогенного характера с уникальным комплексом прикладных свойств. Главным недостатком водных растворов полиакриламида является низкая солестойкость [27].

В связи с этим синтез новых мономеров и полимеров диаллильной природы на основе *N*-замещенного акриламида с регулируемым гидрофобно-гидрофильным балансом является весьма актуальной проблемой.

В настоящей работе изложены результаты экспериментальных исследований особенностей процессов получения высокомолекулярных водорастворимых полимеров с регулируемым кислотнo-основным и гидрофильно-гидрофобным балансом на основе *N*-замещенного акриламида диаллильной природы.

Экспериментальная часть

В экспериментах использовали реагенты отечественного производства квалификации х.ч.

Исходные вещества

Получение *N,N*-диаллилакриламида

N,N-диаллилакриламид (ДАА) получали алкилированием акриламида хлористым (бромистым) аллилом. *N,N*-диаллилакриламид – мономер светло-желтого цвета. $T_{пл}=135,81\pm 2$ °С. Найдено, %: С – 70,06; N – 9,06; H – 8,09.

Получение полимера

Поли-*N,N*-диаллилакриламид (ПДАА) получали в водном растворе реакцией радикальной полимеризации *N,N*-диаллилакриламида в присутствии радикального инициатора, персульфат аммония (ПСА) при температуре 60–80 °С. Синтез проводили при данной температуре в течение 5–8 часов. Поли-*N,N*-диаллилакриламид – полимер светло-желтого цвета, 147 ± 2 °С. Выход полимера 70 %, $\eta_{прив.}=0,25$ дл/г

Структура синтезированного полимера – поли-*N,N*-диаллилакриламида подтверждена ¹³С-ЯМР спектроскопией.

Методы анализа

Спектры ¹³С ЯМР регистрировались на спектрометре WP-80 фирмы «Брукер» с рабочей частотой на ядрах ¹³С 10,115 МГц, при температуре 35–40 °С. В качестве стандарта использовали внешний эталон. Химические сдвиги ¹³С ЯМР были приведены в δ-шкале и определялись относительно внешнего стандарта по формуле:

$$\delta_{TMC} = \delta + 49,5 \text{ м.д.}$$

Точность измерения химических сдвигов составила $\pm 0,03$ м.д.

Спектры ИК-спектроскопии

ИК-спектры регистрировали на Perkin Elmer (США) Spektrum Two (Нидерланды) в области $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$.

Измерение характеристической вязкости полимеров

Значения характеристической вязкости поли-N,N-диаллилакриламида были определены вискозиметрическим методом в 1 н растворе NaCl при 25 °С. Молекулярные веса определяли по формуле Марка – Куна – Хаувинка:

$$[\eta] = K \times 10^{-4} M^{\alpha},$$

где коэффициенты $K=1,12$, $\alpha=0,82$ были определены для 1н раствора NaCl при 25 °С [33].

Результаты и их обсуждение

1. Синтез и исследование структуры N, N – диаллилакриламида

Из литературы известно, что улучшение свойств полиакриламида может быть достигнуто путем введения в основную полимерную цепь гидрофобных группировок, что должно способствовать образованию ассоциирующих амфифильных полимеров с уникальными реологическими свойствами. Поэтому введение в структуру акриламида аллильных групп, по нашему мнению, должно способствовать уменьшению токсичности мономера и улучшению реологических свойств водорастворимого полимера.

Синтез N,N-диаллилакриламида проводили алкилированием акриламида хлористым (бромистым) аллилом по схеме 1.

ИК-спектр акриламида имеет специфические спектры поглощения, характерные для валентного колебания N-H первичного амида: антисимметричные 3352 см^{-1} , симметричные 3198 см^{-1} ; перекрывание валентного колебания C=O и полосы Амид (I) 1679 см^{-1} ; деформационное колебание N-H (полоса Амид (II)) 1617 см^{-1} ; присутствие валентного колебания в области 1432 см^{-1} , характерное для группы C-N (рисунк 1), что совпадает с литературными данными [34].

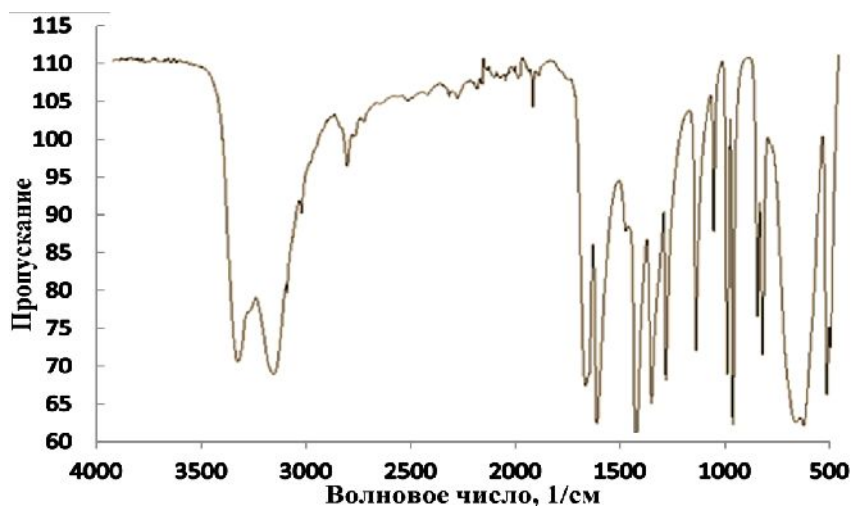


Рисунок 1 – ИК-спектр акриламида

В ИК-спектре N,N-диаллилакриламида (рисунк 2) присутствуют спектры интенсивного поглощения в области 1620 см^{-1} , характерные для несопряженной C=C-группы, а также интенсивная полоса поглощения в области 1485 см^{-1} , характерная для валентных колебаний --NR_3 , и практически отсутствуют специфические спектры поглощения, свойственные для валентного колебания N-H первичного амида: антисимметричные 3352 см^{-1} , симметричные 3198 см^{-1} .

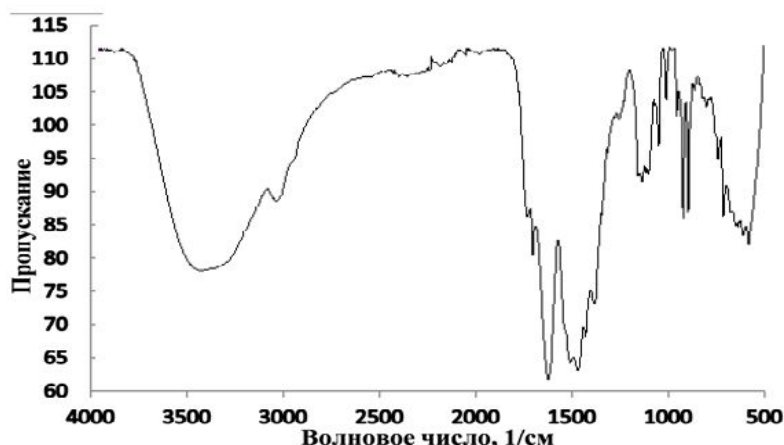


Рисунок 2 – ИК-спектр *N,N*-диаллилакриламида

Таким образом, из анализа ИК-спектра можно сделать вывод о протекании реакции алкилирования по аминогруппе с получением диаллильного мономера в протонированной форме.

Структура углеродного скелета синтезированного мономера – *N,N*-диаллилакриламида подтверждена ^{13}C -ЯМР и ^1H -ЯМР спектроскопией (рисунок 3, таблица 1), данные которой согласуются с результатами ИК-спектроскопии.

Таблица 1 – Данные ^{13}C -ЯМР спектроскопии в D_2O

Образец	^6C или $6'\text{C}$	^3C	^4C или $4'\text{C}$	^1C	^2C	^5C или $5'\text{C}$	^7C или $7'\text{C}$
ДАА	126,57	67,54	160,57	126,57	133,67	180,47	–

Ниже приведены структуры исходного акриламида и ожидаемых диаллильных производных (без учета возможного положения протона у азота). Наличие 180,4 (δ, м.д.), характерное для сопряженной группы $\text{CO}-\text{CH}=\text{CH}_2$, подтверждает наше предположение о сохранении всей группы $-\text{CH}=\text{CH}_2$, принадлежащей акриламиду.

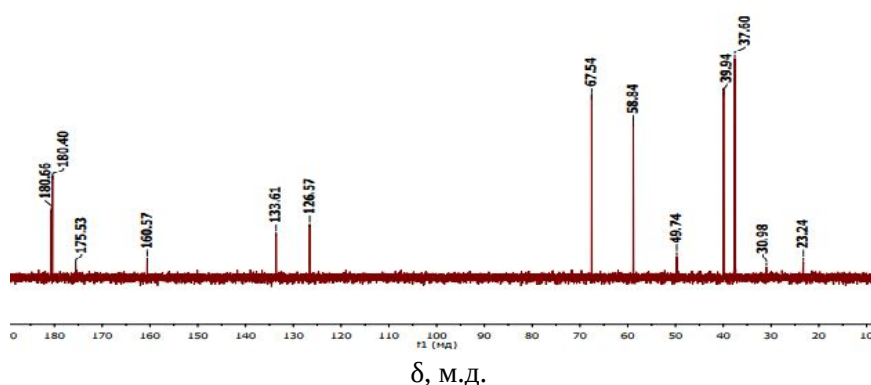
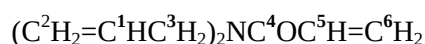
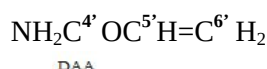


Рисунок 3 – ^{13}C -ЯМР-спектр *N,N*-диаллилакриламида

2. Исследование реакции полимеризации *N,N*-диаллилакриламида

Радикальную полимеризацию *N,N*-диаллилакриламида осуществляли в водной и водно-органических растворах в условиях радикального инициирования. Проведение реакции полимеризации без инициаторов радикального характера показало, что реакция практически не протекает. Данный факт свидетельствует об отсутствии катионной полимеризации. Результаты полимеризации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты реакции радикальной полимеризации N,N-диаллилакриламида

Мономер, [М] = 2 моль/л	Инициатор [I]=5×10 ⁻³ моль/л	Среда полимеризации	Температура, °С	Выход, %	Привед. вязкость (η _{привед}). дл/г
ДАА	[ПСА]	Вода	60	56	0,25
	[ПСА]	Вода	75	68,3	0,35
	[ПСА]	Молочная кислота в моль/моль (1:1)	60	75	0,40
	[ПСА]	Молочная кислота : мономер (моль/моль) (1:1)	75	85	0,52
	[ПБ] (перекись бензоила)	Молочная кислота : мономер (моль/моль) (1:1)	75	75,5	0,18

Как видно из таблицы 2, наиболее высокие значения приведенной вязкости были получены в среде молочной кислоты при соотношении мономер: кислота (1:1) в присутствии инициатора ПСА при температуре 75 °С.

Реакция радикальной полимеризации поли-N,N-диаллилакриламида в молочной кислоте протекает по схеме 2:

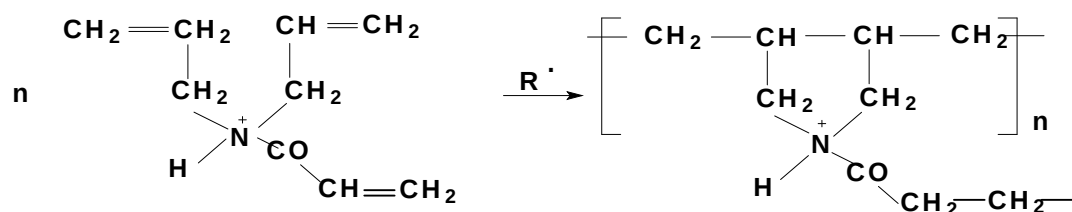
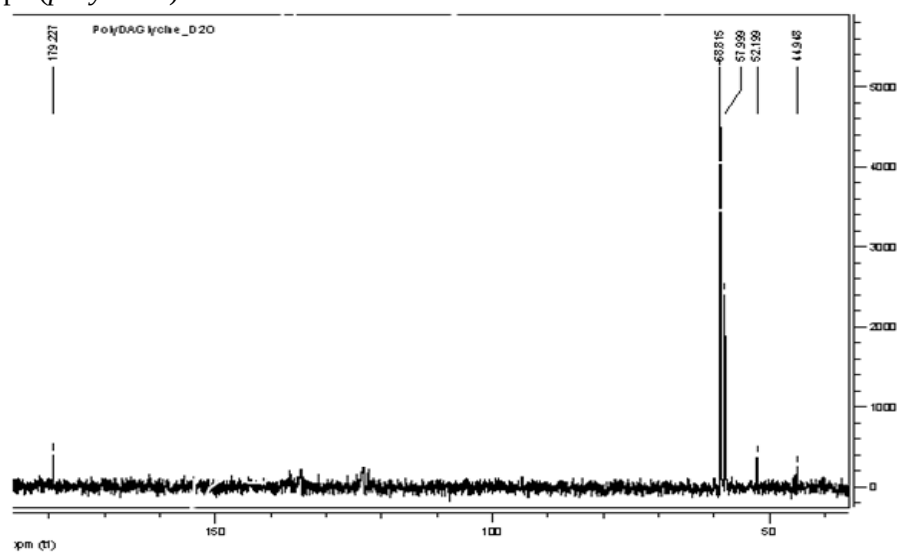


Схема 2

Структура синтезированного полилактат-N,N-диаллилакриламида установлена на основе ¹³С-ЯМР-спектра (рисунок 4).

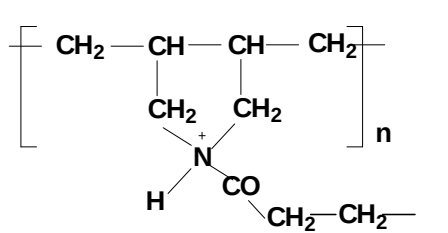


δ, м.д.

Рисунок 4 – ¹³С-ЯМР-спектр полилактат-N,N-диаллилакриламида

В качестве аналитических сигналов были выбраны сигналы при атоме азота для полилактат-*N,N*-диаллилакриламида, что согласуется с литературными данными [35–37]. Данные для поли-ЛДААА представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные ^{13}C -ЯМР-спектроскопии в D_2O полилактат *N,N*-диаллилакриламида

	Группа атомов углерода	Сигналы, δ м.д.
	-CH-CH- (3, 4) для поли-ДАААЛ	41,9
	$^+\text{N-CH}_2$ - (2, 5)	58,3
	-CO-	180,47

Авторы благодарят сотрудников ЦКП «Рентгеновская диагностика материалов», Центра прогрессивных материалов и аддитивных технологии при КБГУ им. Х.М. Бербекова за оказанную помощь в проведении исследования.

Библиография

1. Кабанов В.А., Топчиев Д.А. Полимеризация ионизирующихся мономеров. М.: Наука, 1975. 224 с.
2. Топчиев Д.А., Малкандуев Ю.А. Катионные полиэлектролиты ряда поли-*N,N*-диалкил-*N,N*-диаллиламмоний галогенидов: Особенности процессов образования, свойства и применения. Нальчик, 1997. 240 с.
3. Арбузова И.А., Плоткина С.А. Циклическая полимеризация диаллилового эфира малеиновой кислоты // Высокомолекулярные соединения. 1964. Т. 6, № 4. С. 662–665.
4. Колесников Г.С., Давыдова С.Л. Полимеризация несопряженных диенов // Успехи химии. 1960. Т. 29, № 12. С. 1474–1485.
5. Corfield G.C., Crawshaw A. Mechanism of cyclopolymerization. Conformational analysis of cis-1,3-diisocyanatocyclohexane // J. Polym. Sci. A-1. 1969. V. 7, N 4. P. 1179–1185.
6. Аскарлов М.А., Джалилов А.Т. Синтез ионогенных полимеров. Ташкент, 1978. 158 с.
7. Hoover M.F. Cationic Quarternary Polyelectrolytes-A. Literature Review // J. Macromol. Sci.-Chem. A. 1970. V. 4, N 6. P. 1293–1300.
8. Butler G.B., Bunch R.L. Preparation and polymerization of unsaturated quarternary ammonium compounds // J. Amer. Chem. Soc. 1949. V. 71. P. 3020–3122.
9. Butler G.B. The Fundamental basis for cyclopolymerization // J. Amer. Chem. Soc. 1967. V. 8. P. 35–38.
10. Butler G.B., Raymond M.A. Probability of cyclopolymerization // J. Polym. Sci. A. 1965. V. 3, N 10. P. 3413–3420.
11. Butler G.B., Kimura S. The Fundamental basis for Cyclopolymerization // J. Macromol. Sci-Chem. A. 1971. V. 5, N 1. P. 181–209.
12. Butler G.B. Cyclopolymerization // In book: Encyclopedia of Polymer Science and Technology / Eds. Mark H.F., Caylord N.G., Bicales N.M. New-York: Int. Sci., 1966. V. 4. P. 568–598.
13. McCormick C.L., Butler G.B. Anionic Cyclopolymerization // J. Macromol. Sci-Revs., Macromol. Chem. C. 1972. V. 8, N 2. P. 201–233.
14. Gibbs W.E., Barton J.M. The mechanism of cyclopolymerization of nonconjugated diolefines // In book: Vinyl Polymerization / Ed. Ham. G.E. 1967. Part 1. V. 1. P. 59–138.
15. Solomon D.H. Cyclopolymerization. I. Structure and Mechanism // J. Macromol. Sci-Chem. A. 1975. V. 9, N 1. P. 97–113.
16. Островерхов В.Г., Бруновская Л.А., Корниенко А.А. О полимеризации некоторых *N*-диаллильных соединений // Высокомолекулярные соединения. 1964. Т. 6, № 5. С. 926–928.
17. Мацоян С.Г., Погосян Г.М., Джагамян А.О., Мушегян А.А. Исследование в области циклической полимеризации и сополимеризации. 13. Изучение циклической полимеризации *N*-замещенных диаллиламинов // Высокомолекулярные соединения. 1963. Т. 5, № 6. С. 854–860.
18. Мацоян С.Г., Погосян Г.М., Жамкочян Г.А. Циклическая полимеризация и сополимеризация. 28. Синтез и изучение циклической полимеризации некоторых *N*-замещенных производных диаллил- и диме-

тилал лиламина // Известия АН. Армянской ССР. Серия Химические науки. 1964. Т. 17, № 1. С. 62–68.

19. Щербина Ф.Ф., Федорова И.П., Горлов Ю.И. Передача цепи при полимеризации аллиламина и его ацилпроизводных // Высокомолекулярные соединения А. 1970. Т. 12, № 9. С. 2042–2045.

20. Zubov V.P., Vijaga Kumar M., Masterova M.N., Kabanov V.A. Reactivity of allyl monomers in radical polymerization // J. Macromol. Sci-Chem. A. 1979. V. 13, N 1. P. 111–131.

21. Васильева Ю.А., Малкандуев Ю.А., Тимофеева Л.М. К вопросу об активности радикалов передачи цепи на мономер при радикальной полимеризации диаллиламинов // Тезисы докладов X Межд. конф. молодых ученых по химии и химической технологии. "МКХТ-96". М., 1996. С. 92.

22. Топчиев Д.А., Сивов Н.А., Гуталс Э.Дж. Макромолекулярный дизайн новых катионных полиэлектролитов // Известия АН СССР. Серия Химические науки. 1994. № 11. С. 1976–1982.

23. Тимофеева Л.М., Клещева Н.А., Васильева Ю.А., Громова Г.Л., Тимофеева Г.И., Филатова Н.А. Механизм и кинетические особенности процессов получения новых полимеров на основе диаллиламина // Высокомолекулярные соединения А. 2005. Т. 47, № 6. С. 916–933.

24. Murzabekova T.G., Begieva M.B., Malkanduev Yu.A., Topchiev D.A. New ways in synthesis of Macromolecular cationic Polyelectrolytes based on N,N-Diallylamines // In book: 2nd IUPAC Sponsered International Symposium. Santa-Margherita Ligure, 26-31 May, 1996. Santa-Margherita Ligure, 1996. P. 148.

25. Malkanduev Yu.A., Begieva M.B., Butaeva R.J., Murzabekova T.G., Topchiev D.A. New ways in synthesis of Macromolecular ationic Polyelectrolytes based on N,N-Diallylamines // In book: 36-th IUPAC International Symposium on Macromolecul. Seoul, 4-9 August, 1996. Seoul, 1996. P. 681.

26. Малкандуев Ю.А., Бегиева М.Б., Мурзабекова Т.Г., Топчиев Д.А. Полимеризация мономеров на основе N-алкил-N,N-диаллиламинов // Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Тезисы докладов. Казань, 2003. С. 258.

27. Куренков В.Ф., Антонович О.А., Демина Т.А., Селезнева О.А. Сополимеризация натриевой соли 2-акриламидо-2-метилпропансульфонокислоты с акриламидом в водно-диметилсульфоксидных средах // Высокомолекулярные соединения А. 2003. Т. 45, № 8. С. 1246.

28. Нахманович Б.И., Урман Я.Г., Кристальный Э.В., Арест-Якубович А.А. Влияние алюминий алкилов на структуру и некоторые свойства полимеров, образующихся при анионной полимеризации N,N-диметил- и N,N-диэтилакриламида // Высокомолекулярные соединения Б. 2004. Т. 45, № 6. С. 978.

29. Егоян Р.В., Мелик-Оганджян Л.Г., Симонян Г.С., Даниелян А.В. Гомо- и сополимеры на основе N-замещенного акриламида и некоторые их свойства в растворе // Высокомолекулярные соединения Б. 2004. Т. 46, № 4. С. 729.

30. Искаков Р.М., Батырбеков Е.О., Жубанов Б.А., Kikuchi A., Okano T. Синтез и свойства новых гидрофильных сополимеров на основе карбокси-N-пропилакриламида // Высокомолекулярные соединения А. 2004. Т. 46, № 4. С. 668.

31. Роговина Л.З., Васильев В.Г., Чурочкина Н.А., Пряхина Т.А., Хохлов А.Р. Влияние условий синтеза на строение гидрофобно модифицированных полиакриламидов и реологию их растворов и гелей // Высокомолекулярные соединения А. 2004. Т. 46, № 4. С. 644.

32. Виноградова Л.В., Шаманин В.В., Kuckling D., Adler H.-J.P. Гомогенный синтез диблок-сополимеров с поли-N,N-диметилакриламидом методом анионной полимеризации в пиридине // Высокомолекулярные соединения Б. 2005. Т. 47, № 12. С. 2180.

33. Нажметдинова Г.Т. Особенности кинетики радикальной полимеризации мономеров ряда N,N-диалкил-N,N-диаллиламмоний галогенидов. Дисс... канд. хим. наук. М.: ИНХС АН СССР, 1983. 225 с.

34. Коробейничева И.К. Метод инфракрасной спектроскопии в структурных исследованиях. Новосибирск, 1977. 50 с.

35. Тимофеева Л.М., Клещева Н.А., Васильева Ю.А., Громова Г.Л., Тимофеева Г.И., Филатова Н.А. Механизм и кинетические особенности процессов получения новых полимеров на основе диаллиламина // Высокомолекулярные соединения А. 2005. Т. 47, № 6. С. 916–933.

36. Альмова А.А., Бегиева М.Б., Хараев А.М., Малкандуев Ю.А. N,N-диаллиламиноэтановая кислота и полимеры на ее основе // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2012. № 3. С. 53–58.

37. Бегиева М.Б. Синтез и исследование структуры мономеров N,N-диаллиламинокарбоновых кислот // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. 2013. Т. 3, № 5. С. 47–52.

References

1. Kabanov V.A., Topchiev D.A. Polymerization of ionizing monomers. Moscow: Nauka; 1975. 224 p. (In Russ.).
2. Topchiev D.A., Malkanduev Yu.A. Cationic polyelectrolytes of the poly-*N,N*-dialkyl-*N,N*-diallylammonium halides series: Features of formation processes, properties and applications. Nalchik; 1997. 240 p. (In Russ.).
3. Arbuzova I.A., Plotkina S.A. Cyclic polymerization of diallyl ester of maleic acid. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya = Polymer Science U.S.S.R.* 1964;6(4):662–665. (In Russ.).
4. Kolesnikov G.S., Davydova S.L. Polymerization of non-conjugated dienes. *Uspekhi Khimii = Russian Chemical Reviews.* 1960;29(12):1474–1485. (In Russ.).
5. Corfield G.C., Crawshaw A. Mechanism of cyclopolymerization. Conformational analysis of cis-1,3-diisocyanatocyclohexane. *J. Polym. Sci. Series A-1.* 1969;7(4):1179–1185.
6. Askarov M.A., Dzhailov A.T. Synthesis of ionogenic polymers. Tashkent; 1978. 158 p. (In Russ.).
7. Hoover M.F. Cationic Quarternary Polyelectrolytes-A. Literature Review. *J. Macromol. Sci.-Chem. Series A.* 1970;4(6):1293–1300.
8. Butler G.B., Bunch R.L. Preparation and polymerization of unsaturated quarter-nary ammonium compounds. *J. Amer. Chem. Soc.* 1949;71:3020–3122.
9. Butler G.B. The Fundamental basis for cyclopolymerization. *J. Amer. Chem. Soc.* 1967;8:35–38.
10. Butler G.B., Raymond M.A. Probability of cyclopolymerization. *J. Polym. Sci. Series A.* 1965;3(10):3413–3420.
11. Butler G.B., Kimura S. The Fundamental basis for Cyclopolymerization. *J. Macromol. Sci-Chem. Series A.* 1971;5(1):181–209.
12. Butler G.B. Cyclopolymerization. In book: *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*. Eds. Mark H.F., Caylord N.G., Bicales N.M. New York: Int. Sci., 1966. V. 4. P. 568–598.
13. McCormick C.L., Butler G.B. Anionic Cyclopolymerization. *J. Macromol. Sci-Revs. Macromol. Chem. Series C.* 1972;8(2):201–233.
14. Gibbs W.E., Barton J.M. The mechanism of cyclopolymerization of nonconjugated diolefines. In book: *Vinyl Polymerization*. Ed. Ham. G.E. 1967. Part 1. V. 1. P. 59–138.
15. Solomon D.H. Cyclopolymerization. I. Structure and Mechanism. *J. Macromol. Sci-Chem. Series A.* 1975;9(1):97–113.
16. Ostroverkhov V.G., Brunovskaya L.A., Kornienko A.A. On the polymerization of some *N*-diallyl compounds. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya = Polymer Science U.S.S.R.* 1964;6(5):926–928. (In Russ.).
17. Matsoyan S.G., Pogosyan G.M., Dzhaghanyan A.O., Mushegyan A.A. Research in the field of cyclic polymerization and copolymerization. 13. Study of cyclic polymerization of *N*-substituted diallylamines. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya = Polymer Science U.S.S.R.* 1963;5(6):854–860. (In Russ.).
18. Matsoyan S.G., Pogosyan G.M., Zhamkochyan G.A. Cyclic polymerization and copolymerization. 28. Synthesis and study of cyclic polymerization of some *N*-substituted derivatives of diallyl- and dimethylallylamine. *Izvestiya Akademii Nauk Armyanskoi SSR. Seriya Khimicheskie Nauki = Bulletin of the Academy of Sciences of the Armenian USSR. Series Chemical Sciences.* 1964;17(1):62–68. (In Russ.).
19. Shcherbina F.F., Fedorova I.P., Gorlov Yu.I. Chain transfer during polymerization of allylamine and its acyl derivatives. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya A = Polymer Science. Series A.* 1970;12(9):2042–2045. (In Russ.).
20. Zubov V.P., Vijaga Kumar M., Masterova M.N., Kabanov V.A. Reactivity of allyl monomers in radical polymerization. *J. Macromol. Sci-Chem. Series A.* 1979;13(1):111–131.
21. Vasil'eva Yu.A., Malkanduev Yu.A., Timofeeva L.M. On the activity of chain transfer radicals to a monomer during radical polymerization of diallylamines. *Abstracts of reports of the X Int. Conf. of Young scientists in chemistry and chemical technology. "MKKhT-96"*. Moscow; 1996. P. 92. (In Russ.).
22. Topchiev D. A., Sivov N. A., Goethals E. J. Macromolecular design of new cationic polyelectrolytes // *Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Seriya Khimicheskie Nauki = Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Series Chemical Sciences.* 1994;11:1976–1982. (In Russ.).
23. Timofeeva L. M., Kleshcheva N. A., Vasilyeva Yu. A., Gromova G. L., Timofeeva G. I., Filatova N. A. Mechanism and kinetic features of the processes of obtaining new polymers based on diallylamine. *Vy-*

sokomolekulyarnye Soedineniya A = *Polymer Science. Series A*. 2005;47(6):916–933. (In Russ.).

24. Murzabekova T.G., Begieva M.B., Malkanduev Yu.A., Topchiev D.A. New ways in synthesis of Macromolecular cationic Polyelectrolytes based on N,N-Diallyl amines. *In book: 2nd IUPAC Sponsered International Symposium*. Santa-Margherita Ligure, 26-31 May, 1996. Santa-Margherita Ligure; 1996. P. 148.

25. Malkanduev Yu.A., Begieva M.B., Butaeva R.J., Murzabekova T.G., Topchiev D.A. New ways in synthesis of Macromolecular ationic Polyelectrolytes based on N,N-Diallyl amines. *In book: 36th IUPAC International Symposium on Macromoleculs*. Seol, 4-9 August, 1996. Seol; 1996. P. 681.

26. Malkanduev Yu.A., Begieva M.B., Murzabekova T.G., Topchiev D.A. Polymerization of Monomers Based on N-Alkyl-N,N-Diallyl amines. *Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry. Abstracts of Reports*. Kazan; 2003. P. 258. (In Russ.).

27. Kurenkov V.F., Antonovich O.A., Demina T.A., Selezneva O.A. Copolymerization of sodium salt of 2-acrylamido-2-methylpropanesulfonic acid with acrylamide in water-dimethylsulfoxide media. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya A = Polymer Science. Series A*. 2003;45(8):1246. (In Russ.).

28. Nakhmanovich B.I., Urman Ya. G., Kristalny E.V., Arest-Yakubovich A.A. Influence of aluminum alkyls on the structure and some properties of polymers formed during anionic polymerization of N,N-dimethyl- and N,N-diethylacrylamide. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya B = Polymer Science. Series B*. 2004;45(6):978. (In Russ.).

29. Egoyan R.V., Melik-Ogandzhanyan L.G., Simonyan G.S., Danielyan A.V. Homo- and copolymers based on N-substituted acrylamide and some of their properties in solution. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya B = Polymer Science. Series B*. 2004;46(4):729. (In Russ.).

30. Iskakov R.M., Batyrbekov E.O., Zhubanov B.A., Kikuchi A., Okano T. Synthesis and properties of new hydrophilic copolymers based on carboxy-N-propylacrylamide. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya A = Polymer Science. Series A*. 2004;46(4):668. (In Russ.).

31. Rogovina L.Z., Vasiliev V.G., Churochkina N.A., Pryakhina T.A., Khokhlov A.R. Influence of Synthesis Conditions on the Structure of Hydrophobically Modified Polyacrylamides and the Rheology of Their Solutions and Gels. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya A = Polymer Science. Series A*. 2004;46(4):644. (In Russ.).

32. Vinogradova L.V., Shamanin V.V., Kuckling D., Adler H.-J.P. Homogeneous Synthesis of Diblock Copolymers with Poly-N,N-Dimethylacrylamide by Anionic Polymerization in Pyridine. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya B = Polymer Science. Series B*. 2005;47(12):2180. (In Russ.).

33. Nazhmetdinova G.T. Features of the Kinetics of Radical Polymerization of Monomers of the N,N-Dialkyl-N,N-Diallylammonium Halide Series. Diss... Cand. Sci. (Chem.) M.: INHS AN USSR; 1983. 225 p. (In Russ.).

34. Korobeinicheva I.K. Method of infrared spectroscopy in structural studies. Novosibirsk; 1977. 50 p. (In Russ.).

35. Timofeeva L.M., Kleshcheva N.A., Vasilyeva Yu.A., Gromova G.L., Timofeeva G.I., Filatova N.A. Mechanism and kinetic features of the processes for producing new polymers based on diallylamine. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya A = Polymer Science. Series A*. 2005;47(6):916–933. (In Russ.).

36. Almova A.A., Begieva M.B., Kharaev A.M., Malkanduev Yu.A. N,N-diallylaminoethanoic acid and polymers based on it. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Severo-Kavkazskii Region. Estestvennye Nauki = News of higher educational institutions. North Caucasus Region. Natural Sciences*. 2012;3:53–58. (In Russ.).

37. Begieva M.B. Synthesis and study of the structure of N,N-diallylaminocarboxylic acid monomers. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo Gosudarstvennogo Universiteta = Proceedings of the Kabardino-Balkarian State University*. 2013;3(5):47–52. (In Russ.).