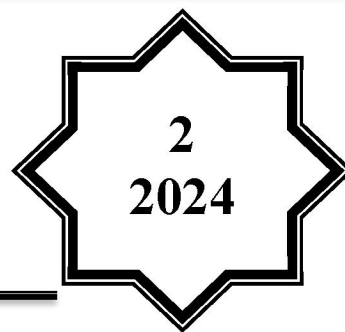




Certificate



Ilmiy-texnikaviy jurnal

2002 yildan  
nashr etiladiyiliga 4 marta  
chop etiladi

<b>Bosh muharrir:</b> D.Vaxabov	<i>MUNDARIJA</i>	
<b>Bosh muharrir o'rinbosari:</b> A.E.Gulamov <b>Mas'ul kotib:</b> K.R.Avazov <b>Tahririyat hay'ati:</b> H.Alimova A.P.Parpiyev Q.Jumaniyazov X.H.Kamilova B.M.Mardonov A.Z.Mamatov I.A.Nabieva A.K.Usmankulov A.D.Aminov O.A.Axunbabayev A.S.Rafikov D.M.Muhamedova S.Sh.Tashpulatov P.N.Rudovskiy (Rossiya) R.O.Jilisbaeva (Qozog'iston) F.U.Nigmatova M.M.Muqimov I.G.Shin HuWeilin (Xitoy) Wang Hua (Xitoy) Sh.R.Umarov N.R.Xanxadjaeva A.F.Plexanov (Rossiya) I.V.Cherunova (Rossiya) V.V.Kostileva (Rossiya) Y.I.Bitus (Rossiya) Li Minxi (Korea) A.V.Safonov (Russia) Dayva Sajek (Litva) T.J.Qodirov Sh.Sh.Xakimov X.A.Babaxanova R.A.Isayev S.X.Bobojonov  <b>Tahririyat manzili:</b> 100100, Toshkent sh., Shohjahon ko'chasi, 5 <b>Tel:</b> (71) 253-06-06, (71) 253-19-59. <a href="http://www.tju.uzsci.uz">www.tju.uzsci.uz</a> <b>e-mail:</b> <a href="mailto:textilejournalofuzbekistan@bk.ru">textilejournalofuzbekistan@bk.ru</a> Ushbu jumalda chop etilgan materiallar tahririyatning yozma ruxsatisiz to'liq yoki qisman qayta chop etilishi mumkin emas. Tahririyatning fikri mualliflar fikri bilan har doim ham mos tushmasligi mumkin. Jumalda yoritilgan materiallarning haqqoniyligi uchun maqolalarining mualliflari va reklama beruvchilar mas'uldirlar.	<b>TO'QIMACHILIK XOMASHYOLARI TEXNOLOGIYALARI</b> <b>A.D.G'ofurov, M.A.Gapparova, M.X.Axmedov, T.O.Tuychiyev</b> Regeneratorga uzatilayotgan paxta aralashgan iflosliklarning tuzilmaviy tarkibi 4 <b>N.A.Palvannazirova, P.M. Butovskiy, M.M.Agzamov</b> To'qimalarni tikishning ultratovush usulini ilmiy tahlil qilish va ilg'or tikuv mashinasini ishlab chiqish 10 <b>X.J.Abdugaffarov, A.A. Safoev</b> Vintli ishchi organli konveyerlarda tebranma harakatdan foydalanish imkoniyatlarini tadqiq etish 22 <b>T.O.Tuychiyev, J.SH.Mardonov, M.X.Axmedov</b> Kolosnikli panjara turlarini tozalash texnologiyasi bosqichlaridagi joylashuvining tozalash samaradorligiga ta'siri 29 <b>I.H. Siddikov, G.R. Alimova, M.M. Usanov</b> Paxtani jinlash jarayonining texnologik parametrlarini rostdashning o'z-o'zi sozlash tizimi. 35 <b>U.O. Xo'janazarov, H.A.Tursinhodjaeva, U.Z.Xolbekov</b> Dinamik obyektlarni momentli dvigatellar bilan optimal va kombinatsiyalangan boshqarish 42 <b>SH.S.Xoldorov</b> Modernizatsiya qilingan tola tozalagich parametrlari to'liq omilli tajribalar natijasida asoslash 51 <b>TO'QIMACHILIK MATERIALLARI TEXNOLOGIYALARI</b> <b>B.Y.Qoraboyev, E.N.Juraqulov, K.Z.Yunusov</b> Yangi turdagi trikotaj to'qimasini olishda ip tarangligi va egish chuqurligining ahamiyati 61 <b>SH.R.Umarova, N.B.Yusupova, K.I.Axmedov</b> Cho'ziluvchan arqoq ipining dinamik harakati tahlili 68 <b>U.A.Bobatov, A.E.Gulamov, A.P.Eshmirzayev, M.A.Xakimova</b> Xom ipakni fizik-mexanik ko'rsatkichlariga chirmashtirish uzunligi ta'sirining tadqiqi 78 <b>F.M.Komolidinova, I.G. Shin, N.R.Khankhadjaeva</b> Kompression trikotaj ko'rsatkichlari va xususiyatlari orasidagi bog'liqlik 88 <b>N.M.Musayev, M.M.Musayeva, G.X.Gulyayeva, M.M.Muqimov</b> Naqshli trikotaj to'qimalarini shakl saqlash xususiyatlari tadqiqi 96 <b>S.L.Matismailov, SH.R.Aripova, K.I.Axmedov</b> Pnevmomexanik yigirish mashinasi ip o'tkazgich voronakasining konstruktiv parametrlari ip tarangligiga ta'siri tadqiqoti 103 <b>A.E.G'ulamov, D.G'ulyamova</b> Pilla ipining texnologik va fizik-mexanik xususiyatlarini tahlil qilish 110 <b>KIMYO TEXNOLOGIYA</b> <b>N.S.Amirova, R.S.Raxmonova</b> Paxta tolali trikotaj matolarni EKO bo'yash texnologiyasi 117 <b>G.A. Jo'rayeva, D.O.Abdusamatova, A.S.Rafikov</b> Ikkilamchi selluloza matolarni turli fermentlarishtirokida biokimyoviy modifikatsiyalash 124 <b>QOG'OZ VA MATBAA TEXNOLOGIYALARI</b> <b>F.M.To'raev, A.S.Rafiqov, A.A.Djalilov</b> Qog'oz va kartonni polipropilen plyonka bilan laminatlash yopishtiruvchi eritma yordamida 131 <b>CHARM VA POYABZAL SANOATI TEXNOLOGIYALARI</b> <b>M.S.Niyazova, O.M.Mirakbarova, U.M.Maksudova, Z.N.Abduraximov</b> Poyabzal hom ashiyo materiallarini tanlashni asoslash 139 <b>R.M.Murodov, I.T.Kulmatov, R.R.Nazirov</b> Paxtani yirik ifloslikdan tozalagichi kolosnikli taroqli ta'minlagichining ish unumdorligiga ta'sirini nazariy tahlil 145 <b>B.SH. Ibodulloev, M.B.Muminxodjayev, A.S.Rafikov, S.X.Karimov</b> (MET) akrilamidni kolagen bilan payvand sopolimerlanishining kinetik parametrelari 151	

---

## Reference

1. Kulmatov I.T., Murodov R.M. Paxtani yirik iflosliklardan tozalash samarasini oshirish bo'yicha tadqiqotlar yo'nalishini tanlash. Farg'ona 2023. 9-son Ilmiy texnika-jurnali, 336-338 b.
2. Kulmatov I.T., Murodov R.M. Paxta xom-ashyosi tozalagichini takomillashtirilgan konstruksiyasini ishlab chiqish. Urganch 2024. "O'zbekistonda to'qimachilik sanoatini rivojlantirishning muammolari va innovatsion yechimlari" mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiya to'rlami, 126-128 b.
3. Mirosnichenko G.I. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. Moskva: Mashinostroeniya. 1972.
4. N.S.Piskunov. Differensialnoe i integralnoe ischisleniya M. 1982.
5. Shohaydarova P., Shoziyotov Sh., Zoirov J. Nazariy mexanika. - Toshkent: O'qituvchi, 1991.

УДК 677.023.758:66.95.26-922.3

## КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИВИТОЙ СОПОЛИМЕРИЗАЦИИ (МЕТ)АКРИЛАМИДА С КОЛЛАГЕНОМ

Ибодуллоев Б.Ш., Муминходжаев М.Б., Рафиков А.С., Каримов С.Х.  
*Tashkent institute of textile and light industry*

**Аннотация.** *Осуществлена привитая сополимеризация акриламида и метакриламида с коллагеном в водном растворе в присутствии персульфата калия в качестве инициатора. Определены зависимости скорости привитой сополимеризации от концентрации мономеров, инициатора и температуры. Построена логарифмическая зависимость скорости привитой сополимеризации от концентрации мономера при постоянной концентрации инициатора и от концентрации персульфата калия при постоянной концентрации мономера, и при постоянной температуре. По этим зависимостям установлены основные кинетические параметры процесса: порядок реакции по концентрации мономеров и персульфата калия. Полученные параметры свидетельствуют об образовании как привитых, так и свободных цепей полиакриламида и полиметакриламида. Активные центры прививки на макромолекулах коллагена образуются в результате взаимодействия персульфата калия с коллагеном. При этом некоторая часть персульфата калия распадается с образованием свободных радикалов, которые иницируют гомополимеризацию мономера. По зависимости логарифма скорости привитой сополимеризации от обратной величины температуры при постоянных концентрациях мономера и инициатора определена общая энергия активации процесса. Полученные значения энергии активации привитой сополимеризации как акриламида, так и метакриламида свидетельствуют о протекании процесса в энергетически выгодных условиях.*

**Ключевые слова:** *акриламид, метакриламид, коллаген, прививка, сополимеризация, кинетика.*

**Abstract.** *Graft copolymerization of acrylamide and methacrylamide with collagen in an aqueous solution in the presence of potassium persulfate as an initiator was carried out. The dependences of the graft copolymerization rate on the concentration of monomers, initiator and temperature were determined. A logarithmic dependence of the graft copolymerization rate on the monomer concentration at a constant initiator concentration and on the potassium persulfate concentration at a constant monomer concentration and at a constant temperature was constructed. The main kinetic parameters of the process were established using these dependences: the reaction order with respect to the concentration of monomers and potassium persulfate. The obtained parameters indicate the formation of both grafted and free chains of polyacrylamide and polymethacrylamide. Active grafting centers on collagen macromolecules*

---

are formed as a result of the interaction of potassium persulfate with collagen. In this case, some part of the potassium persulfate decomposes with the formation of free radicals, which initiate the homopolymerization of the monomer. The overall activation energy of the process was determined from the dependence of the logarithm of the graft copolymerization rate on the inverse temperature at constant monomer and initiator concentrations. The obtained values of the activation energy of graft copolymerization of both acrylamide and methacrylamide indicate that the process occurs under energetically favorable conditions.

**Key words:** acrylamide, methacrylamide, collagen, grafting, copolymerization, kinetics.

**Annotatsiya.** Akrilamid va metakrilamidning suvli eritmada kollagen bilan payvand sopolimerizatsiyasi initsiator sifatida kaliy persulfat ishtirokida amalga oshirildi. Payvand sopolimerlanish tezligining monomerlar kontsentratsiyasi, initsiator va haroratga bog'liqligi aniqlandi. Payvand sopolimerlanish reaksiya tezligining doimiy initsiator kontsentratsiyasida monomer kontsentratsiyasiga, doimiy monomer kontsentratsiyasida kaliy persulfat kontsentratsiyasiga va doimiy haroratda logarifmik bog'liqligi tuzilgan. Ushbu bog'liqliklar asosida jarayonning asosiy kinetik parametrlari o'rnatildi: monomerlar va kaliy persulfat kontsentratsiyasi bo'yicha reaksiyaning tartibi. Olingan parametrlar poliakrilamid va polimetakrilamidning payvandlangan va erkin zanjirlarining shakllanishini ko'rsatadi. Kollagen makromolekulalari ustida faol payvandlash joylari kaliy persulfatning kollagen bilan o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladi. Bunday holda, kaliy persulfatning bir qismi monomerning gomopolimerlanishini boshlaydigan erkin radikallar hosil bo'lishi bilan parchalanadi. Doimiy monomer va initsiator kontsentratsiyasida payvand sopolimerlanish reaksiya tezligi logarifmining o'zaro haroratga bog'liqligi asosida jarayonning umumiy aktivlanish energiyasi aniqlandi. Akrilamid va metakrilamidning payvand sopolimerlanishii uchun olingan faollashuv energiyalari jarayonning energiya jihatidan qulay sharoitlarda sodir bo'lishini ko'rsatadi.

**Kalit so'zlar:** akrilamid, metakrilamid, kollagen, payvandlash, sopolimerizatsiya, kinetika.

**Введение.** Метод привитой сополимеризации, как способ изменения свойств природных полимеров, давно и успешно используется исследователями. Привитые сополимеры природных полимеров применяются в фармацевтике, медицине, текстильной, химической и кожевенной промышленности, в сельском хозяйстве и других отраслях экономики. В результате привитой сополимеризации достигается необходимая молекулярная масса и строение макромолекулы, совершается целенаправленная модификация свойств полимерных материалов [1, 2].

Образование активных центров прививки является самой важной стадией процесса. Для синтеза привитых сополимеров природных полимеров используются различные окислительно-восстановительные иницирующие системы: персульфат калия [3, 4], ионы четырехвалентного церия [5], пероксид бензоила [6], комплексный ион трехвалентного кобальта [7], безофенон в качестве фотоинициатора [8] и другие. Выбор иницирующей системы зависит от химического состава и строения полимера и мономера, среды реакции, условий и целей полимеризации и др. Если природный полимер растворяется в воде, например, коллаген и желатин, и мономер также растворяется в воде, то привитую сополимеризацию удобно провести в водном растворе в присутствии водорастворимого инициатора, например персульфата калия.

Коллаген – один из наиболее распространенных природных белков, является одной из важнейших составляющих тканей растений и животных. Выделение коллагена и его использование является одним из методов рациональной утилизации отходов сырой кожи [9, 10, 11]. Синтезированы привитые сополимеры желатина [12] и коллагена [13] с акриламидом и метилметакрилатом [14] в присутствии трибутилборана, а также коллагена с бутилакрилатом в присутствии динитрила азоизомаасляной кислоты [15]. Предполагается,

что процесс прививки происходит по механизму обратимого ингибирования за счет активных центров, образующихся в результате борилирования гидроксильных групп желатина. Образец привитого сополимера коллагена и ПАА, полученный при 60°C, обладает более высокими механическими свойствами по сравнению с другими испытанными образцами. Прививка полиакриламидных звеньев к природным полисахаридам по радикальному механизму осуществлена с помощью персульфата калия [16] и персульфата аммония [17] в качестве окислительно-восстановительного инициатора.

В известных работах недостаточное внимание уделяется вопросам установления кинетических параметров процесса привитой сополимеризации. Прямая корреляция между свойствами привитого сополимера и кинетикой процесса отсутствует, но кинетические параметры процесса позволяют прогнозировать некоторые свойства и определить наиболее приемлемые режимы прививки. Целью данной работы является определение основных кинетических параметров привитой сополимеризации коллагена с акриламидом и метакриламидом.

**Материалы и методы.** Очищенные от шерсти отходы шкуры крупного рогатого скота предоставлены кожевенным предприятием г. Ташкента (Узбекистан). Коллагенсодержащий раствор получен путем растворения измельченной шкуры в растворе гидроксида натрия по методике, описанной в [18].

Акриламид (АА) и метакриламид (ММА) порошкообразные кристаллические вещества белого цвета, произведено в АО “Navoiyazot” (Узбекистан).

Персульфат калия (ПК) порошкообразное кристаллическое вещество белого цвета, растворяется в воде, перед использованием очищали перекристаллизацией.

Определение кинетических порядков реакций. Кинетическое уравнение прививки мономеров к коллагену описывается уравнением:

$$V = K [M]^n [PK]^m$$

где:  $V$  – скорость полимеризации, моль/л·с;  $K$  – константа скорости реакции,  $n$  и  $m$  – порядок реакции по мономеру и инициатору.

Для определения  $n$  ставили серию экспериментов по сополимеризации три постоянной концентрации инициатора, температуре и переменной концентрации мономера. Строили зависимость логарифма скорости сополимеризации от логарифма концентрации мономера, тангенс угла наклона которой является порядком реакции по мономеру. Для определения порядка реакции по ПК ставили серию экспериментов по сополимеризации при постоянной концентрации мономера, температуре и переменной концентрации ПК. Строили зависимость логарифма скорости сополимеризации от логарифма концентрации инициатора, тангенс угла которой является порядком реакции по ПК. Для определения энергии активации ставили серию экспериментов по сополимеризации при постоянной концентрации мономера, ПК и при различных температурах. Строили график зависимости логарифма скорости сополимеризации от обратного значения температуры, тангенс угла наклона которой является энергией активации сополимеризации:  $\text{tg}\alpha = E / 19,12$  ( $E$  – энергия активации).

**Результаты и их обсуждение.** Скорость привитой сополимеризации возрастает с увеличением концентрации мономера и ПК. На рисунках 1 и 2 представлены зависимости скорости привитой сополимеризации от концентрации АА и ММА.

Изменения скорости реакции привитой сополимеризации с изменением концентрации АК и концентрации МАК носят практически одинаковый характер. На основании графика логарифмической зависимости установлено, что порядок реакции для АК равен 1,62, а для ММА – 1,71. Эти значения значительно превышают значения, принятые для обычной радикальной полимеризации, а это означает, что мономеры участвуют в реакции образуя как привитые цепи, так и гомополимерные цепи.

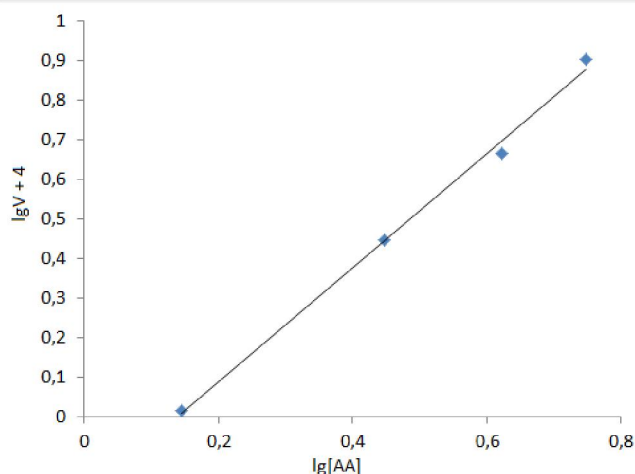


Рис. 1. Зависимость скорости реакции привитой сополимеризации АА к коллагену от концентрации мономера.  $T=333\text{K}$ ;  $[\text{ПК}]=7,4 \cdot 10^{-3}$  моль/л;  $[\text{AA}]=1,4; 2,8; 4,2; 5,6$  моль/л

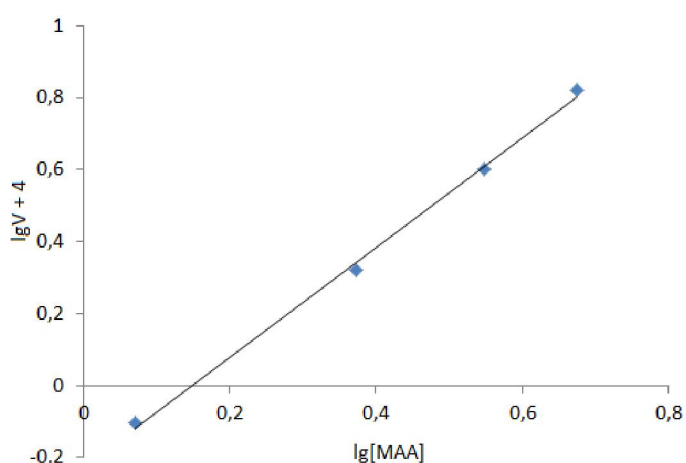


Рис. 2. Зависимость скорости реакции привитой сополимеризации МАА к коллагену от концентрации мономера.  $T=333\text{K}$ ;  $[\text{ПК}]=7,4 \cdot 10^{-3}$  моль/л;  $[\text{MAA}]=1,18; 2,36; 3,54; 4,72$  моль/л

Характер изменения скорости реакций привитой сополимеризации с изменением концентрации ПК оказался сходным для обоих мономеров (рис. 3 и 4). По логарифмической зависимости установлено, что порядок по инициатору при полимеризации АК равен 0,92, а при полимеризации МАА – 0,86. Близость этих значений к 1 указывает на образование активных центров в результате взаимодействия инициатора с макромолекулой коллагена, причем их количество несколько превышает количество активных центров, образующихся при свободном распаде.

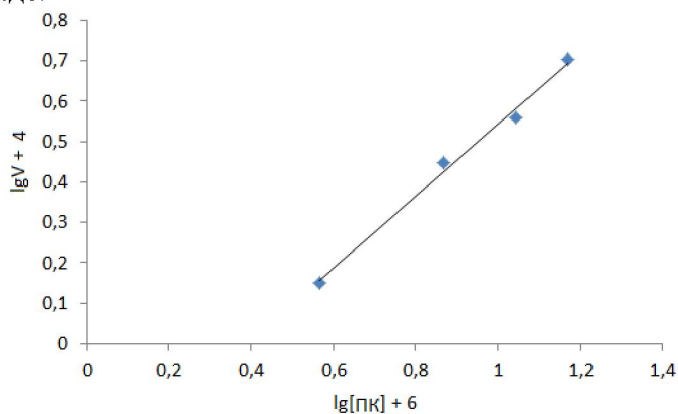


Рис. 3. Зависимость скорости реакции привитой сополимеризации АА к коллагену от концентрации ПК.  $T=333\text{K}$ ;  $[AA]=2,8$  моль/л;  $[ПК]=3,7\cdot 10^{-3}$ ;  $7,4\cdot 10^{-3}$ ;  $11,1\cdot 10^{-3}$ ;  $14,8\cdot 10^{-3}$  моль/л

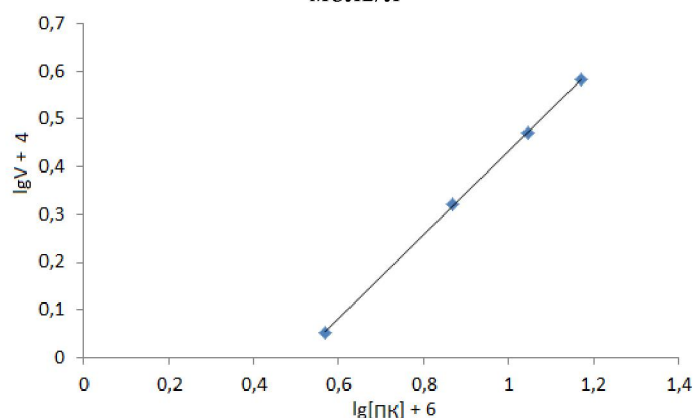


Рис. 4. Зависимость скорости реакции привитой сополимеризации МАК к коллагену от концентрации ПК.  $T=333\text{K}$ ;  $[МАК]=2,36$  моль/л;  $[ПК]=3,7\cdot 10^{-3}$ ;  $7,4\cdot 10^{-3}$ ;  $11,1\cdot 10^{-3}$ ;  $14,8\cdot 10^{-3}$  моль/л

Общую энергию активации реакций рассчитывали на основе линейной зависимости между логарифмом скорости реакции и обратной величиной температуры (рис. 5). Установлено, что общая энергия активации реакции привитой сополимеризации АК с коллагеном составляет 39,2 кДж/моль, а энергия активации сополимеризации МАА – 48,9 кДж/моль. Эти значения свидетельствуют о том, что свободная реакция разложения ПК значительно меньше энергии активации, а процессы привитой полимеризации протекают в условиях энергетического преимущества.

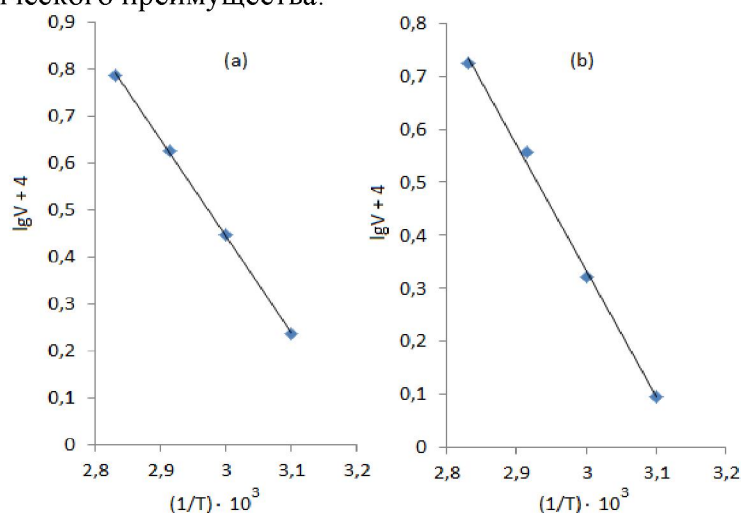


Рис. 5. Температурная зависимость скоростей реакции привитой сополимеризации АА (а) и МАК (б) к коллагену.  $[AA]=2,8$  моль/л;  $[МАА]=2,36$  моль/л;  $[ПК]=7,4\cdot 10^{-3}$  моль/л;  $T=323$ ;  $333$ ;  $343$ ;  $353\text{K}$

**Заклучение.** Привитая сополимеризация мономеров АА и МАА к макромолекулам коллагена происходит с относительно высокой скоростью и высокой эффективностью в водной среде, в присутствии инициатора ПК. Найденные закономерности реакции мономера и инициатора подтверждают, что активные центры образуются в результате взаимодействия ПК и коллагена, и что, помимо активных центров прививки, существуют также активные центры свободно растущих цепей. Другим важным моментом является то, что общая энергия активации имеет небольшие значения. В результате привитые сополимеры могут быть изготовлены с высокой эффективностью при относительно низких температурах, в результате чего молекулярно-массовое распределение привитых цепей становится более близким.

---

## Reference

1. K. Vijayasri, Alka Tiwari, Ajaya Kumar Singh. Grafted natural polymers: synthesis and structure–property relationships/Handbook of Natural Polymers, Volume 1, 2023, P. 251-274.
2. Sudipta Das, Rimi Dey, Md Saquib Hasnain, Amit Kumar Nayak. Chapter 6 - Graft copolymers of polysaccharides: Synthesis techniques and pharmaceutical applications// Tailor-Made Polysaccharides in Drug Delivery, 2023, P. 129-156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821286-8.00006-9>.
3. Miguel Ángel Vega-Hernández, María Fernanda Munguía-Quintero, Alberto Rosas-Aburto, Jorge Alcaraz-Cienfuegos, María de los Ángeles Valdivia-López, Martín G. Hernández-Luna, Eduardo Vivaldo-Lima. Effect of teak wood lignocellulose pretreatment on the performance of cellulose-graft-(net-poly(acrylamide-co-acrylic acid)) for water absorption and dye removal //International Journal of Biological Macromolecules, Volume 274, Part 2 , August 2024, P. 133482. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133482>
4. Adham Salimovich Rafikov, Saodat Adilbekovna Khodjaeva, Sardorbek Khodjibaevich Karimov, Abdusattar Turgunivich Ibragimov. Molecular characteristics, mechanism of synthesis, adhesive properties of graft copolymer of chloroprene rubber with acrylic acid//Polymer Engineering & Science, Volume 62, Issue 9, P. 2909-2921.
5. Li Pengfei, Yang Uangrong, He Xiuqiong, Wang Juan, Kong Peng, Xing Huifang, Liu Huizhou. Synthesis of PGMA microspheres with amino groups for 74 high-capacity adsorption of Cr(VI) by cerium initiated graft polymerization // Chinese. Journal Chemical Engineering, Volume 20(1), 2012, P. 95-104.
6. V.Pimpon, P. Thothang. Synthesis of cassava starch-g-poly (methylmetaclate) copolymers with benzoul peroxide as an iniatior //J. Appl. Polym. Sci. Volume 101(6), 2006, P. 4083-4089.
7. I.A. Baranov, N.A. Andriyanova, A.E. Mochalova, A.A. Sibirkin, M.A. Batenkin, L.A. Smirnova. Grafting polymerization of acrylonitrile and methyl acrylate on chitosan in the presence of cobalt(III) complexes. // J. Polymer Sci., Volume 56, 2014, P.553-565.
8. Hong Kyung Hwa, Liu Ning, Sun Gang. UV-induced graft polymerization of asrylamide on cellulose by using immobilized benzophenone as a photoinitiator // Eur. Polym. J., Volume 45(8), 2009, R. 2443-2449.
9. Suki B (2022) Selected examples of tissue-level collagen suprastructures: Tendon, bone, and skin. Struc and Func of the Extracel Matr in book:113-142
10. Gauza-Wlodarczyk M, Kubis L, Meltsarek S, Wlodarczyk D (2017) Comparison of thermal properties of fish collagen and bovine collagen in the temperature range of 298–670 K. Mat Sci and Eng 80:468-471
11. Wagermeiyer W, Fratzl P (2012) Collagen. Poly Sci: A Compr Ref 9:35-55
12. Kuznetsova Y, Sustaeva K, Vavilova K, Markin A, Lyakaev D, Mitin A, Semenycheva L (2020) Tributylborane in the synthesis of graft-copolymers of gelatin and acrylamide. J of Organomet Chem 924:121431
13. Kuznetsova Y, Sustaeva K, etc (2022) Graft Polymerization of Acrylamide in an Aqueous Dispersion of Collagen in the Presence of Tributylborane. Polymers 14(22):4900
14. Kuznetsova Y, Morozova E, etc (2022) Tributylborane in the synthesis of graft copolymers of collagen and polymethyl methacrylate. Russian Chem Bull 71:389–398

- 
15. Synthesis of grafted polybutyl acrylate copolymer on fish collagen. *App Chem and* 11(1):16–25
  16. da Silva DA, de Paula RCM, Feitosa JPA (2007) Graft copolymerisation of acrylamide onto cashew gum. *European Pol J* 43(6):2620-2629
  17. Jiang T, Chen F, Duan Q, etc (2022) Designing and application of reactive extrusion with twice initiations for graft copolymerization of acrylamide on starch. *European Pol J* 165:111008
  18. Rafikov AS, Khakimova MSh, Fayzullayeva DA, Reyimov AF. Microstructure, morphology and strength of cotton yarns sized by collagen solution. *Cellul.* 2020; 27 (17): 10369-10384.