

Қ.И.СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ
ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ИНСТИТУТЫ
ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ БИОХИМИЯЛЫҚ ИНЖЕНЕРИЯ КАФЕДРАСЫ

Сайбосын Әмина Болатбекқызы

АКРИЛ МОНОМЕРЛЕРІНІҢ НЕГІЗІНДЕГІ ГИДРОГЕЛЬДЕРДІҢ
СИНТЕЗІ ЖӘНЕ СИПАТТАМАСЫ

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B072100—«Органикалық заттардың химиялық технологиясы»
мамандығы бойынша

Алматы 2020

СӘТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТІ



**Қ.И.СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ
ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ**

**ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ИНСТИТУТЫ**

**ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ БИОХИМИЯЛЫҚ
ИНЖЕНЕРИЯ КАФЕДРАСЫ**

«Қорғауға жіберілді»

Кафедра меңгерушісі

_____ Г.Ж. Елигбаева

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Акрил мономерлерінің негізіндегі гидрогельдердің синтезі және
сипаттамасы»

5В072100 – «Органикалық заттардың химиялық технологиясы»
мамандығы бойынша

Орындаған

Ғылыми жетекші,
х.ғ.к. ассоц. профессор

Сайбосын Ә.Б.

Чугунова Н.И.

«__» _____ 2020 г.

Алматы 2020

РЕФЕРАТ

Жұмыс 28 беттен, 3 суреттен, 4 кестеден, 29 әдеби деректерден тұрады.

Түйінді сөздер: метакрил қышқылы, акриламид, азобисизобутиронитрил, радикалдық сополимерлеу, сополимерлену константалары.

Зерттеу нысандары: осы дипломдық жұмыстың зерттеу объектісі метакрил қышқылы мен акриламид негізіндегі сополимерлерді органикалық ортада синтездеу, мономерлерді полимерге айналдырудың төмен дәрежелері кезінде мономерлердің салыстырмалы белсенділігін бағалау және компенсациялық әдісті қолдану арқылы композициялық біртекті сополимерлерді синтездеу мүмкіндігін қарастыру болып табылады.

Жұмыстың мақсаты: метакрил қышқылы мен акриламид негізінде сызықты және әлсіз тігілген сополимерлерді алу, олардың қасиеттерін зерттеу, композициялық біртекті құрылымдарды алу мүмкіндігін қарастыру. Жаңа полимерлерді сатып алу және олардың қасиеттерін зерттеу кезінде әр түрлі қатынаста мономерлерді сатып алу.

Зерттеу әдістері: радикалды сополимерлеуді жүргізу, сополимерлерді талдау, сополимеризация константасын есептеу, сополимерлердің біртектілігін анықтау.

Алынған нәтижелер мен олардың практикалық маңызы: ұсынылған жұмыста органикалық ортада метакрил қышқылы мен акриламид негізіндегі жаңа сополимерлер синтезделген. Тұрақты құрамның сополимерлерін синтездеу мақсатында мономерлердің конверсиясына байланысты сополимерлер құрамының өзгеруін есептеу жүргізілді, олардың негізінде реакциялық ортада неғұрлым белсенді мономердің өзгеруі анықталды. Алынған деректер компенсациялық әдіспен қажетті шығумен тұрақты құрамның сополимерлерін алуға мүмкіндік береді. Еритін сополимерлермен қатар тігетін агенттің қатысуымен гидрогельдер алынды, бұл оларды практикалық қолдану жолдарын кеңейтеді.

РЕФЕРАТ

Проект содержит 28 страниц, 3 рисунков, 4 таблиц и 29 источников.

Ключевые слова: метакриловая кислота, акриламид, азобисизобутиронитрил, радикальная сополимеризация, константа сополимеризации.

Объекты исследования: объектом исследования данной дипломной работы является синтез сополимеров на основе метакриловой кислоты и акриламида в органической среде в присутствии вещественного инициатора, оценка относительной активности мономеров при низких степенях превращения мономеров в полимер и путем применения компенсационного метода рассмотреть возможность синтеза композиционно однородных сополимеров.

Цель работы: получение линейных и слабосшитых сополимеров на основе метакриловой кислоты и акриламида, исследование их свойств, рассмотрение возможности получения композиционнооднородных структур. Приобретение новых полимеров и при изучении их свойств, приобретая мономеров в различных соотношениях.

Методы или методология проведения работ: проведение радикальной сополимеризация, анализ сополимеров, расчет констант сополимеризации, определение неоднородности сополимеров.

Результаты работы и их новизна: в предложенной работе синтезированы новые сополимеры на основе метакриловой кислоты и акриламида в органической среде. С целью синтеза сополимеров постоянного состава произведен расчет изменения состава сополимеров в зависимости от конверсии мономеров, на основании которых определено изменение более активного мономера в реакционной среде. Полученные данные позволяет получить сополимеры постоянного состава с необходимым выходом компенсационным методом. Наряду с растворимыми сополимерами были получены гидрогели в присутствии сшивающего агента, что расширяет пути их практического применения.

ABSTRACT

The project contains 28 pages, 3 drawings, 4 tables and 29 sources.

Keywords: methacrylic acid, acrylamide, azobisisobutyronitrile, the radical copolymerization, the constant of copolymerization.

Objects of research: the object of research of this thesis is the synthesis of copolymers based on methacrylic acid and acrylamide in an organic medium in the presence of a real initiator, the assessment of the relative activity of monomers at low degrees of conversion of monomers into a polymer and by applying the compensation method to consider the possibility of synthesis of compositionally homogeneous copolymers.

The purpose of the work: to obtain linear and weakly cross-linked copolymers based on methacrylic acid and acrylamide, to study their properties, and to consider the possibility of obtaining compositional heterogeneous structures. The acquisition of new polymers and the study of their properties, acquiring monomers in various ratios.

Methods or methodology of work: radical copolymerization, analysis of copolymers, calculation of copolymerization constants, determination of heterogeneity of copolymers.

Results of the work and their novelty: in the proposed work, new copolymers based on methacrylic acid and acrylamide were synthesized in an organic medium. For the purpose of synthesis of copolymers of constant composition, the calculation of changes in the composition of copolymers depending on the conversion of monomers, based on which the change of the more active monomer in the reaction medium is determined. The obtained data allows us to obtain copolymers of a constant composition with the necessary yield by the compensation method. Along with soluble copolymers, hydrogels were obtained in the presence of a cross-linking agent, which expands the ways of their practical application.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	6
1 Әдеби шолу	7
1.1 Винил мономерлерінің радикалдық сополимерленуі	7
1.2 Акрил қышқылының винил мономерлерімен радикалдық сополимерленуі	8
2 Тәжірибелік бөлім	12
2.1 Қолданылған заттар мен еріткіштер	12
2.2 Сополимерлерді алу және зерттеу жолдары	12
2.3 Сополимерлену константаларын есептеу	13
3 Нәтижелер және оларды талқылау	14
3.1 Метакрил қышқылы мен акриламидтің радикалды сополимерленуі	14
3.2 Компенсациялық әдіспен біртекті сополимер алу	22
Қорытынды	25
Әдебиеттер тізімі	26

КІРІСПЕ

Акрил және метакрил қышқылдарының, оладың әр түрлі туындылары-эфирлері, нитрилдері мен амидтерінің негізіндегі полимерлер мен сополимерлер көптеген бағалы қасиеттеріне орай ғылым мен техникада кең қолдану табады. Олар аса тиімді флокулянттар, желімдердің қоюлатқыштары, ионалмастырғыштар, ауыл шаруашылығында пайдалануға болатын тиімді құрылымданғыштар ретінде белгілі. Акрил мономерлерінің негізінде алынатын гидрогельдер тиімді ылғал абсорбенттері, медициналық материалдар, кешентүзгіштер және т.б болып табылады. Сондықтан мұндай сызықты және торлы полимерлердің синтезі бағытындағы зерттеу жұмыстары көптеген ғалымдардың қызығушылығын тудырады.

Қолжетімді мономерлердің негізінде бағалы полимерлер алудың тиімді әдістерінің бірі радикалдық сополимерлеу. Технологиялық тұрғыдан орындау оңай, мономерлердің табиғатын, олардың ара қатынастарын, алу жағдайларын таңдау арқылы алынған полимерлі қосылыстың қасиетін қажетті бағытта реттеуге болады. Жаңа сополимерлер синтезделген жағдайда әдетте алдымен олардың салыстырмалы белсенділігі (r_1 және r_2) бағаланады. Бұл мәліметтер жаңа сополимерге көптеген тұрғыдан сипаттама беруге мүмкіндік береді. Бірақ мұндайда мономерлердің конверсиялану дәрежесі төмен болуы керек, демек сополимердің шығымы да аз болады. Полимерлеу уақытын арттыру арқылы алынған сополимердің композициялық әртектілігін тудырады. Сондықтан мономерлердің салыстырмалы белсенділігін сақтай тұрып оның шығымын арттыру өзекті мәселердің бірі болып табылады.

Бұл дипломдық жұмыста метакрил қышқылы мен акриламидті радикалдық сополимерлеу арқылы сызықты сополимерлер синтездеп, олардың композициялық біртектілігін қамтамасыз ету жолы қарастырылған. Сонымен қатар тігуші агенттің қатысында гидрогельдер алынған.

1 Әдеби шолу

1.1 Винил мономерлерінің радикалдық сополимерленуі

Радикалдық сополимерлеу бағалы полимерлер қолжетімді және тиімді тәсілі болып табылады. Әлемде жыл сайын шығарылатын 100 млн. т астам синтетикалық полимердің шамамен 1/3 сополимер құрайды. Сополимерлер екі не одан көп мономерлерден алынуы мүмкін. Өнеркәсіпте алынатын сополимерлердің 90% - ға жуық екі компонентті болып табылады. Тиісті сополимерлеу екі компонентті немесе бинарлы деп аталады. Үш компонентті сополимерлер аз таралған, бірақ практикалық қатынаста өте маңызды, тиісті сополимерлеу терполимеризация деп аталады, ал сополимер - терполимер. Сополимердің құрамы мен құрылысын сипаттайтын сандық қатынастар радикалды және ионды сополимерлеу үшін ортақ болып табылады, яғни өсіп келе жатқан тізбектердің ұшындағы белсенді орталықтардың табиғатына тоқтаусыз алынуы мүмкін. Сополимеризацияның екі жалпы моделі бар, шартты түрде соңғы және алдыңғы буын үлгілері деп аталады. Бірінші модель нақты жүйелердің 80-90% - ын сополимерлеуге қолданылады. Бұл Майо-Льюис моделі деп аталатын белсенді орталықтың реакциялық қабілеті өсуші тізбегінің соңында тек соңғы буынның табиғатымен ғана байланысты. Осы постулатты негізге ала отырып, M_1 және M_2 екі мономерді және өсіп келе жатқан тізбектердің екі түрін $\sim m_1^*$, $\sim m_2^*$ және соңғы буынның табиғатымен ерекшеленетін тізбек өсуінің төрт қарапайым реакциясын қарастыру қажет:



Сополимердің құрамын мономерлік қоспаның құрамымен байланыстыратын теңдеу екі әдіспен - кинетикалық және статистикалық әдіспен алынуы мүмкін. Біріншісі айқас өсу жылдамдығының теңдігі шартымен көрінетін стационарлық жағдаймен белгіленеді:

$$k_{12} [m_1^*] [M_2] = k_{21} [m_2^*] [M_1] \quad (2)$$

Сополимер құрамы мономерлердің таусылу жылдамдығының қатынасымен анықталады:

$$\frac{d[M_1]}{d[M_2]} = \frac{k_{11} [m_1^*] [M_1] + k_{21} [m_2^*] [M_1]}{k_{22} [m_2^*] [M_2] + k_{12} [m_1^*] [M_2]} \quad (3)$$

Белсенді орталықтардан құтылу үшін осы теңдеуді қолданамыз:

$$[m_1^*] = \frac{k_{21}[m_2^*][M_1]}{k_{12}[M_2]} \quad (4)$$

(4) -mi (3)-ке қойып, алынған өрнектің санын және мәнін $k_{12} \cdot k_{21}$ туындысына көбейтіп, қорытынды аламыз:

$$\frac{d[M_1]}{d[M_2]} = \frac{[M_1]}{[M_2]} \cdot \frac{r_1[M_1] + [M_2]}{r_2[M_2] + [M_1]} \quad (5)$$

$r_1 = k_{11}/k_{12}$ и $r_2 = k_{22}/k_{21}$ - мономерлердің салыстырмалы белсенділігі деп аталатын сополимерлену теориясының негізгі константалары. Олар өсіп келе жатқан тізбектің белсенді орталығының "өзінің" мономерімен "бөтен" мономермен салыстырғанда қанша есе көп екенін көрсетеді. Басқаша айтқанда, олар сополимерлену кезінде өсу реакциясының таңдауын сипаттайды. Келтірілген (5) теңдеудегі мономерлердің абсолюттік шоғырлануы салыстырмалы, яғни мольдік үлестерге ауыстырылуы мүмкін:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{f_1}{f_2} \cdot \frac{r_1 f_1 + f_2}{r_2 f_2 + f_1} \quad (6)$$

F_1 және F_2 - M_1 және M_2 мономерлерінің сополимердегі мольдік үлесі; f_1 және f_2 - мономерлік қоспада.

1.2 Акрил қышқылының винил мономерлерімен радикалдық сополимерленуі

Жоғары молекулалық қосылыстардың негізгі мәселелерінің бірі әр түрлі эксплуатациялық сипаттамалары бар ерігіш әлсіз қышқылдық катиониттер алу болып табылады. Мұндай ерігіш полиэлектролиттерді алудың кең таралған әдісі қанықпаған карбон қышқылдары не олардың туындыларын полимерлеу. Осы мақсатта іс жүзінде метакрил қышқылы мен оның туындылары кең қолдану табады. Акрил мономерлері радикалдық механизм бойынша жақсы полимерленеді де, бұл реакциялардың заңдылықтарын зерттеуге көптеген жұмыстар арналған [15-17]. Метакрил қышқылының радикалдық полимерленуін әр түрлі аммоний тұздары, пероксидті инициаторлардың қатысуында 323-353 К температурада 20-25 минут аралығында өткізеді [15]. Екі алмасқан фосфор қышқылдық аммонийді пайдалану тек қана $-\text{COOH}$, $-\text{CONH}_2$, $-\text{COONH}_2$ топтары ғана емес, сонымен қатар $\text{COOP}(\text{NH}_2)_2$ тобы да болатын ионит алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар аммоний карбонатын, натрий гидрокарбонаты мен аммоний акрилатын қолданады [16].

Осылайша аниондық текті полиакрилаттарды да алады. Олардың ішінен іс жүзінде көбірек қолдану табатындары акрил және метакрил қышқылдарының сілтілік металдар тұздарының полимерлері мен олардың

винилацетатпен, малеин ангидридiмен, акриламидпен және басқа винилдi мономерлермен сополимерлерi [17].

(Мет)акрил қышқылын пероксидтi инициатордың қатысуында 50%- дық Na –мономалеинатының судағы ертiндiсiнде ($\text{pH} = 4,1$) 373 К 6 сағат iшiнде полимерлеу арқылы кальций иондарын байланыстырушы агент ретiнде қолданылатын полимерлер синтезделедi. Реакция бiткеннен кейiн аскорбин қышқылын, сiлтiнiң судағы ертiндiсiн қосып, молекулалық массасы $M_n=2500$ сополимердiң натрий тұзының 40%-ық ертiндiсiн алады (малеин қышқылы: акрил қышқылы =1,85).

Акрил қышқылын винилацетатпен 313-363 К температурада, $\text{pH}=3-8$ алкандар мен судан тұратын ертiкiштер қоспасында азобисизобутиронитрилдiң қатысуында сополимерлеу арқылы құрамында 47,7% винилацетат және 52,3% акрил қышқылы болатын сополимер алынған [6].

(Мет)акрил қышқылы мен акриламидтiң және оның туындыларының негiзiнде антистатикалық және флокуляциялық қасиеттер көрсететiн полимеризациялық катиониттер алынған [19]. Пероцесс сулы ертiндiде немесе органикалық ортада радикалдық инициаторлардың көмегiмен инерттi газдың ағынында жүргiзiледi.

N - винилсукцинимидтi винилдi қосылыстармен сополимерлеп, ары қарай сiлтiлiк немесе қышқылдық гидролиздеу арқылы суда ертiгiш сополимерлер алынған [20]. Авторлар карбоксилдi полиэлектролиттердiң қышқылдық-негiздiк қасиеттерiн зерттеп, $\text{pK}_a=5,17-8,10$ мәнiн есептеп шығарған. Сополимерлердiң диссоциациялану қасиетi (со)полимердiң қышқылдық буынының табиғатына тәуелдi екенiн, және ионогенды топтардың мөлшерi артқан сайын төмендей түсетiнiн көрсеткен. Мұндай полиэлектролиттер физиологиялық активтi қосылыстарды иондық байланыстыру үшiн қолданылады.

Пропионамидтi топтардың болуы стериялық кедергiнi азайтуға себепшi болады да, (со)полимерлену кезiнде молекулалық массасы жоғары полимер алуға мүмкiндiк бередi. Бұл мономерлердi метакриламидтриметилметанмен сополимерлеу арқылы рентгеноскопияда контрастты орта ретiнде қолданылатын суда өте ертiгiш полимерлер алады [9].

Сонымен, қарастырылған әлсiз қышқылдық полиэлектролиттер синтезi бойынша әдебиеттiк мәлiметтерден келтiрiлген қосылыстардың көмегiмен жүретiн процестердiң химизмiн түсiнуге болады.

Функционалды топтары бар мономерлердiң тағы бiр полимерлену ерекшелiгi, ионогендi мономерлер не олардың радикалдары ертiкiштермен немесе арнайы қосылған заттармен комплекс түзе алады. Мұндай комплекстүзушiлер химиялық процестердiң қарапайым реакцияларына әсер етiп, оның бағыты мен жылдамдығының өзгеруiне себепшi болады.

Демек, радикалдық полимерленудiң қарапайым заңдылықтарынан өзгеше, ионданушы мономерлерге бiршама ерекшелiктер тән. Мұндай мономерлердiң (және де олардан түзiлген өсiп келе жатқан радикалдардың) реакцияға бейiмдiлiгi ертiкiштiң құрамы мен термодинамикалық сапасына, ортаның қышқылдығына, иондық күшiне және зарядтың пайда болуына, немесе керiсiнше оны басуға

себепші болатын кез келген факторға байланысты болады.

Функционалды мономерлердің өзіндік бір ерекшелігі, полимерлену жылдамдығының мономердің концентрациясына және еріткіштің табиғатына тәуелділігі күрделі болып келеді [21-23].

Ионгенді мономерлердің ертіндіде полимерлену реакциясына бейімділігіне олардың еріткіштің молекулаларымен ассоциативтік әрекеттестікке бейімділігі, мономерлердің өздігінен ассоциациялану құрбылыстары – Н-комплексдердің өзара және молекулааралық түзілістері, және де қазіргі кезеңгі түсінік бойынша өздігінен ұйымдастырылатын процестерге жататын басқа да факторлар әсер етеді.

Сутектік байланыстың қанықпаған карбон қышылдарының кинетикалық параметрлеріне әсері [24] жұмыста зерттелген. Акрил, метакрил, фторакрил қышқылдарының полимерлену жылдамдықтары диметилсульфоксид < формамид < су қатары бойынша өсетіні көрсетілген, оны аталған жұмыстардың авторлары [24] конформациялық, сольватациялық және полюстік факторлардың қатар әсерінен тізбек өсу жылдамдық константасының артуынан деп қорытындаған. Қанықпаған қышқылдардың полимерлену активтігінің күшті электрдонорлы еріткіштердет (ДМСО) төмендеуі мономер – еріткіш және Н-комплекстерінің түзілуі сияқты әсер етуші екі параллель факторға байланысты. Бұл екі әсер етуші факторлар өзара жойыла алмайды, себебі макромолекулалардың өзара әрекеттестік әсері басымдау келеді. Мұндай жағдайда тепе-теңдік мономер мен еріткіш молекулаларының арасында комплекс түзу бағытына қарай ығысады да, тізбек өсу қарапайым сатысының активтену энергиясының артуына себепші болады.

Көптеген авторлар карбон қышқылдарының әртүрлі комплекс түзу, қасиеттерін олардың полимерлену қабілетіне әсерін қарастырылған [25,26]. Мұндай зерттеулер ионгенді мономерлердің табиғаты әртүрлі еріткіштермен комплекстүзуін ИҚ-спектір әдісімен талданған.

Полюсті мономерлердің тізбекті полимерлену мүмкіншілігі қарапайым полимерлену сатыларына сан алуан факторлардың әсеріне байланысты. Оған жататындар реакциялық ортадағы молекулааралық әрекеттестіктер, және де комплекстүзілу, сольваттану, иондану, арнайы байланыстар, конформациялық түрлену және т.б. [21,22].

Спектроскопиялық, вискозиметриялық тәсілдер, реакцияның кинетикалық мәліметтері акрил мономерлерінің радикалдық полимерленуге еріткіштің әсерінің механизмін болжауға мүмкіндік береді. Әсер ететін негізгі факторлар: мономер мен еріткіштің арасында Н-комплексдердің түзілуі және өсіп келе жатқан макрорадикалдар мен еріткіштің арасында π -комплексдердің пайда болуы [20]. Карбон қышқылдары массада немесе инертті еріткіштерде димерленген түрде болады, олар мономерлі күймен немесе полюсті мономерлерде түзілген Н-комплекстермен салыстырғанда жоғарырақ тұрақтандырылуымен сипатталады. Оның себебі, қышқылдардың димерінде әрбір молекула қатарынан протон донырының да, акцепторының да ролін атқарады. Мұндай жағдайда сутектік байланыстан пайда болатын индуктивтік

эффект өзара теңесіп кетеді. Негіздік текті еріткіштермен комплекс түзілгенде қышқылдың молекуласы протон донорлы болып келеді.

Келтірілген қысқаша әдебиеттік шолу акрил мономерлерінің полимерленуге бейім мономер екенің көрсетеді.

2 Тәжірибелік бөлім

2.1 Қолданылған заттар мен еріткіштер

Метакрил қышқылы (2 метилпропан қышқылы, α -метакрил қышқылы) (МАК) - $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOH}$ - бір негізді карбон қышқылы. Молекулалық массасы - 86,09, түссіз және өткір иісті сұйықтық. Суда және органикалық ерітінділерде (спирттерде, эфирлерде, кетондарда мономерлік күйде, көмірсутектерде-димер түрінде) ериді. Сақтау кезінде полимерленіп кетеді, ингибиторы - гидрохинонның метил эфирі. Вакуумда айдау арқылы тазартылды. Таза метакрил қышқылының физикалық константалары әдебет мәліметтеріне сәйкес келеді [6].

$T_6 = 16^\circ\text{C}$, $T_K = 162-163^\circ\text{C}$. $T_K = 60^\circ\text{C}/12\text{мм сн.бағ}$; $d_{20}^{20} = 1,0153$;

Акриламид (2-пропенамид) (АА)- $\text{CH}_2=\text{CHC}(\text{O})\text{NH}_2$ акрил қышқылының амиді. Молекулалық массасы - 71,08. Түссіз кристаллдар. Суда, этанолда, ацетонда ериді, бензолда аз ериді. Қолданудың алдында этил спиртінен қайта кристалдау арқылы тазартылды. $T_6 = 84,5^\circ\text{C}$, $T_K = 215^\circ\text{C}$. $d = 1,13 \text{ г/см}^3$. Табылған физикалық константалары әдебет мәліметтеріне сәйкес келеді [6].

N,N-метилен-бис-акриламид (БАА) - $\text{C}_7\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$ («Reanal», Венгрия.)

Ақ түсті кристаллдар. Молекулалық массасы - 154,17. Қосымша тазаланусыз қолданылды. $T_6 = 185^\circ\text{C}$, $d = 1,235 \text{ г/см}^3$.

Азобисизобутиронитрил - азоизомай қышқылының динитрилі - $\text{C}_8\text{H}_{12}\text{N}_4$. Молекулалық массасы - 164,21 г/моль. Ақ түсті ұнтақ зат. Спирттерде, көпшілік органикалық еріткіштерде жақсы ериді, суда ерімейді. Радикалдық сополимерлеу кезінде инициатор ретінде қолданылды. Этанолда қайта кристалдау арқылы тазартылды.

$T_6 = 103-105^\circ\text{C}$, $d = 1,1 \text{ г/см}^3$.

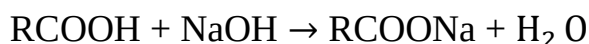
Пайдаланылған еріткіштер мен тұндырғыштардың сипаттамалары әдебиет мәліметтеріне сәйкес болды [4].

2.2 Сополимерлерді алу және зерттеу жолдары

Метакрил қышқылы мен акриламидтің сополимерлену процесі осы мономерлердің әр түрлі мольдік ара қатынасында (10моль.% -дан 90 моль. %-ға дейін) заттық иницирлеу жолымен этанол ерітіндісінде 0,5% АИБН инициаторының қатысуында молибден шынысынан жасалған ампулада 60°C температурада өткізілді. Ампуладағы реакциялық қоспаны оттегіден босату мақсатында аргонмен 10-15 мин. уақыт бойында үрледік. Түзілген сызықты сополимерлердің тұндырғышы ретінде этилацетат қолданылды.

Гидрогельдер алу үшін сополимерлеу процесін мономерлер қоспасының массасынан 0,5 % алынған N,N-метилен-бис-акриламид (БАА) қатысында жүргіздік.

Сополимердің құрамын кабоксил топтарының мөлшері арқылы анықтадық. Анализ сополимер өлшендісінің ерітіндісін сілтімен титрлеуге негізделген [4].



Колбаға COOH топтарының мөлшеріне қарай 0,0002г дейінгі дәлдікпен өлшеніп алынған 0,3-1г зерттелетін сополимердің өлшендісін салып, 15-30 мл еріткіш қосады, барлық сополимер еріп болғасын микробюреткамен фенолфталеиннің қатысында 0,1н KOH ерітіндісімен қызғылт түске дейін титрлейді. Анализге екі өлшенді алып, қатарынан сонша еріткіш қосылған бақылау анализ жасайды. Алынған мәліметтердің орташа мәні алынады.

Кароксил топтарының мөлшерін X (%) мына формула бойынша есептейді:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \times 0,0045 \times 100}{g} \quad (7)$$

Мұндағы V_1 – полимер өлшендісін титрлеуге кеткен 0,1н. KOH ерітіндісінің көлемі, cm^3

V_2 – бақылау тәжірибеге кеткен 0,1н. KOH ерітіндісінің көлемі, cm^3

g - өлшендінің массасы, г

F – 0,1н. сілті ерітіндісінің түзету коэффициенті;

0,0045 – дәл 0,1н. KOH ерітіндісіне сәйкес келетін COOH топтарының мөлшері, г.

Тігілген сополимерлердің ісіну дәрежесі гравиметриялық әдіспен анталды. Ісіну дәрежесін келесі формула бойынша есептелді

$$\alpha = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \quad (8)$$

2.3 Сополимерлену константаларын есептеу

Мономердің полимерге түрлену дәрежесі 5-7% болғанда сополимерлену константалары (r_1 мен r_2) Майо–Льюистің дифференциалдық теңдеуімен сипатталады [27]:

$$\frac{d[M_1]}{d[M_2]} = \frac{[M_1]}{[M_2]} \cdot \frac{r_1[M_1] + [M_2]}{r_2[M_2] + [M_1]} \quad (5)$$

Сополимерлену константалары берілген дифференциалдық теңдеуге негізделген Майо–Льюис және Файнман-Росс әдістерімен анықталды [27].

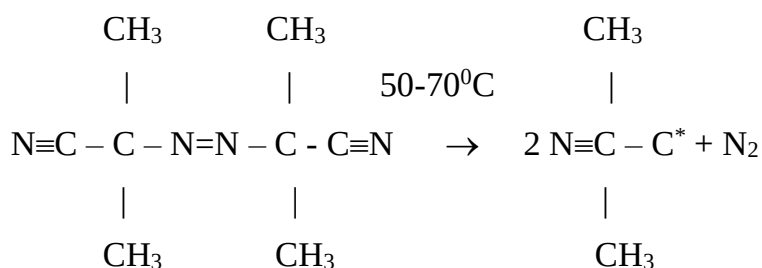
3 Нәтижелер және оларды талқылау

3.1 Метакрил қышқылы мен акриламидтің радикалды сополимерленуі

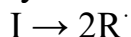
Сополимерлену реакциясын өткізу үшін метакрил қышқылының мөлшерін 10 моль.% пен 70 моль.% аралығында, акриламидтің мөлшерін керісінше 90 моль.% пен 30 моль.% аралығында өгертіп, мономерлер қоспасыню даярладық. Әрқайсысына мономерлер қоспасының массасынан 0,5% инициатор-азобисизобутиронитрил қостық. Еріткіш ретінде барлық реакциялық қоспа толық еритіндей мөлшерде, масасанан екі есе ($[M1+M2]:\text{еріткіш}=1:2$) алынған этанол қостық. Дайындалған қоспаны термотұрақты ампулаларға құйып, ауаның кері әсерін жойылту мақсатымен бірненше уақыт инертті газ – аргонмен үрлеп, ампуланың ұшын дәнекерледік те $60 \pm 0,5$ °C температурада полимерленуге термостатқа бекітіп қойдық. Полимерлену реакциясын мономерлердің конверсиялану дәрежесі 5-7% аспайтындай етіп ампуладағы ерітіндінің тұтқырлығының өзгеруіне қарай 20-30 минут жүргіздік. Полимер ерітіндісін тұндырып бөліп алып, бірнеше рет этилацетатпен жуып, алдымен ауада, содан кейін вакуум шкапта тұрақты массаға дейін кептірдік.

Аталған винилді қосылыстар тізбекті механизммен радикалды полимерленуге бейім мономерлер. Олардың көптеген басқа мономерлермен сополимерленуге бейімділігі белгілі [7,8,12]. Метакрил қышқылы мен акриламидтің сополимерлену сатыларын классикалық радикалдық полимерлену теориясы тұрғысынан былай келтіруге болады:

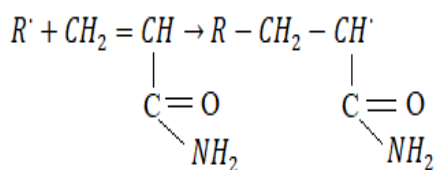
1. *Инициирлену ракциясы.* Органикалық ортада 60°C температурада бірінші сатысында азобисизобутиронитрил азот молекуласын бөлу арқылы екі біріншілік еркін радикалға ыдырайды:

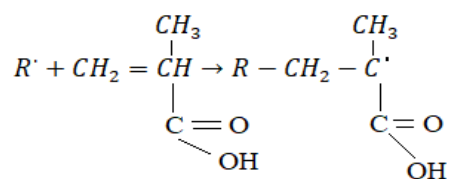


Қысқаша инициатордың ыдырауын былай белгілеуге болады:

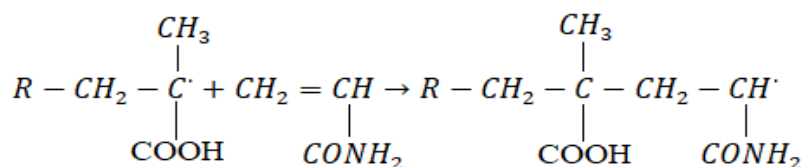
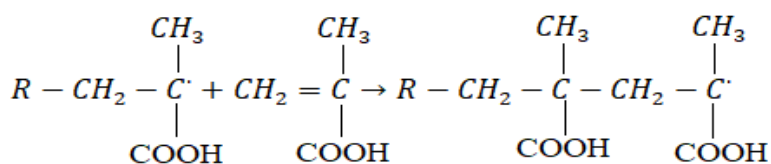
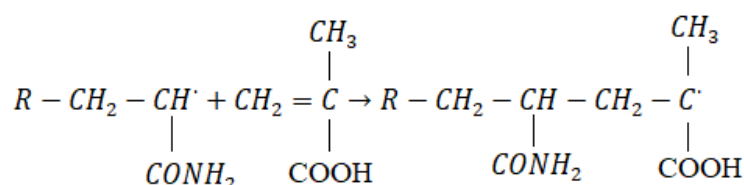
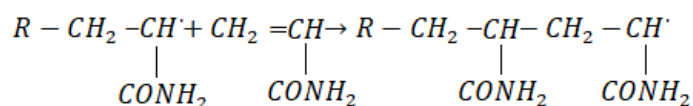


Түзілген біріншілік еркін радикалдар реакция қоспасындағы мономерлермен әрекеттесіп, оларды белсенді орталыққа айналдырады:

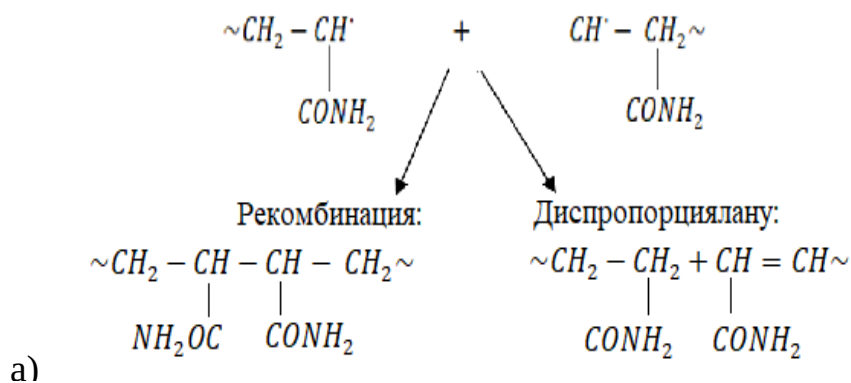


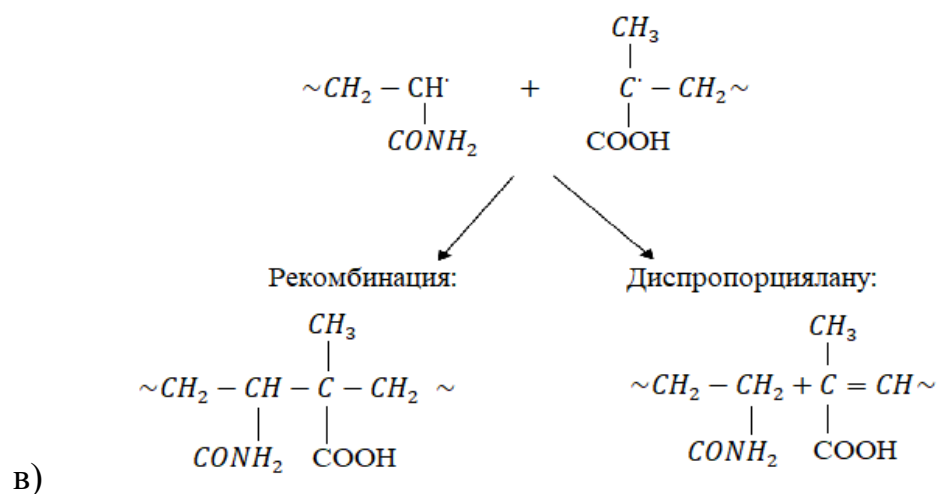
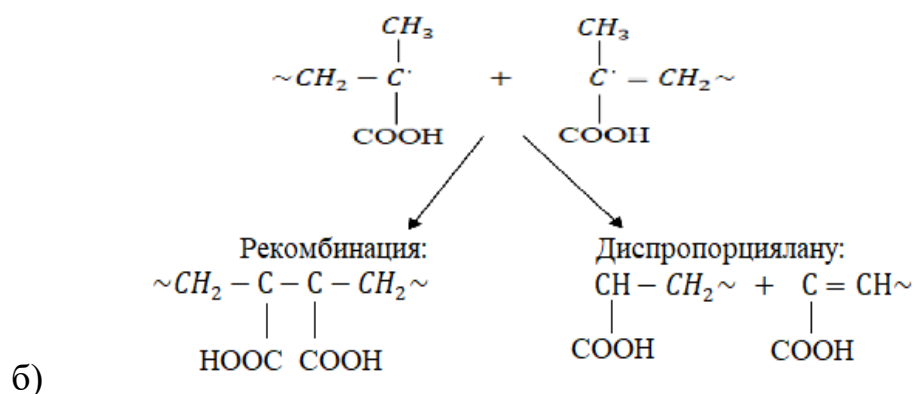


2. Тізбектің өсуі түзілген мономер радикалдарының әрбір мономермен біртіндеп әрекеттесуі арқылы жүреді, яғни:



3. Тізбектің үзілуін бимолекулалық механизм бойынша өсіп келе жатқан макрорадикалдардың рекомбинациялануы немесе диспропорциялануы арқылы былай келтіруге болады:





Мономерлердің берілген жағдайда салыстырмалы белсенділігін (сополимерлену константаларын – r_1 және r_2) есептеу үшін алынған сополимерлердің нақты құрамын анықтау қажет. Ол үшін сополимерлерге элементтік не функционалды анализ жасау керек. Дағдылы әдіс сополимерге СНN талдау жасау. Бірақ екі мономердегі көміртегінің мөлшерінің айырмашылығы аз болғандықтан ($C_{\text{МАК}}=55,82\%$; $C_{\text{АА}}=50,71\%$) сополимердегі азотқа элементтік анализ және карбоксил топтарына функционалды анализ жасауды жөн көрдік.

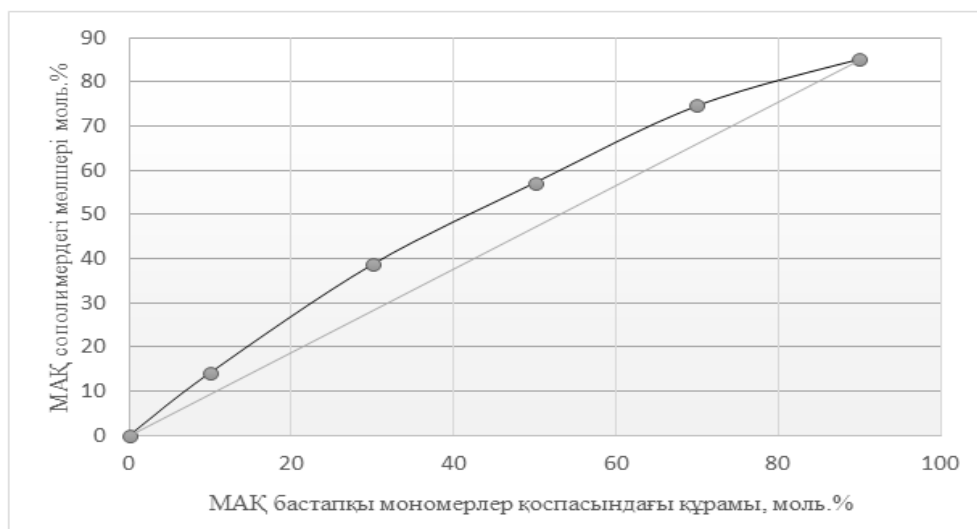
Алынған талдау нәтижелері мен сополимердің құрамы 1- кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Метакрил қышқылы (M1)мен акриламид (M2) сополимерлерінің құрамы

Мономер қоспасының құрамы, моль. %		COOH, %	N, %	Сополимердің құрамы, моль. %	
[M ₁]	[M ₂]			[m ₁]	[m ₂]
10	90	7.36	2.4	14,8	85,8
30	70	19.33	6.7	38,7	61,3
50	50	27.82	10.3	57,1	42,9
70	30	31.88	12.2	74,6	25,4

Эксперимент нәтижелері келтірілген I кестеден сополимерлердің құрамы бастапқы мономерлер құрамына байланысты екенін байқауға болады. Сополимердегі метакрил қышқылының мөлшері әрдайым бастапқы мономерлер қоспасындағы шамасынан артық болып келеді. Мысалы, МАК бастапқыда 10 моль.% алынса, сополимердің құрамында 14,8 моль.% болады, 70 моль.% болғанда сополимердегі мөлшері 74,6 моль.% жетеді. Акриламидтің сополимердегі мөлшері де бастапқы реакциялық ортадағы бастапқы шамасына симбатты өзгеріп отырады, бірақ сандық мәндері керісінше мономерлер қоспасындағы мәндерінен төмен келеді. Бұдан метакрил қышқылының акриламидтен активілеу екенін байқауға болады.

Сополимер құрамының бастапқы мономерлер қоспасының құрамына тәуелділігін сополимердің құрам диаграммасынан да көруге болады. (1-сурет). Метакрил қышқылының сополимердегі мөлшерінің өзгеру қисығы дианаганальдан жоғары өтеді, яғни сополимер сәйкес мономер қоспасымен салыстырғанда МАК мономерімен байытылғанын ол акриламидтен белсенділеу.



Сурет 1 – Метакрил қышқылы (M_1) мен акриламидтің (M_2) сополимерлерінің құрам диаграммасы

Мономерлердің бір-бірімен салыстырғандағы белсенділігінің сандық мәндерін бастапқы мономерлер құрамы мен эксперимент жүзінде табылған сополимер құрамы арқылы әртүрлі әдістермен есептеп шығаруға болады [21,22].

Сополимерлеу константаларын r_1 мен r_2 мономердің сополимерге төмен түрлену дәрежесінде анықтаудың қолайлы әдістерінің бірі ретінде біз Майо мен Льюис пен Файнман және Росс әдістерін қолдандық.

Майо-Льюис әдісі. Бұл әдісте Майо-Льюис теңдеуін келесі түрге отырып

$$\frac{[m_1]}{[m_2]} = \frac{[M_1]}{[M_2]} \cdot \frac{r_1[M_1] + [M_2]}{r_2[M_2] + [M_1]}, \quad (9)$$

мұндағы, $[m_1]$ мен $[m_2]$ – M_1 және M_2 мономерлерінің сополимердегі құрамы, моль. %

$[M_1]$ және $[M_2]$ – M_1 және M_2 мономерлерінің бастапқы мономерлер қоспасындағы құрамы, моль. %

Теңдеуді төмендегідей түрлендіруге болады:

$$r_2 = \frac{[M_1]}{[M_2]} \cdot \left\{ \frac{[m_2]}{[m_1]} \left(1 + \frac{[M_1]}{[M_2]} \cdot r_1 \right) - 1 \right\} \quad (10)$$

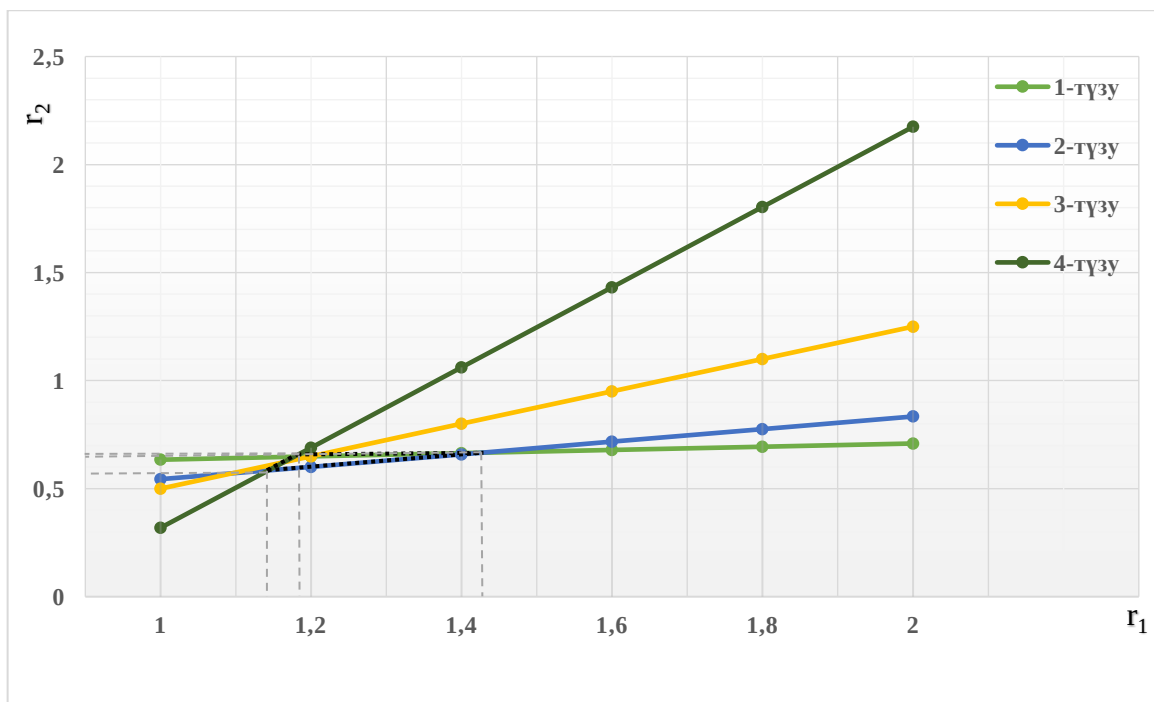
Сполимерлену константаларын табу үшін r_1 -ге әртүрлі мәнді бере отырып, сополимер мен мономерлік құрам бойынша белгілі экспериментальды мәліметтерге арналған Майо-Льюис теңдеуі бойынша жоғарыда келтірілген түрлендірілген теңдеу бойынша r_2 -ні есептей отырып, алынған мәндер бойынша (2-кесте) $r_2 = f(r_1)$ тәуелділігінің графигі тұрғызылды. Әрбір қатынасқа бір түзу сызық пайда болады, ал әртүрлі қатынастағы түзулер әдетте бір нүктеде қиылысады немесе әдістің қате жіберушілігін сипаттайтын үшбұрыштар пайда болады және олардың орталығы сополимерлеу константаларының мәндеріне сәйкес болады.

Бірнеше тәжірибеден (мономердің бірнеше құрамына сәйкес) алынған түзулердің қиылысу нүктесінің координаталарынан r_1 мен r_2 табылды.

Кесте 2 – Майо-Льюистің графикалық әдісі арқылы сополимерлеу константасын анықтауға арналған мәліметтер

	10:90 (1 түзу)	30:70 (2 түзу)	50:50 (3 түзу)	70:30 (4 түзу)
r_1	1	1	1	1
	1,2	1,2	1,2	1,2
	1,4	1,4	1,4	1,4
	1,6	1,6	1,6	1,6
	1,8	1,8	1,8	1,8
	2	2	2	2
r_2	0,63	0,54	0,50	0,32
	0,65	0,60	0,65	0,69
	0,66	0,66	0,80	1,06
	0,68	0,72	0,95	1,43
	0,69	0,78	1,10	1,80
	0,71	0,83	1,25	2,17

Келтірілген 2-кесте негізінде r_1 мен r_2 арасындағы тәуелділік графигі тұрғызылды.



Сурет 2 – Метакрил қышқылы мен акриламидтің салыстырмалы белсендігін Майо-Льюис әдісі бойынша анықтау

2-суретте көрсетілгендей, алынған түзулер үшбұрыш беріп қиылысады. Графикке сүйене отырып, Майо-Льюис әдісі бойынша сополимерлеу константалары $r_1 = 1.25 \pm 0.06$ және $r_2 = 0.63 \pm 0.02$ мәндеріне тең екендігіне көз жеткіздік.

Сополимерлену константалары сонымен қатар сополимердің құрам теңдеуінің дифференциальды түрін қолдануға негіздеген Файнеман-Росс әдісі бойынша да анықталды. Бұл жағдайда Майо-Льюис теңдігі келесідей түрлендіріледі:

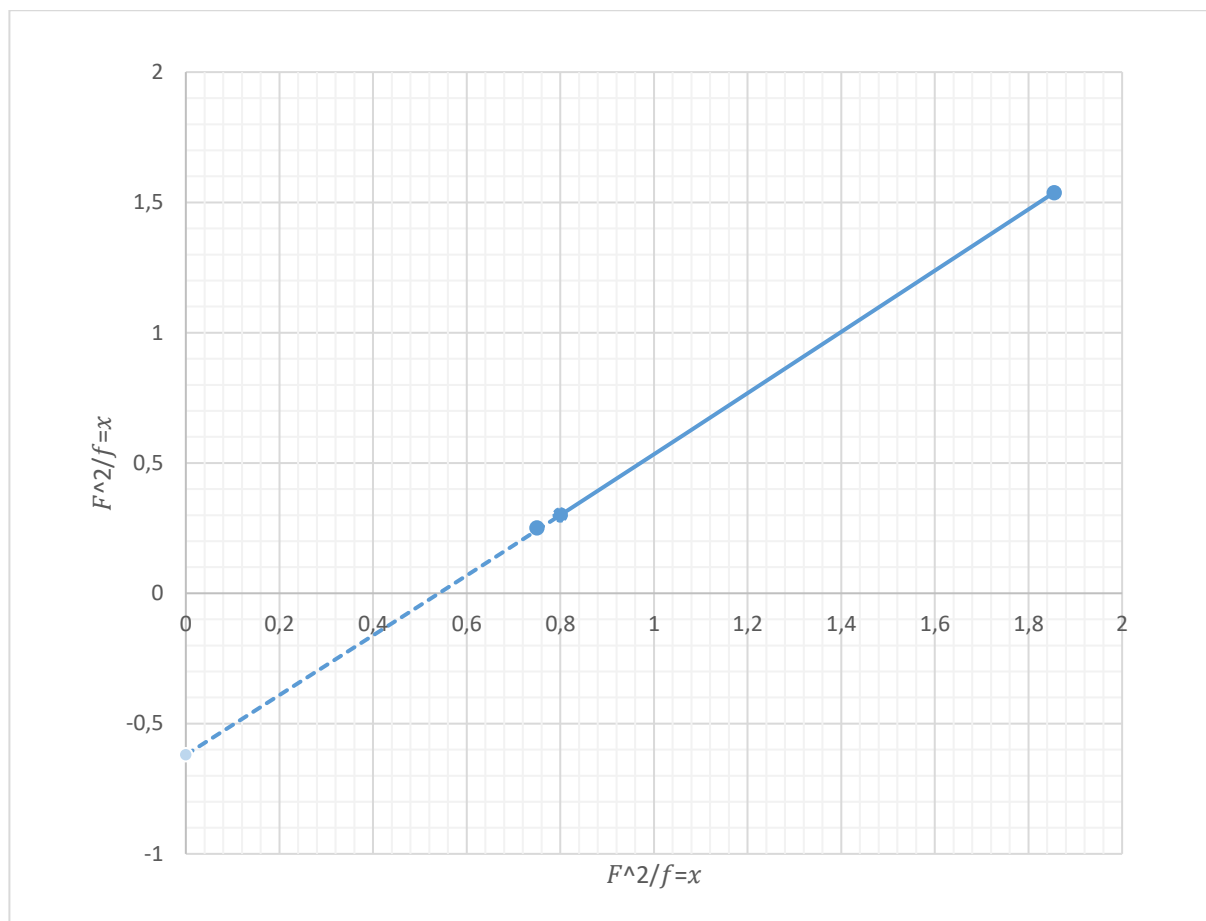
$$\frac{F}{f}(f-1) = \frac{F}{f}r_1 - r_2, \quad \text{немесе } y = r_1 - r_2 \quad (11)$$

мұндағы, $F = [M_1] / [M_2]$; $f = [m_1] / [m_2]$.

Тәуелділік графигін $y=f(x)$ қатынасында тұрғызсақ,

$$y = \frac{F}{f}(f-1), \quad \text{ал } x = \frac{F^2}{f}. \quad \text{болады.}$$

1-кесте нәтижелері бойынша келтірілген графикалық тәуелділік 3- суретте келтірілген. Тәжірибе нүктелері бір түзу сызық берді.



Сурет 3 – Метакрил қышқылы мен акриламидтің салыстырмалы белсендігін r_1 және r_2 Файнеман-Росс әдісі бойынша анықтау

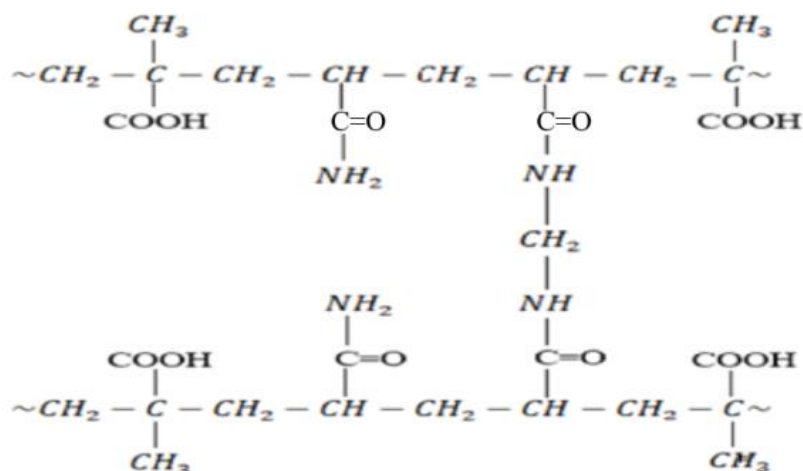
Графиктегі түзуді ордината осіне дейін созғанда ол ордината осін -0,62, -0,63 мәнінде қиып өтеді. Соған орай $r_2 = -y$ болатындықтан акриламидтің сополимерлену константасы $r_2 = 0.62 \pm 0.01$ деп аламыз.

Ал тұрғызылған графиктің масштабын ескеріп, түсу бұрышының тангенсі $\tan \alpha = 1.2$ екенін көруге болады. Демек $r_1 = 1.17 \pm 0.05$. Табылған сополимерлену константалары 3- кестеге жинақталған.

Кесте 3 – Метакрил қышқылы (M_1) мен акриламидтің (M_2) сополимерлену константалары

Қолданылған әдістер	
Майо-Льюис әдісі	Файнеман-Росс әдісі бойынша
$r_1 = 1.25 \pm 0.06$; $r_2 = 0.63 \pm 0.02$	$r_1 = 1.17 \pm 0.05$; $r_2 = 0.62 \pm 0.01$

Метакрил қышқылы мен акриламид мономерлерінен сызықты полимерлерден басқа тігуші агент - N,N-метилен-бис-акриламидтің қатысуында суда ісінетін гидрогельдер синтезделді. Жоғарыда келтірілген сызықты сополимердің құрылымын ескере отырып, торлы сополимердің құрылысын былай келтіруге болады:



Олардың 24 сағат ішінде тепе-теңдікті ісіну дәрежесі гравиметриялық әдіспен келесі теңду арқылы анықталды:

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0}, \quad (8)$$

мұндағы α – гелдің тепе-теңдікті ісіну дәрежесі,

m – тепе-теңдікті ісінген полимер үлгісінің массасы,

m_0 – бастапқы құрғақ үлгінің массасы.

Эксперимент нәтижелері гидрогельдедің ісіну дәрежесі сополимердің құрамына байланысты екенін көрсетті. Сополимердегі карбон қышқылының мөлшері кеміген сайын оның тепе-теңдік ісіну дәрежесі де төмендейді. Бастапқы мономер қоспасындағы метакрил қышқылының шамасы 70, 50 және моль% болатын сополимердің салыстырмалы массасының өзгеруі-ісіну дәрежесі сәйкес 5,8, 5,0, және 4,6 тең болады.

Сонымен, тәжірибе жүзінде метакрил қышқыл мен акриламидтен құрамы әртүрлі сополимерлер алынып, оларға сипатталды.

3.2 Компенсациялық әдіспен біртекті сополимер алу

Жоғарыда көрсетілгендей, метакрил қышқылы мен акриламидтің сополимерлену константалары $r_1 = 1,2$, $r_2 = 0,6$, яғни метакрил қышқылы акриламидтен кеі еседей белсенділеу. Демек сополимерлену барысында реакциялық қоспада белсенділеу мономер – метакрил қышқылының мөлшірі азая береді де, мономерлер қоспасының құрамы өзереді, салдарынан одан түзілген сополимердің құрамы бастапқыдан өзгеше болады. Полимерлену барысында мұндай өзгерістер жалғаса береді де, ақырында құрамы әртүрлі сополимерлер қоспасы пайда болады. Композициялық біртекті сополимер алу үшін реакция барысында белсінділеу мономерді біртіндеп қосып тұру арқылы (дозалау автоматты түрде жүргізіледі) мономерлер қоспасының құрамын

тұрақты ұстап тұру керек.

Мономерлер қоспасының құрамының мольдік түрлену дәрежесіне тәуелділігін, және де түрлену дәрежесінің мономерлер қоспасының функциясы ретінде анықтау үшін Скейтс және Майер тұжырымдап шығарған сополимерлену теңдеуінің интегралдық түрін қолдануға болады [28].

$$\ln \frac{[M]}{[M_0]} = \int_{(f_1)_0}^{f_1} \frac{df_1}{F_1 - f_1} \quad (9)$$

мұнда $[M]$, $[M_0]$ – мономерлердің берілген түрлену дәрежесіндегі және бастыпқы уақыт кезіндегі моль сандары.

Метакрил қышқылы мен акриламидтің реакциясын сополимер алу үшін жүргізген жағдайда, мүмкіндігінше бірдей құрамды макромолекулалардан тұратын (90 масс. % - ы метакрил қышқылының буынынан), реакторға барлық акриламид пен белсенді мономерлердің - метакрил қышқылының бір бөлігін жүктейді. Полимерленудің өтуі бойынша реакторға метакрил қышқылының қосымша мөлшерін береді. (Беру автоматты түрде реттеледі және мономерлер арасындағы арақатынастың өзгеруі салдарынан реактордағы будың серпімділігінің азаюымен байланысты). Акриламидтің бастапқы жүктелуі 100кг болған жағдайдағы, метакрил қышқылының бастапқы жүктелуін, сондай-ақ конверсия кезінде акриламид 0,94 (массалық үлесі) болған жағдайдағы реактордағы мономерлер қоспасының құрамын есептеңіз. 10кг сополимерге есептегендегі конверсияның сол дәрежесі кезінде сополимерлеудің материалдық балансын жасау қажет (судың және пайдаланылатын қосалқы заттардың болуын ескермегенде). Моль үлесіндегі сополимер құрамын анықтаймыз:

$$F_1 = \frac{G_1 : M_1}{G_1 : M_1 + G_2 : M_2} \quad (10)$$

$$F_1 = \frac{90 : 86}{(90 : 86) + (10 : 71)} = 0,88, \quad F_2 = \frac{10 : 71}{(90 : 86) + (10 : 71)} = 0,12.$$

Бұл талылған құрам қандай мономер құрамына сәйкес келетінін табу үшін келесі теңдеуді алып

$$F_1 = \frac{r_1 f_1^2 + f_1 f_2}{r_1 f_1^2 + 2 f_1 f_2 + r_2 f_2^2} \quad (13)$$

Оны төмендегідей түрленген түрде қолданамыз:

$$(F_1 r_1 - 2 F_1 + F_1 r_2 - r_1 + 1) f_1^2 + (2 F_1 - 2 F_1 r_2 - 1) f_1 + F_1 r_2 = 0$$

Ары $r_1 = 1,2$, $r_2 = 0,6$ сополимерлену константаларын орнына қойып , есептеулер жүргіздік:

$$\begin{aligned}
(0,88 \cdot 1,2 - 2 \cdot 0,88 + 0,88 \cdot 0,6 - 1,2 + 1)f_1^2 + (2 \cdot 0,88 - 2 \cdot 0,88 \\
\cdot 0,6 - 1)f_1 + 0,88 \cdot 0,6 = 0 \\
-0,38f_1^2 - 0,3f_1 + 0,53 = 0 \\
0,38f_1^2 + 0,3f_1 - 0,53 = 0
\end{aligned}$$

$$f_1 = \frac{-0,3 + \sqrt{0,3^2 + 4 \cdot 0,38 \cdot 0,53}}{2 \cdot 0,38} = 0,9, f_2 = 1 - 0,9 = 0,1$$

Мономерлік қоспадағы белсенді мономердің құрамын төмендегі теңдеуге сәйкес есептеуге болады:

$$g_1 = \frac{f_1 + M_1}{f_1 : M_1 + f_2 : M_2} \quad (14)$$

$$g_1 = \frac{0,9 \cdot 86}{(0,9 \cdot 86) + (0,1 \cdot 71)} = 0,92, \quad g_2 = \frac{0,1 \cdot 71}{(0,9 \cdot 86) + (0,1 \cdot 71)} = 0,08.$$

Акриламид бойынша конверсия дәрежесі 0,95 (масс.), сонда сополимер құрамына $100 \cdot 0,95 = 95$ кг акриламид кірді, мономерлік қоспада $100 - 95 = 5$ кг қалды.

Сополимердегі акриламид буындарының құрамы 10% (масс.), яғни сополимер құрамына $95 \cdot \frac{90}{10} = 855$ кг метакрил қышқылы кірді, ал барлығы $95 + 855 = 950$ кг сополимер пайда болды.

Сополимердің тұрақты "лездік" құрамын тұрақтандыру үшін мономерлік қоспаның тұрақты құрамын ұстау қажет – 85:15 (масса бойынша), онда метакрил қышқылының бастапқы жүктемесі $100 \cdot \frac{85}{15} = 567$ кг құрайды, ал полимерлеуден кейін мономерлік қоспадағы метакрил қышқылының құрамы $5 \cdot \frac{85}{15} = 28$ кг болады. Сополимерлеу үшін алынған акрил қышқылының жалпы саны $855 + 28 = 883$ кг тең, оның $883 - 567 = 316$ кг дозалау процесінде қосылған. Алынған мәліметтер материалдық баланс кестесіне енгізіледі (12-кесте).

Кесте 4 – Метакрил қышқылын акриламидпен сополимерлеудің материалдық балансы

Кіріс					Шығыс				
№ п/п	Аталуы	кг	кг/т	%	№ п/п	Аталуы	кг	кг/т	%
1	Акриламид	100	10,5	15,2	1	Сополимерлер	950	99,8	144,4
2	МАҚ	88,3	92,7	14,2		АА буыны сополимер құрамындағы	95	10	14,4
	бастапқы жүктеме	56,7	59,5	86,2		МАҚ буыны сополимер құрамындағы	855	89,8	130
	дозалау кезінде	31,6	33,18	48	2	Мономерлер	33	3,5	5
						АА	5	0,5	0,8
						МАҚ	28	3	4,2
	Барлығы:	98,3	103,2	149,4		Барлығы:	983	103,3	149,4

Жалпы конверсиялану дәрежесі:

$$\chi = \frac{950 \cdot 100}{983} = 96,6 \% (\text{масс.}),$$

$$\chi_{\mu} = \frac{(855 : 86) + (95 : 71)}{(883 : 86) + (100 : 71)} 100 = 96,7 \% (\text{мол.})$$

Алынған материалдық баланс кестесінің мәндеріне орай, жалпы конверсиялау дәрежесі $\chi = 96,6\%$ немесе $\chi_{\mu} = 96,7\%$ тең болды.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Метакрил қышқылы мен акриламидің органикалық еріткіште азобисизобутиронитрил инициаторының қатысуында әр түрлі мольдік ара қатынаста радикалдық сополимерлену өткізілді.

2. Алынған сополимерлерге азот атомына элементтік және және карбоксил топтарына функциональды анализ өткізіліп, олардың құрамы анықталды. Анализ нәтижелері және тұрғызылған құрам диаграммасы кәз келген мономер қоспасынан алынған сополимер бастапқы мономер қоспасымен салыстырғанда метакрил қышқылымен байытылатыны байқалады.

3. Майо-Льюис және Файнеман-Росс әдістерімен мономерлердің салыстырмалы белсенділіктері анықталды. Табылған сополимерлену константалары $r_{\text{ММА}} = 1,2$ и $r_{\text{АА}} = 0,62$.

4. Скейтс және Майердің интегралдық сополимерлену теңдеуіне сүйеніп компенсациялық әдіспен композициялық біртекті сополимер алу мүмкіндігі көрсетілді.

5. Метакрил қышқылы мен акриламидің берілген жоғары конверсиялану дәрежесіне сәйкес сополимер алу мақсатында активті мономерді біртіндеп қосу арқылы біртекті сополимер алудың материалдық балансы жасалды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Akhtar MF, Hanif M, Ranjha NM (2016) «Methods of synthesis of hydrogels» a review. Saudi Pharm J 24(5):554–559
- 2 Enas M.Ahmed “Journal of Advanced Research” Volume 6, Issue 2, Pages 105, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123213000969>,
Қолданылған уақыт 15.03.20
- 4 Зайцев С.Д. Развитие теории радикальной сополимеризации, глава 2, - С.35-48, 2010 г.
- 5 А.М.Кочнев, Р.Р.Спиридонова, Галибеев С.С. «Химия высокомолекулярных соединений» раздел 3, -59стр. 2011
- 6 А. Ким/Органическая химия/, -С.18-112, 2002 год
- 7 Котон М.М., Соколова Т. А., Полимеризация N-замещенных метакриламидов. I// Ж. общ. хим.-1958.-Т.28.-№2.-С.417-420
- 8 Соколова Т. А., Четыркина Г.М., Овсянникова Л.А. Полимеризация N-замещенных фенилметакриламидов. IV.
- 9 Торопцева А.М., Белгородская К.В., Бондаренко В.М. Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений. Л.: Химия, 1972.
- 10 Николаев А.Ф., Охрименко Г.И. Водорастворимые полимеры. Л.: Химия, 1979. 61 с.
- 11 Halverson F., Panzer H.P. // Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 3rd ed. N.Y.: Wiley, 1980. Vol. 10. P. 489.
- 12 Полиакриламид / Под ред. В.Ф. Куренкова. М.: Химия, 1992. 192 с.
- 13 Kurenkov V.F., Myagchenkov V.A. // Polymeric Materials Encyclopedia. Boca Raton (Fla): CRC Press Inc., 1996. Vol. 1.
- 14 Kurenkov V.F. in: Handbook of Engineering Polymeric Materials. Ch. 3. Morganville, N.J.: Marcel Dekker, 1997. P. 61-72.
- 15 А.с. 1087534 (СССР). Способ получения водорастворимого полиэлектролита. / Ф. А. Артыков, С. А. Зайнутдинов и др. –Опубл. 23.04.84. БИ., №15.
- 16 А.с. 1028683 (СССР). Способ получения водорастворимого полиэлектролита. / Ф. А. Артыков, С. А. Зайнутдинов и др. –Опубл. 15.07.83. БИ., №26.
- 17 Зубакова Л. Б., Тевлина А. С., Даванков А. Б. Синтетические ионообменные материалы. М.: Наука, 1978. -183 с.
- 18 Пат. ГДР. №222885. Verfahren zur Herstellung von Vinylacetat. Acrylsäure-Copolymeren in Lösung; / Heublein Brigitte Heublein Yünther. Marschner Horst, u. an. -VEB Chemische Werke Buna. -Опубл. 29.05.85.
- 19 А.с. 891690. (СССР). Способ получения полифункционального

водорастворимого полиэлектролита. / С. Ф. Максимова, Т. П. Подгорнова, В. А. Маковцкий. –Опубл. 07.08.81. БИ, №21.

20 Бондаренко В. М. Новые водорастворимые сополимеры на основе N-винилсукцинимиды для ионного связывания физиологически активных соединений. Химическая технология, свойства и применение пластмасс. Л.: 1978. -С. 78-96.

21 Кабанов В. А., Зубов В. П. Семчиков Ю. Д. Комплексно-радикальная полимпризация. –М.: Химия, 1987. –254 с.

22 Кабан В. А., Топчиев Д. А. Полимеризация ионизирующихся мономеров. –М.: Наука, 1975. –224 с.

23 Сулейменов И. Э., Козлов В. А., Бимендина Л. А., Бектуров Е. А. Самоорганизация органических и неорганических полимеров в воде. –Алматы: Дайк-Пресс, 1999. -229 с.

24 Кирш Ю. Е. И-иниламиды: Синтез, физико-химические свойства и особенности радикальной полимеризации. // Высокомолек. соед. Б. –1993. –Т. 35, №2. –С. 98-113.

25 Баерас Г. И., Гусакава Г. В., Макушка Р. Ю., Роганова З. А., Смолянский А. Л. Роль комплексообразования при гомо- и сополимеризации метакрилонитрила и акриловой кислоты в растворах ДМСО – вода. // Высокомолек. соед. -1983. -Т. 25А, №7. –С. 1496–1505.

26 Макушка Р. Ю., Баерас Г. И., Шулкус Ю. К., Болотин А. Б., Роганова З. А., Смолянский А. Л. Влияние комплексообразования на реакционную способность акриловой и метакриловой кислот в радикальной полимеризации. // Высокомолек. соед. –1985. –Т.27А. №3. –С. 567–574.

27 Зезин А. Б. Высокомолекулярные соединения// Радикальная сополимеризация, глава 5, Синтез полимеров. -2018 г.

28 Гальперина Н. И., Громов В. Ф., Хомиковский П. М., Абкин А.Д. Полимеризация метакриловой кислоты в различных растворителях // Высокомолек. соед. Б.-1975

29 Зальберман Е.Н., Наволокника Р.А. Примеры и задачи по химии высокомолекулярных соединений (Радикальная полимеризация, ионная полимеризация, сополимеризация) Учеб пособие для хим. и хим. технол. спец. вузов- М. Высш. шк., 1984.-224 с., ил.