

УДК 539.2

А. Алдияров, С. Қадылбек*Әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,**E-mail:Abdurahman.Aldiarov@kaznu.kz***Этанолдың криовакуумды конденсаттарының асқын суытылған сұйық фазасының болуы туралы мәселе**

Аннотация. Авторлардың бұрын этанолдың криовакуумды конденсаттарының жұқа қабықшаларына жүргізген ИҚ-спектрометрлік және термодесорбциялық зерттеулері және осы нәтижелерді топ жұмыстарының мәліметтерімен салыстыру этанолдың төменгі температуралы күйлерінің болуының температуралық интервалдарына қатысты бірқатар қорытынды жасауға түрткі болды. Қосымша алынған тәжірибелік мәліметтер шыныға өту температурасынан $T_g \approx 98$ К төменгі температураларда түзілген этанолдың криовакуумды конденсаттары кезекті термоөдетілетін түрөзгерістерден кейін асқын суытылған сұйық фаза деп аталатын күйден өтетіндігіне нұсқайды. Қатты дене – сұйық ауысуының температура интервалы (97-100 К) сұйық фазаны шыныға айналдыру арқылы қол жеткізілген этанол үлгілерін зерттеуден алынған авторлардың мәліметтерімен жақсы сәйкес келеді. Зерттеулер төментемпературалық әмбебап тәжірибелік ИҚ-спектрофотометрде жүргізілді. Зерттелетін үлгілердің температуралары 16 К-нен 120 К-ге дейін өзгертіліп отырды. Криоконденсациялау кезіндегі газ фазасының қысымы сынап бағанасы бойынша $P=5 \times 10^{-5}$ мм.Нг құрады. Инфрақызыл спектрлер диапазоны толқындар саны бойынша 400 см^{-1} -ден 4200 см^{-1} -ге дейін болды.

Түйін сөздер: этанол, аса суытылған сұйық фазалық ауысымдар.

Кіріспе

Қатты дене физикасының зерттейтін маңызды іргелі мәселелерінің бірі – шыны теориясы мен шыныға өту процесін қалыптастыру. Аталған мәселенің шешімін табу эвристикалық және өнеркәсіптік маңызы бар болашағы зор интеллектуалдық алға жылжуды білдіреді [1]. Осы тұрғыдағы зерттеудің сипаттық нысандары ретінде асқын суытылған сұйықтардың төменгі температуралы нұсқалары мен оларға сәйкес шыны тәрізді күйлерді айтуға болады. Сауалдың қазіргі заманғы ахуалы, релаксациялық процестердің жаңа теориялары мен тәжірибелік мәліметтер [2] жұмыста кеңінен қамтылған.

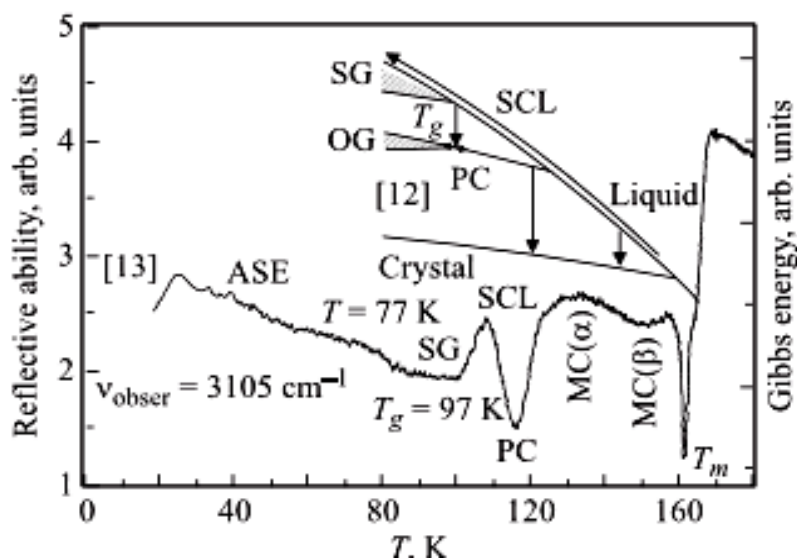
Зерттелінетін шыны қалыптастыратын заттардың қатарынан сутектік байланысқа ие заттар, оның ішінде су мен этанол ерекше орынды иеленеді. Осы материалдарды зерттеуге ұзақ уақыт жұмсалғанына қарамастан және әдебиеттердің ауқымды көлемі бар болғанымен, бүгінге дейін шыныға өту мен шыныға ауысулардың динамикасына қатысты маңызды сауалдардың жауабы табыла қойған жоқ [3-6]. Осындай әлі зерттелу үстіндегі кейбір мәселелерге тоқталмай-ақ, аморфты қатты фаза (ASW) және оның шамасы T_g үшін шыныға ауысу температурасы ұғымының классификациясын қалыптастырудың осы уақытқа дейін бірегей тәсілі жоғын атап айтқан жөн. Осыған сәйкес біздің ұстанатын көзқарастарымыз [7, 8] жұмыстарда жақсы баяндалған.

Біздің пікірімізше, этанолдың қатты нұсқаларындағы құрылымдық-фазалық ауысулар мен шыныға өту – балқу процестеріне қатысты жағдай да аса өзекті болып отыр. Осы сауалға қатысты зерттеу нәтижелері көптеген мақалаларда мұқият баяндалған [9-12], Бұл мәселеге жалпы тоқталмауға және тікелей біздің нәтижелерімізді талқылауға көшуге мүмкіндік береді. Ертеректе $T = 16$ К тең және осы мәннен жоғары конденсация температураларындағы суытылған үлділерге газ фазасындағы этанолды конденсациялау процестеріне зерттеулер жүргізген болатынбыз. Газ фазасындағы қысым 10^{-2} – 10^{-4} Ра интервалында тұрақты ұсталынып отырды. Осындай тәсілмен алынған қатты этанолдың жұқа қабықшалары дәстүрлі түрде «криовакуумды конденсаттар» деп аталады. Біз жүргізген ИҚ-спектрометрлік зерттеулер, сонымен қатар этанолдың аморфты қабықшаларындағы термоөдетілген релаксациялық процестерді талдау [13-15] келесідей тұжырымдарды берді. $T=70$ – 80 К

жоғары температураларда этанолдың аморфты криовакуумды конденсаттарының қасиеттері асқын жылдам асқын суыту (quenching) арқылы алынған қатты этанолдың үлгілері зерттелінген жұмыстардың нәтижелерімен айтарлықтай ұқсас екен [9-12]. Сұйық күйді асқын жылдам қатыру нәтижесіндегі шынының қалыптасуының қабылданған моделі шеңберінде біздің қол жеткізген нәтижелерімізге жүгіне отырып, этанолдың төменгі температуралы аморфты криовакуумды конденсаттары оларды қыздыру процесінде шыны-асқын суытылған сұйық-пластикалық кристалл-моноклинді кристалл сатысынан өтеді. «Тіршілік тарихында» сұйық фазасы жоқ этанол криоконденсаттарының шыны тәрізді үлгілерінің асқын суытылған сұйық (SCL) деп аталатын аралық күйі расымен болады ма деген орынды сұрақ туындайды. Осыған қатысты жүргізілген зерттеулер аталмыш сұраққа жауап табу мақсатында жүзеге асырылды.

Нәтижелері мен талқылаулар

Біздің ертеректе этанолдың криовакуумды конденсаттарының жұқа қабықшаларына жүргізген ИҚ-спектрометрлік және термодесорбциялық зерттеулеріміз [13-15] және осы нәтижелерді [12, 16] жұмыстардың нәтижелерімен салыстыру этанолдың белгілі төменгі температуралы нұсқаларының болу интервалдары туралы бірқатар тұжырымдар жасауымызға түрткі болды. 1 суретте этанолдың криоконденсатының жұқа қабықшасын қыздыру қимасы [13] асқын жылдам суыту нәтижесінде сұйық фазадан алынған этанолдың монолитті үлгісінің күй диаграммасымен салыстырылған [12].



SG – құрылымдық шыны, SCL – асқын суытылған сұйық, OG – бағытталған шыны, ASE – аморфты қатты этанол, PC – пластикалық кристалл, MC(α) – моноклинді кристалл (α-фаза), MC(β) – моноклинді кристалл (β-фаза), Tg – шынығу өту температурасы.

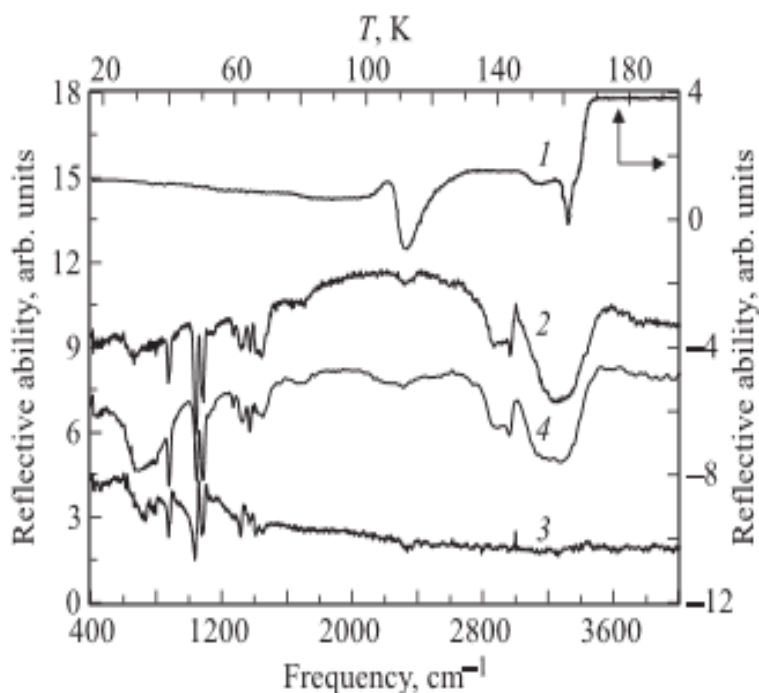
1 сурет. Этанолдың криоконденсатының жұқа қабықшасын қыздыру қимасын [13] сұйық фазадан алынған этанолдың монолитті үлгісінің күй диаграммасымен салыстыру [12]

Бақылау жиілігі $\nu = 3105 \text{ cm}^{-1}$ этанол молекуласындағы О-Н-байланыстың жартылай жұтылуына сәйкес келеді, аталған байланыс сутектік байланысқан криовакуумды конденсаттардағы, оның ішінде су және этанолдағы құрылымдық ауысуларға аса сезімтал. Осылайша, жоғарыдағы бақылау жиілігіндегі ИҚ-спектрометр сигналының ерекшеліктері зерттелініп отырған қабықшада өтіп жатқан құрылымдық ауысулардың белгісі болып саналады. Күй диаграммасы мен қыздыру қисығын салыстырудан көрініп тұрғанындай, қыздыру қисығының ерекше қасиеттерімен қоса диаграммадағы құрылымдық ауысуларға жауап беретін температуралардың айқын корреляциясын байқауға болады. Осы өзгерістер О-

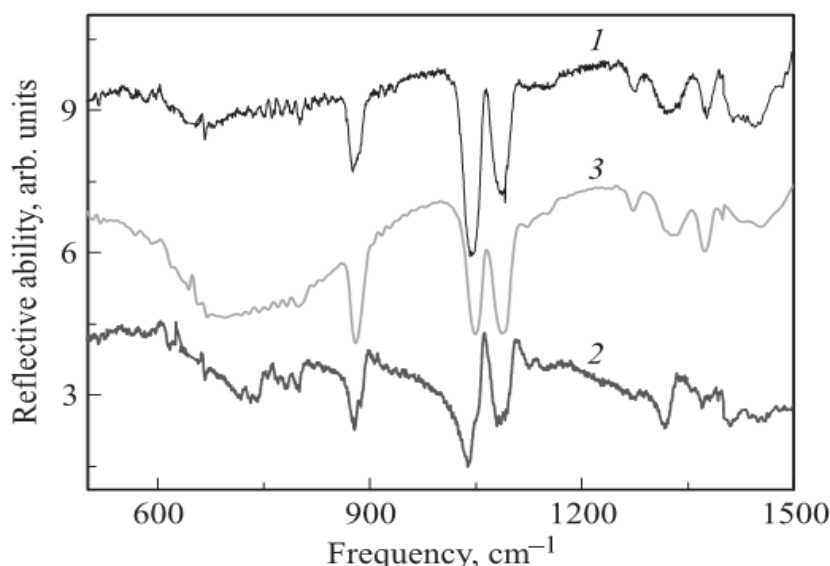
Н-байланыстың валентті тербелістер жолағы жиілігінің ығысуына немесе жұтылу амплитудасының өзгерісіне сәйкес келеді.

Осы мәліметтерді негізге ала отырып, $T = 16$ К (аморфты күй) конденсация температурасында түзілген және сәйкесінше $T = 112$ К (SCL немесе пластикалық кристалл) және $T = 120$ К (моноклинді кристалл) температураларына дейін қыздырылған этанолдың жұқа қабықшаларының ИҚ-спектрлерін өлшедік. Тәжірибеде тазалығының пайыздық үлесі 99,99% құрайтын құрғақ этанол қолданылды. Осы мәліметтер қыздыру қисығымен қоса 2 суретте бейнеленген. Жоғарғы қисық қыздыру барысындағы спектрометр сигналының өзгеру сипатын көрсетеді (жоғарғы және оң жақ шкала). $T = 16$ К конденсация температурасында алынған және $T = 120$ К дейін қыздырылған үлгілердің ИҚ-спектрлерінің ерекшеліктері олардың түрлі құрылымдық күйлерінің – аморфты және кристалдық күйлерінің салдарынан пайда болып отыр. Біздің топшылауымызға сай, 3 қисықтың сипаты үлгідегі спектрдің жоғары жиілікті бөлігінің шашырауына байланысты, оның өзі не асқын суытылған сұйықты, не пластикалық кристалды бейнелейді.

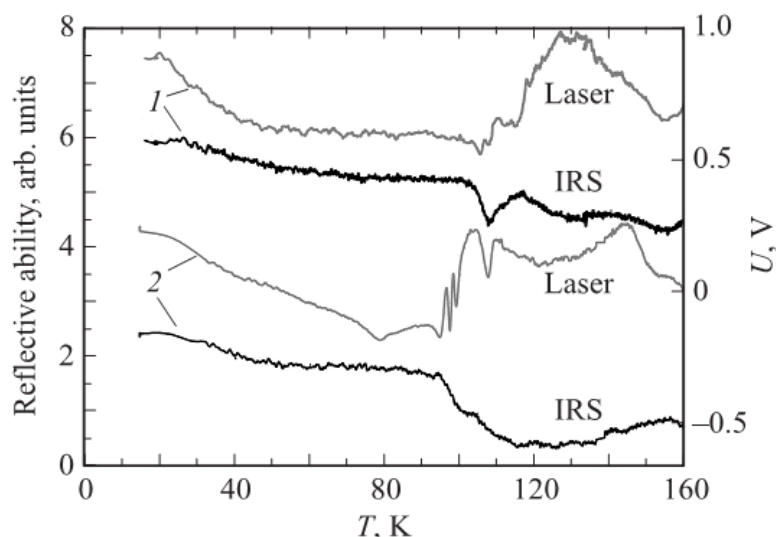
3 суреттегі спектрдің ұзын толқынды бөлігінің фрагменті $T=112$ К температураға дейін қыздыру кезінде алынған үлгіде жүзеге асатын айтарлықтай өзгерістерді толық көрсетеді. Олар метил $\nu(\text{CH}_3)$ және метилен $\nu(\text{CH}_2)$ топтарының айналмалы тербелістерімен қоса валентті тербелістердің $\nu(\text{C}=\text{O})$ комбинациясы мен $\delta(\text{OH})$ -байланыстың ($1000\text{--}1250\text{ cm}^{-1}$ интервалындағы жолақтар тобы) деформациялық тербелістеріне қатысты жұтылу жолақтарының айтарлықтай кеңеюінен көрінеді. Мұнан өзге 2 спектрде осы жолақтар анағұрлым төменгі жиіліктер облысына қарай айтарлықтай ығысқан.



2 сурет. Қыздыру барысында (1) $\nu = 3105\text{ cm}^{-1}$ фиксацияланған жиілігіндегі ИҚ-сигналдың өзгерісі және $T=16$ К мәніндегі конденсациядан кейінгі (2), $T=16$ К-нен 112 К дейінгі қыздырудан соң (3) және $T=16$ К-нен 120 К-ге дейінгі қыздырудан кейінгі (4) қалыңдығы $0.75\text{ }\mu\text{m}$ этанолдың криоконденсатының ИҚ-спектрлері.



3 сурет. Қалыңдығы $0.75 \mu\text{m}$ этанолдың криоконденсатының ИҚ-спектрлері. 1 – $T=16$ К мәніндегі конденсациядан кейінгі, 2 – $T=16$ К-нен 112 К дейінгі қыздырудан кейін, 3 – $T=16$ К-нен 112 К-ге дейін қыздырудан кейін.



4 сурет. Фиксацияланған $\nu = 3105 \text{ cm}^{-1}$ жиілігіндегі ИҚ-спектрометр сигналдары мен лазерлік интерферометр (laser) сигналдарының температура артқан сайынғы өзгерістері. 1 – этанол қабықшасының қалыңдығы $3 \mu\text{m}$, конденсация температурасы $T = 16$ К; 2 - этанол қабықшасының қалыңдығы $2,5 \mu\text{m}$, су қабықшасының қалыңдығы $0,25 \mu\text{m}$, конденсация температурасы $T = 16$ К.

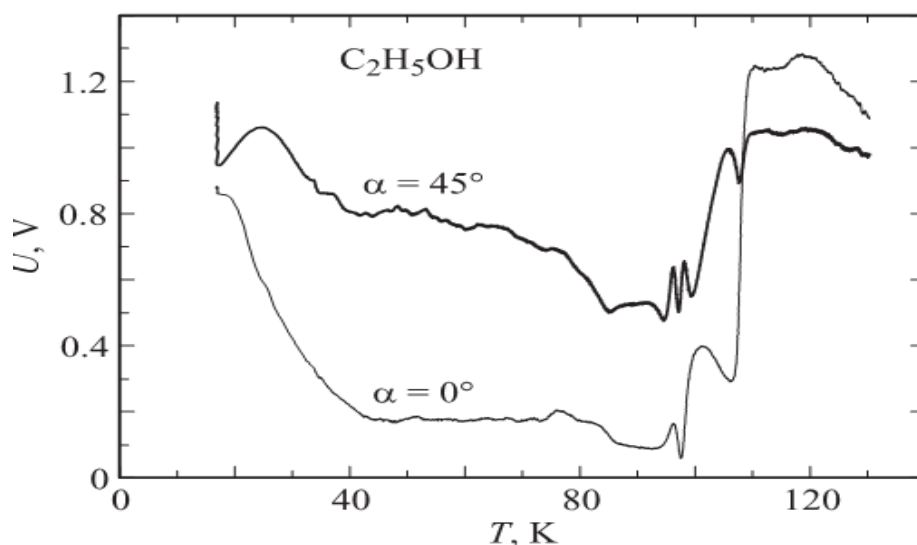
Орталығы $\nu = 880 \text{ cm}^{-1}$ жиілігіне сәйкес келетін ССО-байланыстың валентті тербелістеріне сәйкес келетін жолақ та айтарлықтай кеңейіп, «қызыл» облысқа қарай ығысады. Мұнан өзге осы жолақта спектрлердің айналуы түріндегі жұқа құрылым қалыптасады. Осы айтылғын ерекшеліктерге жүгіне отырып, $T = 112$ К дейін қыздырылған этанол күйі үшін анағұрлым әлсіз молекула аралық өзара әсер мен пластикалық кристалдың немесе асқын суытылған сұйықтың ерітілген айналмалы кіші жүйесінің есебінен қосымша еркіндік дәрежелерінің қалыптасуы тән деген қорытынды жасауға болады.

Жүргізілген ИҚ-спектрометрлік зерттеулер негізінде 69-дан 116 К дейінгі температура интервалында этанолдың қыздырылған қабықшасының қасиеттері анағұрлым төмен температурадағы (шыны) және едәуір жоғары температурадағы (кристалл) үлгілерінен айтарлықтай ерекшеленетіндігін байқауға болады. Алайда, осы жүргізілген зерттеулерге сүйеніп, ықтимал екі кйдің – асқын суытылған сұйық немесе пластикалық кристалдың

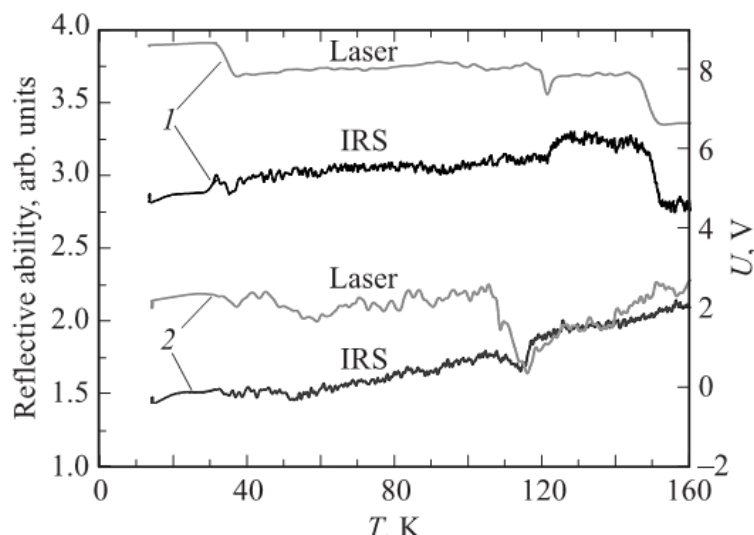
қайсысы байқалып отырған айырмашылықтарға себепші екендігін бірмәнді айтуға болмайды. Осыған байланысты біз ИҚ-спектрометр және сыну көрсеткішін, қабықшаның қалыңдығы мен оның түзілу жылдамдығын анықтау үшін қолданылатын лазерлік интерферометрді (He-Ne) бір уақытта пайдалана отырып, қосымша зерттеулер жүргіздік. Этанол аморфты - шыны тәрізді – сұйық – кристалдық күйлердің тізбегінен өте отырып, шынының балқу және асқын суытылған сұйықтың түзілу процестері ортаның оптикалық тығыздығының өзгерісі және лазер сәулесінің интерференциясымен қоса жүреді деген болжам жасалынды. Осының нәтижелері 4 суретте келтірілген.

4 суреттен көрініп тұрғанындай, термограммалар этанолдағы болжамды ауысулармен жақсы үйлеседі (1 сурет). Дегенмен SCL болу температуралары диапазонында лазерлік интерферометр сигналының интенсивтілігінің өзгерісі әлсіз көрінеді (4 суреттегі 1 қисықтар қосағы). Бұл шыны тәрізді және сұйық күйлердің сыну көрсеткіштерінің мәндерінің жуықтығымен түсіндіріледі. Осыған сәйкес тәжірибе әдістемесіне өзгерістер енгізілді: олардың мәні қалыңдығы $2,5\mu\text{m}$ құрайтын $T = 16\text{ K}$ мәнінде конденсацияланған этанол қабықшасының бетіне қосымша қалыңдығы $0,25\mu\text{m}$ су қабықшасын қондырудан тұрады. Осындай қос қабатты қабықшаның этанолдың SCL күйі арқылы өтуі барысында этанолдың квазисұйық фазасында мұздың еруі мүмкін деген болжам жасалынды, бұл өз кезегінде интерференция эффектісін тудырады. Осы тәжірибенің нәтижелері төменгі термограммаларда келтірілген (4 суреттегі 2 қисықтар қосағы). Жоғарғы термограмма – He-Ne лазер сәулесінің үлгіден шағылған фотокөбейткіш сигналы, төменгі қисық - 3115cm^{-1} бақылау жиілігіндегі ИҚ-спектрометр сигналы.

Көрініп тұрғанындай, жоғарғы термограмманың ерекшеліктерін этанол қабықшасындағы құрылымдық ауысу температураларының сипаттық мәндерімен бірмәнді байланыстыруға болады. Мысалы, $T = 78\text{ K}$ температура мәнін ертеректе біз [13] аморфты ASW күйден сұйық фазаны асқын суыту процесінде қол жеткізетін шыныға ұқсас Glass күйге өтуге сәйкес келеді деп айтқан болатынбыз. $T=94\text{ K}$ температурадан бастап ИҚ-спектрометр термограммасына сәйкес шынының асқын суытылған сұйық күйге ауысуы жүзеге асады. Осы процеспен қоса лазерлік сәулелердің айқын көрінетін интерференция құбылысы да орындалады, соңғы құбылыс $T=107\text{ K}$ температураға дейін созылады. Біз осы жайттың қатты судың жұқа қабықшасының еру процесі жүретін SCL түзілуімен қоса этанол-шынының балқуының салдары деп топшылаймыз. Осының салдарынан лазерлік сәулемен өзара әсерлесетін ортаның оптикалық тығыздығы айтарлықтай өзгеріске ұшырайды.



5 сурет. Температура артқан кездегі әр түрлі бақылау бұрыштарындағы лазерлік интерферометрдің сигналдарының өзгерісі. Конденсация температурасы $T=16\text{ K}$, этанол қабықшасының қалыңдығы $2,5\mu\text{m}$, су қабықшасының қалыңдығы $0,25\mu\text{m}$.



6 сурет. $\nu = 3115 \text{ cm}^{-1}$ фиксацияланған жиілігіндегі температура артқан кездегі ИҚ-спектрометр сигналдарының (IRS) және лазерлік интерферометр (laser) сигналдарының өзгерісі. 1 – қабықша қалыңдығы $2,5 \text{ }\mu\text{m}$, конденсация температурасы $T=130 \text{ K}$, 2 – этанол қабықшасының қалыңдығы $2,5 \text{ }\mu\text{m}$, этанолдың конденсация температурасы $T=130 \text{ K}$, су қабықшасының қалыңдығы $0,25 \text{ }\mu\text{m}$, судың конденсация температурасы $T=16 \text{ K}$.

5 суретте лазерлік сәулелердің түрлі түсу бұрыштары үшін ұқсас зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Осы жерден нәтижелердің 4 суреттегі мәліметтермен жақсы үйлесетіндігін көруге болады. Жоғарғы және төменгі қисықтар арасындағы айырмашалықтар 0 және 45° бақылау бұрыштары үшін лазерлік сәуле жолының оптикалық ұзындығының әр түрлі болуының салдарынан туындайды.

Біздің болжамдарға сәйкес, этанол үлгісін шыныға өту температурасынан жоғары температура мәнінде конденсациялау барысында жүргізілетін ешқандай термовариациялар шыны-сұйық ауысуына сәйкес келетін ИҚ-спектрометр мен лазерлік интерферометрдің сигналдарының өзгерісін болдырмауы тиіс. 6 суретте осы тұжырымды дәлелдейтін тәжірибе нәтижелері келтірілген. Жоғарғы термограммалар (1 қисықтар қосағы) тәжірибеге сәйкес келеді, оның барысында қалыңдығы $2,5 \text{ }\mu\text{m}$ этанол қабықшасы $T=130 \text{ K}$ температурада, яғни $T=97 \text{ K}$ шыныға өту температурасынан жоғары мәнінде конденсацияланды. Осыдан кейін үлгі $T=16 \text{ K}$ мәніне дейін суытылды және ИҚ-спектрометрдің фиксацияланған жиілігінде ($\nu = 3115 \text{ cm}^{-1}$) бақылау арқылы және лазерлік интерферометрдің көмегімен баяу қыздырылды. 2 қисықтар қосағы осыған ұқсас тәжірибе нәтижелерін көрсетеді, тек мұндағы басты ерекшелік – $T=16 \text{ K}$ дейін суытылған соң қабықшаның бетіне судың қалыңдығы $0,25 \text{ }\mu\text{m}$ құрайтын жұқа қабықшасы конденсацияланды.

6 суретте көрсетілген мәліметтерден көрініп тұрғанындай, екі жағдайда да этанолдың шыныға өту температурасының маңында $T=97 \text{ K}$ термограммалардың қасиеттерінде ешқандай ерекшеліктер байқалмайды. $110\text{-}120 \text{ K}$ интервалында байқалатын өзгерістер бағытталған шыны – пластикалық кристалл ауысуына немесе этанолдың кристалдық фазаларындағы полиморфты ауысуларға сәйкес келеді (пластикалық кристалл – моноклинді кристалл ауысуы, моноклинді кристалдағы $\alpha\text{-}\beta$ -ауысулар) [12]. Аталған процестер мен олардың толық бейнесі осы жұмыста қамтылған зерттеулер шеңберінен шығып кетеді.

3. Қорытынды

Біз жүргізген зерттеулер шыныға өту температурасынан (шынылану) айтарлықтай төмен температураларда түзілген этанолдың криовакуумды конденсаттары келесі термоудетілген түрөзгерістерден кейін асқын суытылған сұйық фаза деп аталатын күйден өтеді. Шыны – сұйық ауысуының температура интервалы $97\text{-}100 \text{ K}$ құрайды және сұйық фазадан алынған қатты этанол үлгілерін зерттеуді жүзеге асырған авторлардың

мәліметтерімен жақсы сәйкес келеді. Жасалған қорытындыға дәлел болу үшін осы жұмыста ұсынылған тәжірибелік мәліметтерді келтірейік.

1. $T=112$ К температураға дейін қыздыру кезінде алынған үлгінің ИҚ-спектрінде өзгерістер байқалады (3 сурет), бұл метил $\nu(\text{CH}_3)$ және метилен $\nu(\text{CH}_2)$ топтарының айналмалы тербелістерімен қоса валентті тербелістердің $\nu(\text{CCO})$ комбинациясы мен $\delta(\text{OH})$ -байланыстың ($1000-1250 \text{ cm}^{-1}$ интервалындағы жолақтар тобы) деформациялық тербелістеріне қатысты жұтылу жолақтарының айтарлықтай кеңеюінен байқалады. Мұнан өзге осы жолақтар төменгі жиіліктер облысына қарай айтарлықтай ығысады. CCO -байланыстардың валентті тербелістерінің жұтылу жолағы да айтарлықтай кеңейіп, «қызыл» облысқа қарай ығысады, осы жолақта спектрдің айналу түріндегі жұқа құрылым қалыптасады. Бұл $T=112$ К дейін қыздырылған этанол күйі үшін айтарлықтай әлсіз молекула аралық өзара әсердің болуына және пластикалық кристалдың немесе асқын суытылған сұйықтың ерітілген айналмалы кіші жүйесінің есебінен қосымша еркіндік дәрежелерінің қалыптасуына байланысты болуы керек.

2. 4 және 5 суреттерде келтірілген термограммаларға жасалған талдау $T=94$ К температурадан бастап, шыны тәрізді этанолдың асқын суытылған сұйық күйге ауысуы жүзеге асатындығына нұсқайды. Осы процесс лазерлік сәуленің айқын көрінетін интерференциясымен қоса жүреді, бұл SCL түзілуімен қоса шынының балқуы мен әрі қарайғы ондағы судың жұқа қабықшасының еруінің салдарынан болады. Бұл ортаның оптикалық тығыздығының едәуір өзгерісіне алып келеді. Лазер сәулесінің әр түрлі түсу бұрыштары үшін осыған ұқсас бақылау нәтижелері де сонымен қатар берілген температуралар интервалында этанолдың метастабильді сұйық фазасының болуы туралы тұжырымға дәлел бола алады.

3. Шыныға өту температурасынан жоғары температура мәндерінде алынған үлгілерге жүргізілген зерттеулер шыныға өту температурасының маңында ешқандай ерекшеліктерді анықтамайды, бұл жанама түрде жоғарыдағы тұжырымдардың растығына қосымша дәлел болады.

References

- 1 Grant E.H., Buchanan T.J., Cook H.F. Deflections of plates on elastic foundation // J. Chem. Phys., 1957. № 6, pp 156-175.
- 2 Reid C. Viscoelastic properties of ice // J. Chem. Phys. 1959. № 2, pp 182-190.
- 3 A. Aldiyarov, M. Aryutkina, A. Drobyshev, M. Kaikanov, V. Kurnosov, Investigation of dynamic glass transitions and structure transformations in cryovacuum condensates of ethanol // Low Temp. Phys., 2009. № 4, p 251.
- 4 Y-Z, Yue and C. A. Angell, Nature, Clarifying the glass transition behavior of water by comparison with hyperquenched inorganic glasses // J. Chem. Phys. 2004. pp 717-721.
- 5 A. Drobyshev, A. Aldiyarov, V. Kurnosov, N. Tokmoldin. Thermally stimulated transformations in cryovacuum water ices // Low. Temp. Phys. 2007. Vol. 33, pp355-361.
- 6 A. Drobyshev, K. Abdykalykov, A. Aldiyarov, V. Kurnosov, N. Tokmoldin. IR spectra of water polyaggregates in a nitrogen cryomatrix // Low Temp. Phys. 2007. Vol. 33, pp 699-703.
- 7 Grant E.H., Buchanan T.J., Cook H.F. Deflections of plates on elastic foundation // J. Chem. Phys. 1957. V. 26, № 6, pp 156-175.
- 8 C. Talon, M. Ramos, S. Vieira, G. Guello, F. Bermejo, A. Griado, M. Senent, S. Bennington, H. Fischer, H. Schober. Investigation of dynamic glass transitions and structural transformations in cryovacuum condensates // Phys. 1998. V. 58, p 745.
- 9 M.A. Ramos, I. Shmyt'ko, E. Arnautova, R. Jimenez-Rioboo, V. Rodriguez-Mora, S. Vieira, M.J. Capit.an. J. Non-Cryst. Solids. 2006. Vol. 352, pp 47-69.
- 10 A. Aldiyarov, M. Aryutkina, A. Drobyshev, M. Kaikanov, V. Kurnosov. Investigation of dynamic glass transitions and structure transformations in cryovacuum condensates of ethanol // Low Temp. Phys. 2009. № 6, p 251.

11 А. Алдияров, М. Арюткина, А. Дробышев, В. Курносов, ИК-спектроскопия этанола в криоматрице азота // Физика низких температура. 2011. №6, р 37.

12 Zimmerman R., Pimental G. The infrared spectrum of ice; temperature dependence of the hydrogen bond potential function // Advances in molecular spectroscopy. New York Bentwood. 1962. pp 726-737.

13 Lippincott E.R., Schroeder R., The mechanical properties of single crystals of pure ice // J. Chem. Phys. 1955. № 10, pp 1099-1111.

А. Алдияров, С. Қадылбек

**К вопросу о существовании переохлажденной жидкой фазы
у криовакуумных конденсатов этанола**

Результаты проведенных ранее авторами ИК-спектрометрические и термодесорбционные исследования тонких пленок криовакуумных конденсатов этанола, также сопоставление полученных результатов с данными работ группы привело к некоторым заключениям касательно температурных интервалов низкотемпературных состояний этанола. По данным дополнительных экспериментов установлено, что криовакуумные конденсаты этанола образованные при температурах ниже температуры стеклования $T_g \approx 98$ К после последующего термоускоренного преобразования переходят через состояние переохлажденной жидкой фазы. Температурный интервал (97-100 К) перехода твердое вещество – жидкость идеально соответствует результатам исследования образцов этанола полученных превращением жидкой фазы в стекло.

Исследования проводились для низких температур в универсальной исследовательской ИК - спектрофотометре. Рассматривались образцы при изменении температур от 16К до 120К. При криоконденсации давление газа по ртутному столбу составило $P=5 \times 10^{-5}$ мм.Нг. Диапазон инфракрасного спектра составило от 400 см^{-1} до 4200 см^{-1} .

Ключевые слова: Этанол, фазовые переходы, переохлажденной жидкости.

Aldiyarov A., Kadylbek S.

On the problem of the existence of a supercooled liquid phase of cryovacuum ethanol condensates

Our previous IR-spectrometry and thermodesorption studies of thin films of cryovacuum ethanol condensates and comparison of these data with the results obtained in works of some groups have allowed us to make several conclusions relative to temperature ranges of existence of low-temperature states of ethanol. Newly acquired experimental data indicate that the cryovacuum condensates of ethanol formed at temperatures considerably below the glass transition temperature $T_g \approx 98$ K pass through the state that can be characterized as a supercooled liquid phase in the course of subsequent thermally stimulated transformations. The temperature range of the solid-liquid transformation (97–100 K) agrees well with the data of researchers who studied the ethanol samples obtained by the vitrification from the liquid phase. The study was conducted at low temperature in a universal IR research - spectrophotometer. Treated samples when the temperature changes from 16K to 120K. When cryocondensation gas pressure on mercury was $P = 5 \times 10^{-5}$ mm.Hg. Spktra infrared range was from 400 cm^{-1} to 4200 cm^{-1} .

Key words: Ethanol, phase transitions, supercooled liquid.