«6D072000 - Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған Молайган Сержанның «Сутекті судан катализатор қатысында алу әдісін жасау» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ресми

РЕЦЕНЗЕНТТІҢ ЖАЗБАША ПІКІРІ

р/н №	Өлшемшарттар	Өлшемшарттарға сәйкестігі (жауап нұсқаларының бірін сызу)	Ресми рецензенттің ұстанымына негіздеме (ескертуді курсивпен көрсету)
1.	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	1.1 Ғылымды дамытудың басым бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі: 1) диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірін көрсету); 2) **диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауын көрсету);** 3) диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету) келеді.	Диссертациялық жұмыстың тақырыбы қазіргі таңда жаһандық деңгейде ерекше өзектілікке ие болып отырған жаңартылатын энергия көздерінен сутек өндіру бағдарламаларымен тікелей байланысты. Әлемдік энергетика секторының декарбонизациялануы аясында «жасыл сутек» өндірісі стратегиялық басым бағыттардың біріне айналып отыр. Сонымен қатар, сутекті алудың орталықтандырылмаған және автономды көздерін дамыту мәселелері де белсенді түрде қарастырылуда. Қазақстан Республикасының Президенті Қасым-Жомарт Тоқаев 2021 жылғы 1 қыркүйекте Парламент палаталарының бірлескен кеңейтілген отырысында Қазақстан халқына арнаған «Халықтың бірлігі мен жүйелік реформалар – елдің өркендеуінің берік негізі» атты Жолдауында әлемдік өнеркәсіп пен экономиканың экологияландыру бағытына бет алғанын атап өтіп, 2060 жылға дейін көміртектік бейтараптылыққа қол жеткізу міндетін айқындады. Мемлекет басшысы «жасыл сутек» өндірісінің келешегі зор екенін және сутектік энергетиканы дамыту стратегиялық маңызға ие бағыт екенін ерекше атап көрсетті.

			Бұдан бөлек, Қазақстанның «жасыл экономикаға» көшу тұжырымдамасында және «Қазақстан–2050» стратегиясында ұлттық энергобаланста баламалы және жаңартылатын энергия көздерінің үлесін кезең-кезеңімен арттыру міндеттері белгіленген. Осы тұрғыдан алғанда, жаңартылатын көздер негізінде сутек өндіру мәселесі еліміздің ұзақ мерзімді энергетикалық және экологиялық саясатының логикалық жалғасы болып табылады. Зерттеу жұмысы осы тақырыптарға байланысты ізденістік жұмыс ретінде әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-де жалпы және бейорганикалық химия кафедрасында жасалды.
2.	Ғылым үшін маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін **қосады**/қоспайды, ал оның маңыздылығы **ашылған**/ашылмаған.	Диссертациялық зертеудің нәтижелері, олардың тұжырымдары ғылымға елеулі үлесін қосады. Сынап тұзының қатысуымен сутекті судан алуға арналған эксперименттер теориялық тұрғыдан маңызды, өйткені олар металдардың сумен әрекеттесу механизмдерін және олардың сутектік энергетика мен химиялық кинетика процестеріндегі рөлін айқынырақ түсінуге ықпал келтіреді. Зерттеулердің бірнеше негізгі теориялық мағыналарын қарастыратын болсақ, амальгамация процесін зерттеу: сынап алюминийді амальгамациялайды, оның беттік оксидтік қабатын бұзады. Демек, амальгамация процесін және оның сутек бөліну реакциясына әсерін зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл процестерді түсіну химиялық реакциялар теориясына да, сутек бөліну реакциясын жаңартуға әсер етеді. Алюминийдегі оксидтік қабат оның сумен әрекеттесуіне жол бермейді. Сынаптың бұл қабатты қалай бұзатынын көрсететін зерттеулер сутектік энергетикада

			алюминийді тиімді пайдалану жолдарын әзірлеу үшін пайдалы деректер береді. Сонымен бірге, ұсынылған әдістердің тиімділігі көрсетілген, олар бұрынғы белгілі әдістермен салыстырылған, жұмыстың маңыздылығы осылай ашылған.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) **жоғары;** 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған.	Диссертациялық жұмыста келтірілген тәжірибелерді өзі жасау және оларды өзі жазу, өзі сипаттау принципі сақталған. Алюминийдің сынап тұзы қатысында сумен әрекеттесу реакциясын жүргізу барысында барлық экспериментті өзі орындаған, әрбір нәтижені интерпретациялап, рәсімдеген. Келтірілген қағидаттар мен қорытындыларды алынған нәтижелерге логикалық түрде сүйеніп жазған. Өзі алған нәтижелерді жан-жақты талдаған, статистикалық өндеу арқылы сутек бөліну жылдамдығының дәлдігін, негізділігін анықтаған, бағалаған. Зерттеу нәтижелері ғылымға қосылған жаңа деректер мен тұжырымдардың жоғары сапасын көрсетіп қана қоймай, қолданылған әдістердің дұрыс екенін, сонымен бірге орындау кезінде қарапайым екенін және олардың практикалық маңыздылығын да айқындап, растайды. Жасалған зерттеулерде алынған нәтижелер ғылыми мақалалар, баяндамалар, патент ретінде жарияланғаны, соның нәтижесінде көпшілікке қолжетімді болғаны ізденушінің өз еңбегін айтарлықтай сапалы жазғанының айғағы және дәлелі болатыны сөзсіз.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1**) негізделген;** 2) ішінара негізделген; 3) негізделмеген.	Бүгінгі таңда сутектік энергетикаға қызығушылық күннен-күнге артуда. Әлемде сутек алу әдісі көп және алуантүрлі. Дегенмен, сутекті судан алу әдісі әлде болса да, көп қиындықтармен ұштасады, себебі

			судан тек электролиз арқылы алу әдісі дамыған. Ал бұл әдіс электр тогының көп мөлшерін жұмсайды. Ал басқа әдістер, атап айтқанда, карбидтерден, боргидридтерден алу бастапқы шикізатты арнайы дайындауды қарастырған. Сол сияқты алюминийдің галий, индий сияқты металдармен қортпаларын пайдалану да арзанға түспейді. Ұсынылып отырған диссертациялық жұмыста судан сутекті алюминийді пайдаланып алу әдісі қарастырылған. Бұл әдіс сутекті автономды жағдайда алуға болатынын негізделген және негізделуі шешімдердің өзектілігін көрсетеді.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды: 1) **айқындайды;** 2) ішінара айқындайды; 3) айқындамайды.	Диссертация тақырыбы және диссертация мазмұны толық сәйкестікте. Тақырыпта судан сутекті катализатор қатысында алу деп көрсетілген және диссертация мазмұны осы мәселеге арналған эксперименттерді, олардың нәтижелерін сипаттайды.
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: 1) **сәйкес келеді;** 2) ішінара сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді.	Диссертацияда тақырыпқа сәйкес мақсат, атап айтқанда, судың алюминиймен катализатор қатысында әрекеттесу нәтижесінде және сумен алюминийді әртүрлі металдар-деполяризаторлармен контактіге келтіре, судан сутек алу әдісін жасау. Осы мақсатқа сай келетін, судан алюминийді қолданып, катализатор қатысында сутек алуға бағытталған міндеттер қойылған. **Бұл міндеттерде а**люминийдің сумен әрекеттесу реакциясының жылдамдығына әртүрлі параметрлердің; аниондар мен катиондардың; алюминийдің потенциалының өзгеру сипатын; әртүрлі металдар-деполяризаторлар және графит қатысында зерттеу.

		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан: 1) **толық байланысқан;** 2) ішінара байланысқан; 3) байланыс жоқ.	Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық түрде толық байланысқан. Кіріспеде және әдеби шолуда сутектік энергетиканың маңыздылығы, оның дамуының сутек алу әдістеріне тікелей байланысты екені баяндалған. Сутек алудың автономды көздерінің қажеттілігі көрсетілген. Осыған орай, әдістемелік бөлімде сутек алудың зертханалық әдістемесі сипатталған, қондырғы келтірілген. Ал басқа үш бөлімде алюминийдің сумен әрекеттесуі, осы процеске әртүрлі факторлардың әсері туралы нақты зертханалық деректер келтірілген және осы процестің алғаш рет деполяризатор әсерімен қарқынды түрде жүретіні айқындалған. Ережелерде келтірілген сипаттамалар толық үш тараудағы нәтижелерге сай құрастырылған.
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған: 1) **сыни талдау бар;** 2) талдау ішінара жүргізілген; 3) талдау өз пікіріне емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген; 4) талдау жоқ.	Ұсынылған жаңа техникалық шешімдер дәлелденген, бұрыннан белгілі әдістермен салыстырылған. Судан сутек алудың белгілі әдістерінде алюминий құймаларының қолданылғаны сипатталған. Бұл әдістер қымбатқа түсетіні, себебі құйма жасау үшін қымбат металдар (галий, иний, висмут), құйма жасау – өзі бөлек іс-әрекет екені. Ал боргидридтер мен кальций гидридін сумен әрекеттестіру жоғары температураларда іске асатыны, осыларға қарағанда, бұл жұмыста сутек алу бөлме температурасында катализатор қатысында алюминий мен судың әрекеттесуі нәтижесінде немесе арзан депояризаторлардың (темір, никель, графит) қатысында іске асырыатыны нақты көрсктілген

5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен ережелер жаңа ма?	Ғылыми нәтижелер мен ережелер толығымен жаңа, себебі алғаш рет суға сынап нитратын қосқан кезде, потенциалдар айырмасы болуына байланысты, алюминий мен сынап иондарының арасында тотығу-тотықсыздану реакциясы жүретіні, алюминий амальгамасының түзілуі және сутектің бөлінуі циклдік сипатқа ие екені, демек, катализатор шығынға ұшырамайтыны, бірақ ол сутек бөліну реакциясына және су мен алюминийдің электрохимиялық әрекеттесу реакциясына қатысатыны көрсетілген. Сутек бөлінудің аса кернеулігі алюминийге және оның амалгамасына қарағанда, төмен болып келетін металл-деполяризаторларды және графитті пайдаланғанда, сутек бөліну жылдамдығы 1,4-2,4 есе артатыны анықталған. Бұл әдіс ҚР Пайдалы модель патентімен қорғалған.
		1) **толығымен жаңа;**	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма?	Диссертацияның қорытындылары жаңа. Зертханалық эксперименттер толығымен жаңадан жасалған және солардың нәтижелері қойылған міндеттерге сай қорытындылар түрінде келтірілген.
		1) **толығымен жаңа;**	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?	Техникалық шешімдерді 75-90 %-ға жаңа деп есептеймін, себебі алюминийдің оксидтік қабатын бұзу әдістері, оның арасында сынап иондарымен бұзылуы белгілі болғанымен, дәл осы мәселелерді толық зерттеп, нәтижелер шығарылмаған және осылай алюминий бетін активтендіруді сутек алу үшін қолдану алғаш рет көрсетілген. Деполяризаторлар пайдаланып, бөлме температурасында алюминий мен судың әрекеттесуін жүргізу және сутек бөліну
		1) толығымен жаңа;	
		2) **ішінара жаңа (25-75% жаңа);**	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	

			жылдамдығы 1,4-2,2 есе арттыруға алғаш рет қол жеткізілген.
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық негізгі қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде **негізделген**/негізделмеген (qualitative research (куолитатив ресеч) және өнер және гуманитарлық ғылымдар бойынша даярлық бағыттары үшін).	Диссертациялық жұмыста келтірілген барлық негізгі қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде негізделген. Неізгі әдіс алюминийдің сумен сутек бөле әрекеттесуі зертханада, қарапайым, бірақ өте сенімді қондырғыда іске асырылған. Тәжірибелер бірнеше рет қайталанып, статистикалық өндеулер арқылы расталып, дәлелденген. Бөлінетін сутек көлемін өлшеуде, сутек бөліну жылдамдығын есептеуде бірізділік байқалады. Диссертант тәжірибелерді қайталап, нақты өлшенген мәндер бойынша Python программалау тілінде командаларын қолдану арқылы стандартты ауытқулар мен сенімділік интервалды есептеген. Нәтижелердің бірқатарында, катализатор концентрациясы аса жоғары емес болғанда (0,5-5,0 г/л) сенімділік интервалы кіші және стандартты ауытқулар төмен мәндерге ие болып тұрғаны көрсетілген. Алюминийдің беттік қабатын да реакцияға түсуге дейінгі, түсуден кейінгі зерттеген. Оның өзгеріске ұшырағаны көрсетілген.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет: 7.1 Ереже дәлелденді ме? 1) **дәлелденді;** 2) шамамен дәлелденді; 3) шамамен дәлелденбеді; 4) дәлелденбеді; 5) бұл тұжырымда ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.	Ереже 1. 7.1 Алюминийдің сумен сутек бөле әрекеттесуі бойынша эксперименттер жан-жақты жүргізілген. Сутек бөлінуі тек визуалды түрде емес, осы жүйедегі Al мен Hg^{2+} арасындағы электродтық потенциалдар айырмашылығы болуынан, термодинамикалық тұрғыдан жүру мүмкіндігі айқындалған. Тотығу-тотықсыздану үрдісі жүретіні, нәтижесінде металл күйіндегі сынап және

		7.2 Тривиалды ма? 1) ия; 2) **жоқ;** 3) бұл тұжырымда ереженің тривиалды екенін тексеру мүмкін емес. 7.3 Жаңа ма? 1) **ия;** 2) жоқ; 3) бұл тұжырымда ереженің жаңашылдығын тексеру мүмкін емес. 7.4 Қолдану деңгейі: 1) тар; 2) орташа; 3) **кең** 4) бұл тұжырымда ереженің қолдану деңгейін тексеру мүмкін емес. 7.5 Мақалада дәлелденген бе? 1) **ия;** 2) жоқ 3) бұл тұжырымда мақаладағы ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.	Al^{3+} иондары түзілетіні көрсетілген. Осы процесте амальгама түзілетіндіктен, ол алюминийдің табиғи оксидтік қабатын бұзып, металды белсенді күйге ауыстыратыны, ал ол, оксидтік қабаттан арылып, кәдімгі белсенді металл ретінде сумен әрекеттесетіні дәлелдеген. Реакциядан кейінгі алюминийдің беттік қабатының өзгерістерге ұшырайтыны электрондық микроскопиия әдісімен дәлелденген. «Алюминий – су – сынап» жүйесіндегі Hg^{2+} концентрациясын 0,5-тен 2,5 г/л-ге арттырғанда, сутектің бөліну жылдамдығы 100 еседен асатыны анықталған. 7.2 Алюминий мен судың сынап иондары қатысында сутек бөле әрекеттесуі алғаш рет егжей-тегжейлі зерттелген. 7.3 Бұл қағидат жаңа. «Алюминий – су – сынап» жүйесінде Al мен Hg^{2+} арасындағы электродтық потенциалдар айырмашылығы есебінен тотығу-тотықсыздану үрдісі жүретіні, амальгама түзілетіндігі, ол алюминийдің табиғи оксидтік қабатын бұзып, металды белсенді күйге ауыстыратыны алғаш рет көрсетілген. 7.4 Әдістің қолдану деңгейі кең болады деп күтілуде, себебі сутектің қасиеттерінің ерекшелігі, оны алудың, сақтаудың, тасымалдаудың қиындықтарына байланысты сутек алу автономды жағдайларда ұйымдастыру бүгінгі күннің талаптарына сай. 7.5 Диссертациялық жұмысты орындау барысында алынған нәтижелер, атап айтқанда, осы қағидатқа байланысты нәтижелер Scopus және Web of Science базасына енгізілген сілтемелендіру индексі бар журналда (процентиль 39%, Q3) бір мақала, Ғылым

			және жоғары білім министрлігінің білім және ғылым саласын бақылау комитеті тарапынан бекітілген басылымдарда үш мақалада баяндалған. Ереже 2. 7.1. Алюминий мен су сынап иондары қатысында деполяризатор-металл (Pd, Ni, Fe) немесе графит енгізілген жағдайда сутегі бөліну жылдамдығы 1,4-2,4 есе артатыны эксперименттер арқылы дәлелденген. Әрбір металмен және графитпен алюминийді контактіге келтіріп (жұптастырып) бөлінетін сутек көлемі өлшенген және сутек бөліну жылдамдығы есептелген. Бірнеше рет қайталанған тәжірибелер нәтижелері сутек бөліну жылдамдығыны айтарлықтай артатынын көрсеткен. Оның себебі болып қолданылған деполяризаторлардың бетінде сутек бөліну реакциясының аса кернеуін төмендетуімен және судың тотықсызануын жеделдетуімен түсіндірілген. 7.2 Тәжірибе тривиалды емес, себебі алюминийдің сумен әрекеттесуі сынап иондарының қатысында және деполяризатор металдармен немесе графитпен жұптастырғанда бұрын зерттелмеген. 7.3 Нәтижелер жаңа. Алғаш рет алюминийдің сынап иондарының қатысында және деполяризатор металдармен немесе графитпен жұптастырғанда сумен сумен сутек бөле, қарқынды түрде әрекеттесуі зерттелген. Әдіс ҚР пайдалы модель патентімен қорғалған. 7.4 Қолдану ауқымы кең, себебі деполяризатор қызметін атқаратын темір, графит немесе никель қол жетімді, қымбат емес. Судан сутек алу әдісін

			кез-келген жерде, автономды жағдайда ұйымдастыруға болады 7.5 Бұл қағидат бойынша жасалған ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері Ғылым және жоғары білім министрлігінің білім және ғылым саласын бақылау комитеті тарапынан бекітілген басылымда жарияланған, Қазақстан Республикасының пайдалы моделіне бір патент алынған (ПМ № 6276 жариял. 30.07.2021). Ереже 3. 7.1 Алюминий мен судың сынап иондары қатысында сутек бөле әрекеттесуі көптеген эксперименттермен дәлелденген. Сынап иондарының тотықсыздануы нәтижесінде түзілген металл күйдегі сынап қайта-қайта алюминийді амальгамалайтыны, оксидтік қабатты қайта бұзатыны және оның сумен әрекеттесуінің жаңа циклін бастайтыны реакцияның жүру сипатынан байқалған. Аз концентрациядағы сынап иондарын қосқан кезде судың алюминиймен жүру реакциясы қарқындай түсетіні нәтижелермен көрсетілген және алюминий толық еріп кеткенше реакция тоқтамайтыны анықталған. 7.2 Алюминий мен судың сынап иондары қатысында сутек бөле әрекеттесуі, сынап иондарының тотықсыздануы нәтижесінде түзілген металл күйдегі сынап қайта-қайта алюминийді амальгамалайтыны, оксидтік қабатты қайта бұзатыны және оның сумен әрекеттесуінің жаңа

			циклін бастайтыны бұрын зерттелмеген және айқындалмаған. 7.3 Алынған нәтижелер жаңа. Алғаш рет алюминий мен судың сынап иондары қатысында сутек бөле әрекеттесуі, сынап иондарының тотықсыздануы нәтижесінде түзілген металл күйдегі сынап қайта-қайта алюминийді амальгамалайтыны, оксидтік қабатты қайта бұзатыны және оның сумен әрекеттесуінің жаңа циклін бастайтыны алғаш рет анықталған және көрсетілген. 7.4 Қолдану аймағы өте кең, себебі алюминий кез келген түрде (сынықтар, кескіндер, түйіршіктер және тағы басқа қалдықтар) сынап иондарының қатысында кәдімгі сумен сутек бөле әрекеттесетінін, реакцияның циклді түрде қайталана беретінін ескерсек, катализатордың көп мөлшерде қажет болмайтыны, ал алюминийді әрқашан толық қолдануға болатыны көрсетілген. 7.5. Бұл диссертациялық жұмысты орындау барысында жасалған ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері 12 ғылыми еңбектерде, атап айтқанда, Scopus және Web of Science базасына енгізілген сілтемелендіру индексі бар журналда (процентиль 39%, Q3) бір мақала, Ғылым және жоғары білім министрлігінің білім және ғылым саласын бақылау комитеті тарапынан бекітілген басылымдарда үш мақала, «Жаһандық ғылым және инновациялар, 2020, Орталық Азия» атты Халықаралық ғылыми-практикалық журналда

			бір мақала, Отандық және шетелдік халықаралық ғылыми конференцияларда алты мақала және тезистер жарияланды. Қазақстан Республикасының пайдалы моделіне бір патент алынды (ПМ № 6276 жариял. 30.07.2021):
8.	Дәйектілік қағидаты.	8.1 Әдіснаманы таңдау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған:	Ізденуші зерттеулерді жүргізуде әдіснаманы дұрыс таңдаған. Диссертациялық жұмыстың мақсатына және міндеттеріне сай сутекті алюминий мен судың сынап иондары қатысында әрекеттесуін зерттеу үшін зертханалық қондырғы пайдаланылған. Бұл қондырғыда сутектің жеңіл газ екені ескеріліп, оны су бетінде жинау тәсілі ұйымдастырылған. Осы зерттеулерді жүргізу барысында қолданылған қондырғылар нақты және түсінікті сипатталған және орынды пайдаланылған. Оларды қолдану барысында тиімді шешімдер шығарылған және бөлінетін сутек көлемі қайталанатын түрде өлшенген, сутек бөліну жылдамдығы есептелген, осы жылдамдықты арттыру көзделген және осыған қол жеткізілген.
	Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	1) **ия;**	
		2) жоқ.	

		8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған:	Эксперимент жүргізу барысында алюминийдің потенциалының өзгеруі, оның тотығу реакциясына ұшырауы жөніндегі тұжырымдар потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар (вольтамперограммалар) түсіру арқылы да нақтыланған. Бұл тәжірибелер «CorrTest Electrochemical Workstation» потенциостатында және Lenovo V14-IGL-ге орнатылған бағдарлама арқылы алынды, Алюминийдің беттік қабатының өзгерісін зерттеу үшін JSM 6610 LV (JEOL, Жапония) сканерлеуші электронды микроскоп қолданылды. Сутек бөліну жылдамдығының мәндері бойынша Python программалау тілінде командаларын қолдану арқылы стандартты ауытқулар мен сенімділік интервалды есептеуге арналған программалық код құрып анықтаған. Алынған нәтижелерді сараптау және графикалық түрде көрсетіу үшін Origin бағдарламасы пайдаланылған.
		1) **ия;**	
		2) жоқ.	
		8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар бойынша даярлау бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді):	Алюминий мен судың сынап иондары қатысында әрекеттесуі жан-жақты, егжей-тегжейлі зерттелген. Бұл процестің термодинамикалық тұрғыдан мүмкін екені потенциалдар мәнімен, Гиббс энергиясын есептеумен негізделген және көптеген қайталанатын эксперименттермен, сутек бөліну жылдамдығына әртүрлі қосылыстардың, параметрлердің әсерін айқындаумен, статистикалық өңдеулермен қалыптастырылған. Осының бәрі қорытындылардың дәйектілігін және негізделуін дәлелдейді.
		1) **ия**;	
		2) жоқ.	
		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге	Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған. Дереккөздерге сілтемелер орынды берілген, соңғы

		сілтемелермен **расталған** / ішінара расталған / расталмаған.	жаңа, олардың арасында шетелдік басылымдарға, сонымен бірге өз еңбектеріне сілтемелер келтірілген.
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға **жеткілікті**/жеткіліксіз.	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 163 әдебиет көзін құрайды және олардың саны, түрлері диссертация тақырыбын, өзектілігін ашуға жеткілікті.
9	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы:	Диссертацияның теориялық маңызы жоғары. Нәтижелер сутектік энергетика саласындағы, оның арасында, судан сутек алу әдістерін жасаудағы, сутекті автономдық жағдайда катализатор қатысында және алюминийдің металл-деполяризаторлармен контактіге келтірілгенде алу мүмкіндігі жөніндегі білімді және ғылыми деректерді және ғылыми мәліметтерді кеңейте түседі.
		1) **бар;**	
		2) жоқ.	
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:	Диссертациялық жұмыстың нәтижелерінің практикалық маңызы бар, оларды іс жүзінде қолдану әбден мүмкін, себебі ұсынылып отырған әдіс қарапайым қондырғыда іске асырылады, қолданылатын реагент- су және алюминийдің металдық қалдықтары, тіпті істен шыққан алюминийден жасалған бұйымдарды да қолдануға болады. Бұл әдісті автономды түрде, кез келген жерде, кез келген уақытта сутек алу үшін пайдалануға болады.
		1) **ия;**	
		2) жоқ.	
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма?	Эксперименттер нәтижелері бойынша құрылған ұсыныстар толығымен жаңа. Алюминийді сумен сынап иондары қатысында, сонымен бірге деполяризатор қатысында әрекеттестіріп, сутек алу әдісі алғаш рет зерттеулер нәтижесінде ұсынылған.
		1) **толығымен жаңа;**	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы:	Молайған Сержанның диссертациялық жұмысы жұмысы қазақ тілінде жоғары деңгейдегі ғылыми-техникалық тілде жазылған. Жұмыстың мазмұны
		1) **жоғары;**	
		2) орташа;	

		3) орташадан төмен; 4) төмен.	нақты, әрі түсінікті жолмен баяндалған, химиялық, техникалық терминдер орынды пайдаланылған.. Құрылымы ыңғайлы түрде ұйымдастырылған. Жұмыстың мазмұны талаптарға толық сәйкес келеді, барынша дәлдікпен рәсімделген.
11.	Диссертацияға ескертулер		Диссертациялық жұмыс ғылыми тұрғыдан маңызды тақырыпқа арналған және тәжірибелік нәтижелер алынған. Алайда жұмыстың ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығын күшейту үшін қосымша талдаулар жүргізу қажет. 1. Әдеби шолу бөлімі көлемді болғанымен, соңғы жылдардағы заманауи зерттеулер жеткілікті деңгейде талданбаған. Әсіресе алюминий арқылы сутек алу және каталитикалық жүйелер бойынша заманауи мақалалар қосу қажет. 2. Әдеби шолуда әртүрлі әдістер сипатталғанымен, ұсынылған әдістің басқа әдістермен нақты салыстырмалы талдауы жеткіліксіз. 3. Жұмыста «алғаш рет» деген тұжырымдар бірнеше жерде келтірілгенімен, олардың патенттік және ғылыми әдебиеттермен толық дәлелденуі жеткіліксіз. 4. Эксперименттік нәтижелер көрсетілгенімен, кейбір тәжірибелердің қайталану саны көрсетілмеген. 5. Сутек көлемін өлшеу әдісінің дәлдігі туралы мәлімет берілмеген. 6. Катализатордың нақты шығыны немесе регенерация мүмкіндігі толық көрсетілмеген. Ұсынылған ескертулер мен ұсыныстар диссертациялық жұмыстың негізгі ғылыми нәтижелері мен қорытындыларына елеулі әсер

			етпейді және зерттеудің ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығын төмендетпейді. Жалпы алғанда, диссертациялық жұмыс аяқталған ғылыми-зерттеу еңбегі болып табылады. Көрсетілген ескертулер негізінен жұмыстың мазмұнын нақтылау, ғылыми талдауды тереңдету және нәтижелерді толықтыру сипатында болып табылады. Бұл ескертулер мен ұсыныстарды автор алдағы ғылыми зерттеулерінде және болашақ жарияланымдарында ескере алады деп есептеймін.
12.	Докторант мақалаларының зерттеу тақырыбы бойынша ғылыми деңгейі (диссертация мақалалар сериясы нысанында қорғалған жағдайда ресми рецензенттер докторанттың зерттеу тақырыбы бойынша әр мақаласының ғылыми деңгейін зерделейді)		Мақалалардың ғылыми деңгейі жоғары, диссертациялық жұмыстың тақырыбын, мазмұнын толық айқындайды. Ұсынылған жаңалық патентпен қорғалған. Жарияланған еңбектер саны 12. Атап айтқанда, Scopus және Web of Science базасына енгізілген сілтемелендіру индексі бар журналда (процентиль 39%, Q3) бір мақала, Ғылым және жоғары білім министрлігінің білім және ғылым саласын бақылау комитеті тарапынан бекітілген басылымдарда үш мақала, «Жаһандық ғылым және инновациялар, 2020, Орталық Азия» атты Халықаралық ғылыми-практикалық журналда бір мақала, Отандық және шетелдік халықаралық ғылыми конференцияларда алты мақала және тезистер жарияланды. Қазақстан Республикасының пайдалы моделіне бір патент алынған (ПМ № 6276 жариял. 30.07.2021):
13.	Ресми рецензенттің шешімі (осы Үлгі ереженің 28-тармағына сәйкес)		Молайган Сержанның 8D05301 – «Химия» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған: *«* **Сутекті судан катализатор қатысында алу әдісін жасау»** тақырыбындағы диссертациялық жұмысы Қазақстан Республикасының білім және ғылым

			саласындағы нормативтік-құқықтық актілерінде белгіленген талаптарға толық сәйкес келеді. Диссертациялық зерттеу философия докторы (PhD) дәрежесіне қойылатын талаптарға толық жауап береді. Осыған байланысты, ресми рецензент Молайган Сержанға «6D072000 - Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы»» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беруге болады деп есептейді.

Ресми рецензенттің шешімі:

Молайган Сержанға «6D072000 - Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы»» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесі берілсін.

Ресми рецензент:

Қ.И.Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
«Инженерлік бейінді зертханасының
жетекшісі, PhD, профессор

Азат Сейтхан