«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 №	Өлшем шарттар	Өлшем шарттарға 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.	Бұл диссертациялық жұмыс аса өзекті мәселе болып табылатын жаңартылатын энергия көздері негізінде сутек алу әдістерін алуға арналған. Қазіргі заманда энергетика саласында өткір экологиялық проблемалар пайда болу жағдайларында судан сутек алу тұрақты даму мен көміртектік бейтараптылыққа қол жеткізудің негізгі бағыттарының бірі ретінде қарастырылуда, себебі су – қол жетімді шикізат, және экологиялық тұрғыдан қауіпсіз реагент болып табылады. Осыған орай, сутекті судан алудың автономды технологияларын дамыту мәселесі ғылыми әрі практикалық тұрғыдан жоғары маңызға ие. Зерттеу тақырыбы Қазақстан Республикасының стратегиялық даму немесе тұрақты даму құжаттарымен тікелей сабақтас. Атап айтқанда, Қазақстан Республикасының Президентінің 2021 жылғы 1 қыркүйектегі Қазақстан халқына Жолдауында 2060 жылға дейін көміртектік бейтараптылыққа қол жеткізу міндеті қойылып, «жасыл сутек» өндірісін дамыту перспективалы бағыт ретінде белгіленген. Сонымен қатар, жұмыстың мазмұны «Қазақстан–2050» стратегиясында және «жасыл экономикаға» көшу тұжырымдамасында айқындалған жаңартылатын энергия көздерінің үлесін арттыру жөніндегі басымдықтармен толық үйлеседі. Осы тұрғыдан алғанда, диссертациялық зерттеу ұлттық энергетикалық және экологиялық саясаттың өзекті міндеттерін шешуге бағытталған, ғылыми ізденіс нәтижелері қолданбалы

			маңызға ие және елімізде сутектік энергетиканы дамытуға үлес қоса алады.
2.	Ғылым үшін маңыздылығы	Жұмыс ғылымға **<u>елеулі үлесін қосады</u>**/қоспайды, ал оның маңыздылығы **ашылған**/ашылмаған.	Жұмыстың мазмұны, жасалған қорытындылар ғылымға елеулі үлесін қосады. Судан сутек алу бағытында жасалған зерттеулер, оның арасында алюминий бетін активтендіріп, оны реакцияға түсіру бұл жұмыста ұтымды түрде жасалған. Бұл тәжірибелер теориялық тұрғыдан маңызды, себебі олар басқа да металдардың сумен әрекеттесу процестерінің жүру мүмкіндіктерін анықтай түсуге әкеледі. Маңызды теориялық мағыналарына алюминий бетін сынап тұзы арқылы активтендіру, бұл процестің циклді түрде қайталатынын көрсетілуін жатқызуға болады. Сынап иондарының ерекше қасиеті – алюминий бетінде амальгама түзу қабілеті ұтымды пайдаланылған. Осымен амальгамация процесінің ерекшеліктерін, оны судан сутек алу үшін қолдану мүмкіндіктерін қарастыру сәтті шешілген. Осы процестерді қарастыру, айқындау басқа да химиялық реакциялар теориясына да, сутек алу реакциясын жетілдіре түсуге де ықпалын тигізеді. Жұмыста көптеген тәжірибелер жасалған, ұтымды шешімдер келтірілген, жұмыстың маңыздылығы жеткілікті түрде ашылған.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: **<u>1) жоғары;</u>** 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған.	Диссертациялық зерттеудегі тәжірибелерді өзі жасаған, оларды өзі жазған, сипаттаған. Судан сутек алу реакциясын сынап иондарын қолдана отырып, жан-жақты зерттеулерді өзі жүргізген. Алынған деректерді түсіндірген, кестелер, графиктер түрінде мәтін барысында орналастырған. Қорғауға шығарылған ережелер (қағидаттар) барынша ықшам және түсінікті келтірілген. Жұмыс бойынша қорытындылар қойылған міндеттерге сәйкес жауап береді. Диссертант өзінің алған нәтижелерін сауатты түрде талдаған, статистикалық өңдеу жасаған, соның нәтижесінде судан

			сутек бөліну процесінің жылдамдығының мәндерінің дәйектілігін көсреткен. Сонымен, бұл жұмыста келтірілген нәтижелер жоғары сапаға ие екені, алынған жаңа деректер ғылымға үлес қосатыны анық және қолданылған әдістер ұтымды екенін көрсетеді.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі:	Диссертацияның өзектілігі кіріспеде де, әдеби шолуда да дұрыс негізделген. Диссертант көптеген заманауи әдебиет көздерін қолданып, сутек алу әдістерін сипаттаған.Сутектік энергетикаға, осыған байланысты сутек алу әдістеріне көпшіліктің назарының ауып тұрғанын көрсете білген. Әсіресе, сутекті қолжетімді табиғи ресурстан алу өзекті мәселе болып табылатынын айқындай білген. Әдеби шолуда, бірқатар әдебиет көздерінде сутекті судан алу мәселелерін қарастыра келе, бұл әдісті іске асыру оңай емес екенін айғақтайды, себебі сумен кәдімгі жағдайда ешқандай қол жетімді металл сутек бөле әрекеттесе алмайды. Бұл процесті жүргізу үшін бірқатар әдіс-тәсілдер қолдану қажет екенін сипаттайды. Мысалы, белгілі әдебиет көздерінде судан сутек алу үшін қымбат металдарды пайдаланып, алюминийдің олармен қорытпаларын дайындау қажет. Ал кальций гидриді, боргидридтер сияқты материалдарды пайдалану әдістері де көп қиындықтармен іске асырылады. Осы мәселелердің барлығы диссертацияда анық жазылған, сілтемелер келтірілген, демек диссертация тақырыбының өзектілігі негізделген.
		1) негізделген;	
		2) ішінара негізделген;	
		3) негізделмеген.	
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды:	Диссертация мазмұны оның тақырыбына толық сәйкес келеді. Тақырыбында сутекті судан катализатор қатысында алу деп жазылған. Мазмұнында кіріспеден бастап, қорытындыға дейін судан сутек алу жөнінде жазылған, тәжірибелер жасалып, сипатталып, талқыланған, сонымен, осы тақырып толық ашылған.
		1) айқындайды;	
		2) ішінара айқындайды;	
		3) айқындамайды.	
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:	Диссертациялық жұмыста қойылған мақсат тақырыпқа сай жазылған. Судан сутек алуды катализатор қатысында адюминийде жүргізу мақсат деп қойылған, ал міндеттері осы мақсатқа қол

		1) сәйкес келеді;	жеткізуді көздеген, демек процеске әртүрлі факторлардың (катализатор концентрациясы, уақыт, алюминийдің беттік ауданы, т.с.с.) әсерін зерттей келе, деполяризатор болып қызмет атқарағын металдарды, графитті зерттеу көзделген.
		2) ішінара сәйкес келеді;	
		3) сәйкес келмейді.	
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан:	Диссертациялық жұмыстың барлық бөлімдері бір-бірімен және қорғауға шығарылған ережелермен толық логикалық байланыста. Кіріспеде тақырыптың өзектілігі және сутектік энергетиканың қазіргі замандағы күйі сипатталған. Әдеби шолуда сутек алу әдістері толық талданған, ал басқа үш эксперименттік бөлімдерде алюминийдің сумен әрекеттесуге бағытталған тәжірибелер жазылған, талданған. Олар алюминийдің сумен әрекеттесу реакциясына катализатор концентрациясының әсерін, аниондар мен катиондардың әсерін, сілітілік және қышқылдық ортаның әсерін қамтыған. Осы аталған реакцияға металл-деполяризаторлардың ықпалын көрсеткен және олардың қатысында судан сутек бөліну жылдамдығы 1,4-2,4 есе қарқындайтыны көрсетілген, бұл ережеде де осылай көрсетілген. Қорғауға шығарылған ережелерде нақты алюминий мен судың әрекеттесу реакциясы осы металдың беттік ауданының өзгеріске ұшырайтыны, оның белсенділендірілуі және осы рекцияның циклді түрде, алюминий толық еріп кеткенше, жүретіні көрсетілген. Қорытындыда осы барлық нәтижелер біріктірілген, нақты алынған нәтижелер сипатталған.
		1) толық байланысқан;	
		2) ішінара байланысқан;	
		3) байланыс жоқ.	
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:	Диссертант зерттеу жұмыстарын жүргізу барысында сутекті судан алу бойынша жаңа шешімдер ұсынған. Алюминийдің беттік қабатындағы оксидтік пленканың катализатор қатысында бұзылатынын, содан кейін бұл металдың сумен белсенді түрде әрекеттесетінін дәлелдеген. Сонымен қатар жүретін реакцияның жылдамдығы катализатор концентрациясына, суға қосылуы
		1) сыни талдау бар;	
		2) талдау ішінара жүргізілген;	

		3) талдау өз пікіріне емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген; 4) талдау жоқ.	мүмкін аниондар мен катиондардың қатысуына, ортаның сипатына тәуелді екені көрсетілген және эксперименттермен дәлелденген. Судан сутек алу әдісінің бұрынғы белгілі болғандарының қиын жолмен, іске асатыны көрсетілген, демек сыни талдау да жасалып отырған. Сутек алудың белгілі классикалық әдісі электролизде электр тогының жұмсалатыны, ал ұсынылған әдіс бөлме температурасында қыздырусыз, электр тогынсыз орындалатыны ұтымды шешім екені дәлелденген.
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен ережелер жаңа ма? **1) толығымен жаңа;** 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	Зерттеу нәтижесінде, көптеген тәжірибелер жасау барысында толық жаңа мәліметтер алынған. Олар алғаш рет ерітіндіге сынап нитратын қосқан кезде, потенциалдар айырмасы болуына байланысты, алюминий мен сынап иондарының арасында тотығу-тотықсыздану реакциясы жүретінін, бұл кезде алюминий иондары түзілетінін, сынап бос күйінде бөлініп шығатынын көрсетеді. Әдетте суда пассивті болатын алюминийдің беттік қабаты коррозияға ұшырайтыны, амальгама түзілетіні сипатталған. Осының нәтижесінде алюминий оксидтік қабаттан арылып, белсенді металл ретінде сумен сутек бөле әрекеттесетіні баяндалған. Алюминий амальгамасының түзілуі және сутектің бөлінуі циклдік сипатқа ие екені алғаш рет көрсетілген. Алғаш рет сутек бөліну жылдамдығы металл-деполяризаторлардың табиғатына тәуелді екені көрсетілді. Деполяризатор болып қызмет атқаратын металдар (темір, никель, палладий) және графит өздерінде сутек бөлінудің аса кернеулігі алюминийге және оның амальгамасына қарағанда, төмен болғандықтан, сумен алюминийдің қарқынды әрекеттесуіне ықпал келтіретіні анықталған.
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма? **1) толығымен жаңа;** 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	Диссертациялық жұмыстың қорытындылары толығымен жаңа. Олардың барлығы жан-жақты жасалған, көптеген және қайталанған эксперименттер негізінде құрастырылған. Жұмыс басында қойылған міндеттерге сәйкес келеді.

		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?	Ұсынылған техникалық шешімдер ғылыми тұрғыда негізделген, жаңашылдығы айқын байқалады. Әрқашан тұрақты болып келетін, алюминийдің бетіндегі оксидтік қабаттан құралатын жабындыны бұзу, содан кейін бұл металдың сумен қарқынды түрде әрекеттесуі сынап иондарының қатысында толығымен алғаш рет зерттелген және оң нәтижелер алынған. Әсіресе алюминийді деполяризаторлық қасиетке ие металдармен немесе графитпен жұптастырып, сутек бөліну жылдамдығын арттыруға арналған шешім алғаш рет ұсынылып отыр. Бұл техникалық шешімдерді автономды жағдайда, бөлме температурасында еркін түрде сутек алуға пайдалануға болатыны айтарлықтай патентпен қорғалған жаңалық.
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
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).	Негізгі қорытындылардың дәлелдемелері орынды келтірілген. Диссертант қолданған негізгі әдіс судан сутекті алюминий және сынап иондарын қолдану арқылы сенімді қондырғыда бірнеше рет қайталанған. Нәтижелерді өңдеу статистикалық жолмен жүргізілген, расталған және дәлелденген. Алюминий бетіндегі оксидтік қабаттың бұзылуы және сынап иондары қайта тотықсызданып, қалпына келуі, содан кейін қайта реакцияға түсуі схемалар арқылы түсіндірілген. Алюминийдің реакция барысында активті болуы, оның электртерістілігі жоғары металл ретінде суда еруі оның потенциалының өзгеруімен көрсетілген. Осыған орай поляризациялық қисықтар түсірілген және олар арқылы процестер түсіндірілген. Сонымен қатар алюминийдің беттік қабатын реакцияға дейін де, реакциядан кейін де қадағалау электрондық микроскопия арқылы орындалған.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет:	Қорғауға шығарылған ережелер (қағидаттар): 1 Ереже:
		7.1 Ереже дәлелденді ме?	

		1) дәлелденді;	7.1. «Алюминий – су – сынап» жүйесінде Al мен Hg^{2+} арасында электродтық потенциалдар айырмашылығы болуына байланысты тотығу-тотықсыздану реакциясы жүретіні іс жүзінде тәжірибелермен дәлелденген. Аралық өнім ретінде амальгама түзілуі, бұл алюминийдің беттік оксидтік қабатын бұзатыны, сонымен оны белсендірілетіні схемалармен көрсетілген. Реакцияның жүру барысын қадағалап, алюминий толық таусылғанша реакция жүре беретіні айқындалған. 7.2 Тривиалды емес. Кәдімгі судан сутек алу әдісі алюминийдің бетін катализатор қызметін атқаратын сынап иондарымен активтендіру арқылы бұрын орындалмаған. 7.3 Ұсынылған әдіс жаңа. Алғаш рет ерітіндіге сынап нитратын қосқан кезде, потенциалдар айырмасы болуына байланысты, алюминий мен сынап иондарының арасында тотығу-тотықсыздану реакциясы жүреді, бұл кезде алюминий иондары түзіледі де, сынап бос күйінде бөлініп шығатыны көрсетілген. Нәтижесінде алюминийдің беті электрохимиялық коррозияға ұшырайды да, теріс потенциалға ие амальгама түзіледі, демек, алюминий оксидтік қабаттан арылады да, белсенді металл ретінде сумен сутек бөле әрекеттеседі. Осы реакция алғаш рет зерттелген және алғаш рет алюминийдің осы жағдайларда еру заңдылықтары айқындалған. Әдеттегі жағдайда алюминий, өзінің беттік қабатында әрқашан тығыз оксидтік пленканың болуына байланысты, сумен әрекеттеспейді. 7.4 Ұсынылған әдістің де, алынған сутектің де қолдану аумағы кең. Сутекті бұл әдіспен кез-келген уақытта қол жетімді реагенттерді пайдаланып, автономды жағдайда алуға болады. 7.5 Тәжірибелер соңында алынған нәтижелер өңделіп, мақалаларда дәлелденген. Зерттеу жұмыстарының нәтижелері жалпы қарағанда, 12 ғылыми еңбектерде жарияланған. Ал осы Ереже 1 бойынша Scopus және Web of Science базасына енгізілген сілтемелендіру индексі бар журналда (процентиль 39%, Q3) бір
		2) шамамен дәлелденді;	
		3) шамамен дәлелденбеді;	
		4) дәлелденбеді;	
		5) бұл тұжырымда ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.	
		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.	

			мақалада, Ғылым және жоғары білім министрлігінің білім және ғылым саласын бақылау комитеті тарапынан бекітілген басылымдарда екі мақала, «Жаһандық ғылым және инновациялар, 2020, Орталық Азия» атты Халықаралық ғылыми-практикалық журналда бір мақалада, Отандық және шетелдік халықаралық ғылыми конференцияларда алты мақала және тезистер жарияланған. 2 Ереже 7.1 Дәлелденген. Деполяризатор ретінде пайдаланылған металдарда (Pd, Ni, Fe) сутек бөлінудің аса кернеулерінің мәндері сілтемелермен келтірілген, бұл мәннің алюминийдегі мәннен төмен екені, оларда сутек оңай бөліну керек екені негізделген және тәжірибелер арқылы дәлелденген. Сонымен, аталған металл-деполяризаторларды немесе графитті алюминиймен контактіге келтіргенде, сутек бөліну жылдамдығы тек алюминийде бөлінгендегі жылдамдыққа қарағанда 1.4-2,4 есе артатыны көрсетілген. 7.2 Тривиалды емес. Сутекті судан сынап иондары қатысында алюминийді металл-деполяризагорлармен біріктірген кезде алу әдісі бұрын жасалмаған және ұсынылмаған. 7.3 Жаңа. Судан сутекті алюминийді металл-деполяризаторлармен контактіге келтіріп, оларда сутек бөлінудің аса кернеулігі төмен екенін пайдаланып, сынап иондары қатысында алу әдісі алғаш рет зерттеулер нәтижесінде ұсынылып отыр. 7.4 Қолдану ауқымы кең Сутек көптеген салаларда, олардың арасында, отын ретінде және көптеген технологиялық процестерде тотықсыздандырғыш ретінде пайдаланылады, сол себептен, сутекке деген сұраныс жылдан-жылға артып келеді. Мұнай химиясында сутек мұнайды терең өндеу үшін, ал химиялық технологияда аммиак және азот

			тынайтқыштарын алуда, қара металлургияда тотықсыздандырғыш ретінде кеңінен пайдаланылады. Ал ұсынылып отырған әдісті кез-келген жағдайда қол жетімді реагенттерді пайдаланып, автономды жолмен сутек алу үшін қолдануға болады. 7.5 Келтірілген нәтижелер, олардың сипаттамалары, қорытындылары ҚР ҒЖБМ мақұлдаған рецензияланған журналдарда, патенттерде дәлелденген. Дәл осы әдіске арналған эксперименттер Ғылым және жоғары білім министрлігінің білім және ғылым саласын бақылау комитеті тарапынан бекітілген журналда жарияланған (Роль деполяризаторов в процессах выделения водорода из воды на поверхности амальгамы алюминия // News of the of Sciences of the Republic of Kazakhstan JSC «D. V. Sokolsky institute of Fuel, catalysis and Electrochemistry», series Chemistry and Technology. - 2023. – № 1(454). – P.15-26 және патентпен қорғалған (Способ получения водорода // Патент Республики Казахстан № 6276 на полезную модель по заявке № 2021/0284.2. Опубл. 30.07.2021. 3 Ереже 7.1 Алюминий сулы ортада сынап иондары қатысында активтендіріледі. Ортааралық түрде түзілетін амальгама циклді түрде реакцияға қатысып, реакцияның алюминий массасы толық еріп кеткенше жүруіне, сутек бөлінуіне ықпал жасайды. Бұл реакция сырттан сынап иондары қосылмаған жағдайда үздіксіз түрде жүретіні, оның сипаты циклдік екенін дәлелдейді. Сонымен бірге бұл ережені дәлелдеу мақсатында диссертант анодты, катодты және циклді потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсірген. Бұл кезде құрамында 1,0 г/л $Hg_2(NO_3)_2$ тұзы бар ерітіндіге салынған алюминий электродының потенциалын + 1,5 В-ке дейін ығыстырғанда, поляризациялық қисықта тотығу процесіне тән өзгеріс көрінбеген. Ал содан кейін потенциалды катод бағытында жылжытқанда, графикте –0,75В аумағында

			сынап иондарының тотықсызданuына тән максимум байқалған. Содан соң потенциалды қайтадан анод бағытына қарай жылжытқанда, амальгама құрамындағы алюминий тотығатыны, оның бетінде сутек газы бөлінгені айқындаған. Сонымен алюминийдің сумен әрекеттесуі және өзінің анодтық тотығуы орын алады. Бұл процесс циклді түрде қайталанып тұрады. 7.2 Тривиалды емес. Сумен алюминийдің сынап иондары қатысында қарқынды түрде әрекеттесуі және реакция сипаты циклді болатыны бұрын зерттелмеген және көрсетілмеген. 7.3. Нәтижелер жаңа, ұсынылып отырған қағида (ереже) жаңа болып табылады. Алюминий мен судың сынап иондары қатысында әрекеттесуі, осы жүретін реакцияға әртүрлі факторлардың әсері жан-жақты алғаш рет зерттелген және бұл реакцияның циклді сипатқа ие екені алғаш рет көрсетілген. 7.4 Әдістің қолдану деңгейі кең, себебі сутек алуды циклді түрде іске асыру тиімді әдіс болып табылады және оның циклді сипаты бұл реакцияны кез-келген жағдайларда автономды түрде кез келген судан, алюминий қалдықтарынан алуды қамтамасыз ете алады. 7.5 Алюминий мен судың сынап иондары қатысында сутек бөле әрекеттесуі, бұл реакцияға бірқатар факторлардың әсері туралы деректер және реакцияның сипаты туралы тұжырымдар жалпы қарағанда, 12 ғылыми еңбектерде жарияланған, оның арасында Scopus және Web of Science базасына енгізілген сілтемелендіру индексі бар журналда (процентиль 39%, Q3) бір мақалада, Ғылым және жоғары білім министрлігінің білім және ғылым саласын бақылау комитеті тарапынан бекітілген басылымдарда екі мақала, «Жаһандық ғылым және инновациялар, 2020, Орталық Азия» атты Халықаралық ғылыми-практикалық журналда бір мақалада, Отандық және шетелдік халықаралық ғылыми конференцияларда алты мақала және тезистер жарияланған.

8.	Дәйектілік қағидаты.	8.1 Әдіснаманы таңдау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған:	Әдіснама орынды таңдалған және нақты жазылған. Зерттеу жұмысында қойылған мақсат судан сутек алуды ұйымдастыру болып табылады. Газ күйіндегі затты, оның арасында сутекті алу, оны сақтау, көлемін өлшеу, оның қасиеттеріне байланысты қиын екеніне қарамастан, нәтижелер сенімді болып табылады. Қондырғы дұрыс ойластырылған. Сутектің жеңіл газ екенін ескеріп, оны жинақтау үшін Кирюшкин аспабы типтес құрылғы пайдаланылған. Ол газды аз мөлшерде алу керек болған кезде қолайлы болып табылады. Бөлінетін газ суды ығыстыру әдісі арқылы жинақталады. Осы қондырғы эксперименттік бөлімде егжей-тегжейлі сипатталған.
	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:	Бұл диссертациялық жұмыста потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар (вольтамперограммалар) түсіруде электродтық кеңістіктері бөлінген, термостатталған үш электродтық ұяшықта «CorrTest Electrochemical Workstation» потенциостатында және Lenovo V14-IGL-ге орнатылған бағдарлама арқылы алынған.Сутек бөліну барысында түзілген алюминий гидроксидінің элементтік құрамы JSM 6610 LV (JEOL, Жапония) сканерлеуші электронды микроскопта орнатылған INCA Energy 450 энергия-дисперсиялық микроанализ жүйесінде энергия-дисперсиялық рентгендік флуоресценциялық спектроскопияны пайдалана отырып анықталған. Сутектің бөлінген көлемі бойынша есептелген газ бөліну жылдамдығының мәндері бойынша Python программалау тілін қолданып, стандартты ауытқулар мен сенімділік интервалдары есептелген. Графиктерді Origin бағдарламасын пайдаланып жасаған.
		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):	Қорғауға шығарылған ережелер (қағидаттар), қорытындылар, әрбір процестің жүру заңдылықтары, диссертацияда келтірілген тәуелділіктер – осының барлығы жасалған эксперименттермен расталған. Эксперименттерде судан сутекті алу кезінде оны су бетінде жинау, бөлінген сутектің көлемін өлшеу, бөліну жылдамдығын есептеу, катализатор қолданумен және металл деполяризатор қолданумен жүргізілген. Реакция барысында потенциал өзгеруін, реакцияның циклді түрде жүруін дәлелдеу мақсатында поляризациялық қисықтар (вольтамперограммалар) түсіру әдісі пайдаланылған. Алюминий мен судың әрекеттесу нәтижесінде түзілетін алюминий гидроксиді рентгенофазалық әдіспен, ал алюминий бетінің реакция нәтижесінде өзгеруі электрондық микроскопия әдісімен анықталған.
		1) ия;	
		2) жоқ.	
		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен **расталған** / ішінара расталған / расталмаған.	Сутектік энергетика, сутек алу әдістері, оның арасында зерттеушілер ұсынған жаңа әдістер, сутектің қолданылуы туралы маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған. Дереккөздерге сілтемелер орынды берілген, соңғы жаңа, олардың арасында International Journal of Hydrogen Energy, Hydrogen сияқты беделді шетелдік басылымдар аз емес.
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға **жеткілікті**/жеткіліксіз.	163 әдебиет көзін құрайтын пайдаланылған әдебиеттер тізімі диссертация тақырыбын, өзектілігін ашуға жеткілікті.
9	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы:	Диссертациялық жұмыстың теориялық маңызы оның ғылыми жаңашылдығында байқалады. Суға сынап иондарын қосқан кезде, потенциалдар айырмасы болуына байланысты тотығу-тотықсыздану реакциясы жүреді, бұл кезде алюминий иондары түзіледі де, сынап бос күйінде бөлініп шығатыны көрсетілген. Алюминий амальгамасының түзілуі және сутектің бөлінуі циклдік сипатқа ие екені көрсетілген. Жүргізілген зерттеулер сутектік энергетика саласына, судан сутек алу әдістеріне жаңа ғылыми деректер енгізеді және осы саладағы білімді толықтырып, тереңдете түседі. Дәлірек айтқанда, алюминийдің суда еру
		1) бар;	
		2) жоқ.	

			мүмкіндіктерін арттыратын салаға ғылыми негіздер жасалған. Бұл ғылыми деректер мен білімдер металдардың сумен әрекеттесу туралы түсініктерді кеңейтіп, болашақтағы зерттеулер үшін пайдасын келтіретіні анық.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:	Диссертацияның практикалық маңызы айқын және нақты көрсетілген. Судан сутек алу әдістерін жасау және жетілдіру, оның арасында сутекті автономды жағдайларда алу әдісінің практикалық маңызы зор. Бұл әдіс сутекті автономды жағдайда қыздырусыз, кәдімгі судан алуды ұсынып отыр. Сутектің экологиялық таза отын екенін ескерсек және автономды жағдайда оны қарапайым әдіспен алуға болатынын ескерсек, бұл әдістің практикалық маңызы анық байқалады. Оған қоса айтсақ, сутекті жаққан кезде түзілетін өнім су – табиғи ортаның құрамына тән зат. Сонымен қатар бұл кезде адам өміріне және адам денсаулығына теріс әсерін тигізетін ластағыштар атмосфераға тасталынбайды. Сутектің өзі де түрлі қолданыс табуда, ол жүздеген технологиялық процестерде тотықсыздандырғыш ретінде пайдаланылады, мұнай химиясында, аммиак және азот тыңайтқыштарын алуда, қара металлургияда тотықсыздандырғыш ретінде кеңінен пайдаланылады.
		1) ия;	
		2) жоқ.	
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма?	Диссертациялық жұмыстың практикалық ұсыныстары жаңа және өзекті болып табылады. Сумен алюминийді бөлме температурасында катализатор қатысында әрекеттестіріп, сутек алу әдісі жаңадан ұсынылып отыр. Зерттеу барысында осы әдісті металл-деполяризаторларды қолдану арқылы жүргізу патентпен қорғалған. Айта кететін маңызды мәселе, сутек бөліну аса кернеулігі төмен блып келетін металдар (темір, никель) және графит қол жетімді, қымбат емес материалдар болып табылады. Сутектік энергетика саласындағы кеңінен қолдануға бағытталған инновациялық шешімдер болып табылады.
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
10.		Академиялық жазу сапасы:	

	Жазу және ресімдеу сапасы	**1) жоғары;** 2) орташа; 3) орташадан төмен; 4) төмен.	Молайған Сержанның диссертациялық жұмысының жазылу деңгейі жоғары деп тұжырымдай аламын. Тілі жатық, түсінікті, химиялық терминдер дұрыс пайдаланылған. Диссертацияның құрылымына ескерту жоқ, барлық бөлімдер логикалық байланыста құрылған, диссертация мәтінін оқуда қиындықтар туындамады. Рәсімделуі де сәтті шыққан.
11.	Диссертацияға ескертулер	*1. 59 бетте келтірілген 3.3 кестеде бірқатар металдардың термодинамикалық тұрғыдан сумен әрекеттесіп, сутек газын бөлу мүмкіндіктерін көрсететін деректер (потенциал мәндері, Гиббс энергиясының мәндері) келтірілген. Дегенмен, іс жүзінде эксперименттер осы металдар арасындағы тек темір, никельде жүргізілген. Металдардың барлығында көрсетілген эффект байқалар ма еді?* *2. Сілтілі ортада алюминийді еріткен кезде сутек бөлінетіні белгілі. Диссертацияда осы реакцияға әртүрлі катиондар түзетін хлоридтердің әсері зерттелген. Тек осы катиондардың сутек бөлінуі жылдамдығына әртүрлі әсері түсіндірілмеген (3.3 тарау, 3.9 кесте).* *3. 3-тарауда реакцияға әртүрлі әсерлер зерттелген, алынған нәтижелер графиктер түрінде және кестелер түрінде келтірілген. Сонымен кестенің саны 11 (3.1 -3.11). Алайда 3.10 кестеден кейін 3.8 деген кесте келтірілген. Қате орналастырылған сияқты.* 4. *Алюминийдің сумен қышқылдар қатысында әрекеттесуі сипатталған. Осы кезде алюминийді «электрод» деп атаған орынды ма?* *5. Диссертациялық жұмыста алюминийдің поляризациялық қисықтары сулы ерітінділерде түсірілген, оларға түсініктемелер де берілген. Бірақ оларды заманауи электрохимиялық зерттеулердің талабына сай өңдеу нәтижелері келтірілмеген. Әдетте, коррозиялық ток, коррозиялық потенциал сияқты шамаларды анықтаса, қосымша деректердің зияны тимес еді.* 6. *Поляризациялық қисықтар (вольтамперограммалар) негізінен натрий нитраты ерітіндісінде түсірілген. Осы электролитті зерттеулерде таңдауда негізге алуға бола ма?*	
12.	Докторант мақалаларының зерттеу тақырыбы бойынша ғылыми деңгейі (диссертация мақалалар сериясы нысанында қорғалған жағдайда ресми рецензенттер	Мақалалардың ғылыми деңгейі жоғары, зерттеу тақырыбын және диссертация мазмұнын толық айқындайды. Нәтижелердің ғылыми жаңашылдығы және жаңа техникалық шешім патентпен ПМ № 6276 жариял. 30.07.2021) қорғалған. Барлығы 12 ғылыми еңбек: 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-	

	докоранттың зерттеу тақырыбы бойынша әр мақаласының ғылыми деңгейін зерделейді)	практикалық журналда бір мақала, Отандық және шетелдік халықаралық ғылыми конференцияларда алты мақала және тезистер жарияланды.
13.	Ресми рецензенттің шешімі (осы Үлгі ереженің 28-тармағына сәйкес)	Сержан Молайганның диссертациялық жұмысы PhD дәрежесін алуға дайындайтын диссертацияларға қойылатын талаптарға сай, қазақ тілінде жатық, түсінікті жазылған, химиялық және басқа да ғылыми терминдер орынды пайдаланылған. Тараулар логикалық түрде байланысқан, мазмұны тақырыбына сәйкес, ғылыми жаңалығы бар, практикалық маңызы күмән келтірмейді, осыған орай Сержан Молайган «6D072000» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне лайық. **Ресми рецензенттің шешімі:** Молайган Сержанға «6D072000» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беруді ұсынамын.

Ресми рецензент:

Молайган Сержанға «6D072000 - Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы»» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беру ұсынылады.

Химия ғылымдарының докторы,
профессор, Ж. Әбішев атындағы
химия-металлургия институтының
термохимиялық үрдістер зертхана
меңгерушісі

(жұмыс орны, ғылыми дәрежесі)

(қолы)

Қасенова Ш.Б.
(аты-жөні)

Ш.Б. Қасенованың қолын растаймын:
Ж. Әбішев атындағы ХМИ ғылыми жұмыстар жөніндегі
директорының орынбасары, техника ғылымдарының кандидаты
«20» ақпан 2026ж.

Лу Н.Ю.