**КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН
УЛУТТУК ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫ М.М. АДЫШЕВ АТЫНДАГЫ
ЭМГЕК КЫЗЫЛ ТУУ ОРДЕНДҮҮ ГЕОЛОГИЯ ИНСТИТУТУ,
СЕЙСМОЛОГИЯ ИНСТИТУТУ ЖАНА Б.Н.ЕЛЬЦИН АТЫНДАГЫ
КЫРГЫЗ-ОРУС СЛАВЯН УНИВЕРСИТЕТИ**

ДИССЕРТАЦИЯЛЫК КЕҢЕШ Д 25.17.555

Кол жазма укугунда
УДК:615.15:541.12:(575.2).(043.3)

КЕМЕЛОВ КУБАТ АМАНТУРОВИЧ

МАЗУТ- СУУ ЭМУЛЬСИЯСЫНДАГЫ СУУНУН БЕНЗ(А)ПИРЕНДИН ГАЗ ФАЗАСЫНДА ПАЙДА БОЛУУ ЖАНА АЗАЙУУ ПРОЦЕССИНЕ БОЛГОН ТААСИРИ

25.00.36 - Геоэкология

техника илимдеринин кандидаты илимий

даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациясынын

АВТОРЕФЕРАТЫ

Бишкек – 2019

Диссертациялык иш Кыргыз-Түрк “Манас” университетинде жана КР ББИМ И.Раззаков атындагы Кыргыз Мамлекеттик техникалык университетинин академик У. Асаналиев атындагы Тоо-кен иштери жана тоо-кен технологиялары институтунда жасалды

Илимий жетекчи: **Самбаева Дамира Асанакуновна**, техника илимдеринин доктору, профессор, Кыргыз Мамлекеттик техникалык университетинин академик У.Асаналиев атындагы Тоо-кен иштери жана тоо-кен технологиялары институтундагы “Өнөр-жай коопсуздугу” кафедрасынын башчысы

Расмий оппоненттер: **Тойбаев Кенжехан Дуйсебаевич**, техника илимдеринин доктору, Казахстан Республикасы, КазГАСА, академиялык профессор

Оторова Сайрагуль Турсуновна, техника илимдеринин кандидаты, С.Нааматов атындагы Нарын мамлекеттик университети, “Агрардык-техникалык билимдер” кафедрасынын башчысы

Жетектөөчү мекеме: М.Х. Дулати атындагы Тараз мамлекеттик университети, адрес: 010000, Казахстан Республикасы, Тараз ш., Толеби, 60.

Диссертациялык иш 2019 жылдын «31» «май» саат 14^{00} Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын М.М. Адышев атындагы Геология жана Сейсмология институттарындагы, Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Орус Славян университетиндеги илимдеринин доктору (кандидаты) окумуштуулук даражасын изденип алуу боюнча Д 25.17.555 диссертациялык кеңешинин жыйынында корголот, дареги: 720481, Бишкек ш., Эркиндик бул.30.

Диссертациялык иш менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын М.М. Адышев атындагы Геология институтунун китепканасынан (дареги: 720481, Бишкек ш., Эркиндик бул., 30) жана Сейсмология институтунун китепканасынан (дареги: 720060, Бишкек ш., Асанбай кичи району, 52/1), Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Орус Славян университетинин китепканасынан (дареги: 720000, Бишкек ш., Киев көч, 44), Д 25.17.555 диссертациялык кеңештин сайтынан: http://disignan.com.kg/ жана КР ЖАК сайтынан: https://vak.kg таанышууга болот.

Автореферат 2019 жылдын «26» апрелде таратылды

Диссертациялык кеңештин
окумуштуу катчысы,
техника илимдеринин кандидаты Егембердиева К.А.

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮҢӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациялык иштин темасынын актуалдуулугу. Органикалык отун күйгөндө газ жана катуу фаза түрүндө көптөгөн чөйрөнү кирдетүүчү заттар бөлүнүп чыгат, аларда полиароматикалык көмүртектүү суутектердин чоң спектрдеги бирикмелери кездешет. Бул бирикмелердин ичинен бенз(а)пирендин (БП, формуласы $C_{20}H_{12}$) өзгөчө орду бар, себеби ал түтүн газдарындагы ыштын курамында кармалат жана өтө күчтүү канцерогендик зат, денеде биологиялык топтолуу касиетине ээ. Ошондой эле айлана-чөйрөнүн компонентерине мутагендик таасир берет. Бенз(а)пирендин чектүү деңгээлдеги концентрациясы (ЧДК) өтө төмөн: анын абадагы максималдуу бир жолку ЧДКсы 0,001 мг/м^3, орточо суткалык ЧДКсы 10^{-6} мг/м^3 жана жумушчу чөйрөдөгү ЧДКсы 0,00015 мг/м^3 түзөт. Бул болсо бенз(а)пирендин өтө коркунучтуу зат экендигин түшүндүрөт, себеби чөйрөдө аз санда кармалышы да денеге өтө оор таасир берет. Күйүү процесстеринде бенз(а)пирен ыш аркылуу сорулуп, айлана чөйрөгө акырындык менен тарайт.

Бенз(а)пирендин газ-суюктук чөйрөсүндө пайда болуу механизми өтө татаал, ошондуктан анын синтездик схемасы химиялык реакциялардагы константаларды эсептөө менен түзүлөт (Лукачев С.В., 1999). Бул багытта жасалган иштердин негизги бөлүгү моделдик шарттарда өлчөө шаймандарын иштеп чыгууга жана полициклдүү ароматикалык көмүртектүү суутектердин (ПАК) көпчүлүк топторун анализдөөгө багытталган. Бенз(а)пирендин пайда болуусуна жана анын концентрациясынын азайышына таасир эткен негизги параметрлерден болуп, баштапкы отундун курамы, абанын ашыкча каныккан (альфа-фактор) коэффициентинин азайышы, фазалардын гетерогендүүлүгү, реакцияга кирген заттардын беттик аянттарынын чоңдугу жана ошондой эле газдын, отундун күйүү зонасында кармалуусун оптималдаштыруу болуп эсептелет (Бакиров Ф.Г., 1989). Ошондуктан, белгиленген шарттарга таянып, биринчи кезекте, отундун күйүү зонасында, реакцияга кирген фазалардын беттик тийишүү аянтын көбөйтүү жана газ фазасында өтө зыяндуу заттардын, алардын ичинен бенз(а)пирендин концентрациясын азайтуу боюнча чаралардын көрүлүшү ыктымал.

Диссертациялык жумушта баштапкы заттардын ар кыл катнашында жана температуранын кенен өзгөргөн маанисинде бенз(а)пирен - суу - кычкылтек системасын изилдөө, моделдик эсептерди Бишкектеги коммуналдык жылуулук түйүндүн айрым ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги кичи жана орто кубаттуулуктагы өндүрүштүк мештеринде мазут-суу эмульсиясын жагууда колдонуу, түтүндөгү зыяндуу заттардын, анын ичинде бенз(а)пирендин концентрациясын газ фазасында азайтуу каралды, бул жагдайлар илимий иштин **актуалдуулугун** белгилейт.

Диссертациялык иштин темасынын илимий программалар (долбоорлор) жана илим-билим мекемелериндеги негизги илимий-изилдөө иштери менен байланышы. Диссертация Кыргыз-Түрк “Манас” университетинин илимий изилдөө иш планы боюнча «Туруктуу органикалык кирдеткичтердин термикалык ажыроосунун физикалык-химиялык негиздерин иштеп чыгуу жана газ фазасында алардын концентрациясын азайтуу» темасындагы долбоордун негизинде аткарылды (КР ББИМ, 2012-2017жж, мам. каттоо № 0007082).

Изилдөөнүн максаты. Түтүн газындагы бенз(а)пирендин концентрациясын ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги өндүрүштүк мештерде мазут-суу эмульсиясын даярдоо жана жагуу менен айзайтуу.

Иштин максаттарына ылайык изилдөөнүн төмөнкүдөй **маселелери аныкталды:**

- “Agilent 1200” (HPLC), “Waters 2690 Separations Module” тибиндеги жогорку басымдагы суюктук хроматографиясынын, “Fluromax-4” флуоресценттик спектрометрдин жана “Agilent 7890” (GC) тибиндеги газ хроматографиясынын жардамы менен газ фазасындагы ыштын курамында кармалган бенз(а)пирендин концентрациясын эксперименталдык жол менен аныктоо;
- газ-суюктук агымдарынын ар кандай катыштарында жана кенен температуралык маанилеринде бенз(а)пирендин ($C_{20}H_{12}$), H_2O - O_2 системасында ажыроо процессин физикалык-химиялык моделдештирүү жана газ фазасындагы көмүртек, суутек, кычкылтекти кармаган бөлүкчөлөрдүн концентрацияларын эсептөө;
- ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М (Бишкек ш.) тибиндеги өндүрүштүк мештерде мазут-суу эмульсиясын даярдоо жана колдонуу боюнча принципиалдык технологиялык схеманы иштеп чыгуу жана түтүн газдарындагы ыштын курамында кармалган бенз(а)пирендин концентрациясын азайтуу;
- түтүн газдарындагы бенз(а)пирендин өлчөмүн азайтуу иш чараларындагы айлана чөйрөгө келтирилген экологиялык коромжуну эсептөө жана практикалык сунуштарды берүү.

Иштин илимий жаңылыгы. Бенз(а)пирен-кычкылтек, бенз(а)пирен-суу, бенз(а)пирен-суу-кычкылтек системалары биринчи жолу изилденди жана газ-суюктук агымдардын ар кандай катыштарында, ар кыл температуралык маанилеринде пайда болгон компоненттердин, бөлүкчөлөрдүн тең салмактуулук курамы, концентрациялары эсептелди жана алардын газ фазасында таралышы аныкталды. $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:10:1) системасында конденсирленген көмүртек жана ацетилен пайда болгон жок, себеби H/C катыштын жогорулашы менен газ фазасында ыштын өлчөмү азайды, демек аны менен бирге бенз(а)пирендин концентрациясы төмөндөдү.Системанын

касиеттери (бирдик көлөм, энтропия, толук энтальпия, толук ички энергия, бирдик жылуулук сыйымдуулук, динамикалык илээшкектүүлүк, жылуулук өткөрүмдүүлүк, Прандтлдын саны) өзгөрдү. Бишкектеги коммуналдык жылуулук түйүндүн ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги орто жана кичи кубаттуулуктагы өндүрүштүк мештеринде мазут-суу эмульсиясын даярдоо жана колдонуунун принципиалдык технологиялык схемасы иштелип чыкты. Мазут-суу эмульсиясындагы суунун газ фазасында пайда болгон бенз(а)пирендин концентрациясына тийгизген таасири аныкталды. Түтүн газдарындагы бенз(а)пирендин өлчөмүн азайтуу иш чараларындагы айлана чөйрөгө келтирилген экологиялык коромжу эсептелди.

Натыйжалардын практикалык мааниси. $C_{20}H_{12}$ - O_2 (1:1), $C_{20}H_{12}$ - H_2O (1:1), $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:1:1), $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:10:1) системаларынын физика-химиялык жана термодинамикалык көрсөткүчтөрү адистик геоэкология багытында колдонулушу ыктымал. Мазут-суу эмульсияларын колдонуу жана жагуу процессинде зыяндуу заттарды (SO_2, NO_x, CO, C_xH_y), анын ичинде бенз(а)пирендин концентрациясын газ фазасында 50% жогору өлчөмгө чейин азайтууга, ал эми тескери эмульсия даярдооо процессинде өндүрүштүк таштанды сууларды 10% чейин кайрадан колдонууга мүмкүнчүлүк түзүлдү. Ошондуктан, иштелип чыккан технологиялык схеманы кичи жана орто кубаттуулуктагы өндүрүштүк мештеринде колдонууга болот.

Натыйжалардын экономикалык мааниси. ДКВР - 4/13, ПТВМ - 30М тибиндеги өндүрүштүк мештерде мазут-суу эмульсиясын колдонуу жана жагууда суюк отунду 3% чейин үнөмдөөгө мүмкүнчүлүк түзүлөт, ал эми газ фазасындагы зыяндуу заттардын азайуусу менен коромжунун өлчөмү төмөндөйт жана анын негизинде төлөмдөр кыскарат.

Ишти коргоого алып чыгуучу негиздер:

- бенз(а)пирендин концентрациясын түтүндөгү ыштык бөлүкчөлөрдө аныктоонун методологиясы (үлгү алуу, $C_{20}H_{12}$ суюктука өткөрүү, анализдөө);
- $C_{20}H_{12}$ - O_2 (1:1), $C_{20}H_{12}$ - H_2O (1:1), $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:1:1), $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:10:1) системаларынын ажыроосунун физикалык-химиялык модели, ар кандай температура жана агымдардын катыштарындагы тен салмактуулук курамдары, компоненттердин, бөлүкчөлөрдүн, конденсирленген заттардын концентрациялары жана алардын газ фазасында таралышы;
- системанын компоненттеринин касиеттеринин өзгөрүү мыйзам ченемдүүлүктөрү (бирдик жылуулук сыйымдуулук, динамикалык илээшкектүүлүк, жылуулук өткөрүмдүүлүк, Прандтлдын саны, бирдик көлөм, энтропия, толук энтальпия, толук ички энергия);
- $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 системасында суу суутектин көмүртекке болгон оптималдык катышын калыптоочу зат жана конденсирленген көмүртектин, ацетилендин газ фазасында пайда болбоо ыктымалдуулугу;

- Бишкектеги коммуналдык жылуулук түйүндүн ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги кичи жана орто кубаттуулуктагы өндүрүштүк мештеринде мазут-суу эмульсиясын даярдоо жана колдонуунун принципиалдык технологиялык схемасы жана газ фазасында бенз(а)пирендин өлчөмүн азайтуу иш чараларындагы айлана чөйрөгө келтирилген экологиялык коромжуну баалоо.

Изилдөөчүнүн жеке салымы. Суюк отун - суу - аба аралашмаларын камтыган гетерогендүү татаал көп компоненттүү системалардын термодинамикалык параметрлерин жана физикалык-химиялык касиеттерин изилдөө, түтүн газдарындагы ыштын курамында кармалган бенз(а)пирендин концентрациясын эксперименталдык түрдө Agilent 1200 (HPLC), «Waters 2690Separations Module» жогорку басымдагы суюктук хроматографиясынын, «Fluromax - 4» флуоресценттик спектрометрдин жана Agilent 7890 (GC) газ хроматографиясынын жардамы менен аныктоо (КТУМ, Бишкек - 2013; Германия, Берлин - 2015); ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги кичи жана орто кубаттуулуктагы өндүрүштүк мештерде мазут-суу эмульсиясын даярдоо жана колдонуунун принципиалдык технологиялык схемасын түзүү, мазут-суу эмульсиясын жагуу процессинде түтүн газдарында пайда болгон бенз(а)пирендин өлчөмүн азайтуу иш чараларындагы айлана чөйрөгө келтирилген экологиялык коромжуну эсептөө жана баалоо.

Диссертациянын жыйынтыктарын апробациялоо. Изилдөөнүн негизги жыйынтыктары эл-аралык симпозиумдарда жана конференцияларда, республикалык илимий-практикалык конференцияларда: “Химия, биология илимдеринин жана педогогикалык билим берүүнүн заманбап өнүгүүсү” (И. Арабаев атындагы КМУ, Бишкек, 2013)” Насирдин Исанов - Кыргыз Республикасынын көрүнүктүү мамлекеттик ишмери (Н. Исанов атындагы КМАКТУ, Бишкек, 2013); “1785-2013 мезгилдердеги Кыргызстан - Россия мамлекеттеринин ортосундагы кызматташтык жана анын келечеги” (Б.Н. Ельцин атындагы КРСУ, Бишкек, 2013); “International conference on environmental science and technology” (Турция, Невшехир - 2013); “Химия, биология илимдеринин жана педагогикалык билим берүүнүн заманбап өнүгүүсү” (И. Арабаев атындагы КМУ, Бишкек, 2014); “III Уркунбаевские Чтения” (Казахстан, Тараз -2015); “International Conference on Civil and Environmental Engineering” (Турция, Невшехир, 2015); “17th International Conference on Environmental Pollution, Restoration and Management” (Германия, Берлин, 2015); “The Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress” (КТУМ, Бишкек, 2017); Кыргыз-Түрк “Манас” университетинин, инженерлик факультетинин илимий семинарларында (Бишкек, 2015 - 2018 жж.); Кыргыз Мамлекеттик техникалык университетинин академик У. Асаналиев атындагы Тоо-кен иштери жана тоо-кен технологиялары институтундагы “Өнөр-жай

коопсуздугу” кафедрасынын кеңейтилген жыйынында билдирүүлөр жасалды (Бишкек, 2018-2019 гг).

Жарыяланган эмгектер. Диссертациянын темасы боюнча 12 илимий макала жазылып, жарыкка чыкты. Алардын ичинде РИНЦ системасына кирген макалалар бар.

Диссертациянын түзүлүшү жана көлөмү. Диссертация кириш сөз, 3 бөлүм, тыянак, колдонулган адабияттар, терминдердин тизмелери жана тиркемелерден турат. Колдонулган адабиаттардын саны 284. Иш компьютердик тексте жазылып 162 баракты камтыйт, алардын ичинде 31 таблица, 38 сүрөт жана тиркемелер бар.

ИШТИН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Кириш сөздө теманын актуалдуулугу ачыкталып, изилденип жаткан багыттын көйгөйлөрү каралды. Максаттар белгиленип, ага жетүү үчүн алдыга милдеттер коюлду. Илимий ишти алып чыгуунун жана жактоонун негиздери, изилдөөнүн усулдары, практикалык баалуулугу аныкталды, ошондой эле жарыкка чыккан эмгектер, илимий жыйынтактардын апробациясы жана диссертациянын түзүлүшү берилди.

Бенз(а)пирен - органикалык отундун ажыроосундагы орто аралык техногендик өндүрүм

Органикалык отундар ар түрдү көмүртектүү суутектерден, алардын ичинде полиароматикалык кошулмалардан (ПАК) турат. Демек, бенз(а)пирен баштапкы отундун курамында кармалышы жана күйүү процессинин негизинде да пайда болушу мүмкүн. Отундун курамында ар кандай ПАК кармалат. Мисалы, бензиндин (кайноо температурасы 225°С) курамында нафталин жана алкил нафталиндер кезигет. Мазуттун орточо курамында ароматикалык бирикмелер 28 % түзөт (Лоргвел Ж.П., 1982). Бул болсо бенз(а)пирендин күйүү процессинде гана келип чыкпастан, отундун баштапкы курамында да бар болгондугун билгизет. Газ абалына айланган баштапкы отун жалынга жетпей эле, күйүүнүн өндүрүмдөрү менен реакцияга кирип, андан ары түтүн газдарын пайда кылат. Ошондуктан, бенз(а)пирен пиролиз процессинде жалын өтмөгүнө кабылбай, же реакцияга катышпай түздөн түз түтүнгө өтүшү мүмкүн. Бенз(а)пирендин пайда болушунун экинчи моделин полимеризация-конденсация процесстери түзөт. Бул модел боюнча, бенз(а)пирен бензолдук шакекчелердин конденсациясы же ароматикалык бирикмелердин ажыроо процесстеринин негизинде жеңил бирикмелерге өтүп, андан ары жогорку температураларда полимеризация процессинин негизинде пайда болот (Лукачев С.В., 1999). Алгачкы курамында ПАК камтылбаса да, метил спирти күйгөндө бенз(а)пирен пайда болот. Күйүү процесстеринде кычкылтектин орду чоң, мисалы, жалын зонасында кычкылтек жетишсиз болсо, ыштын концентрациясы 40 % өсөт, бул болсо өз учурунда андагы бенз(а)пирендин

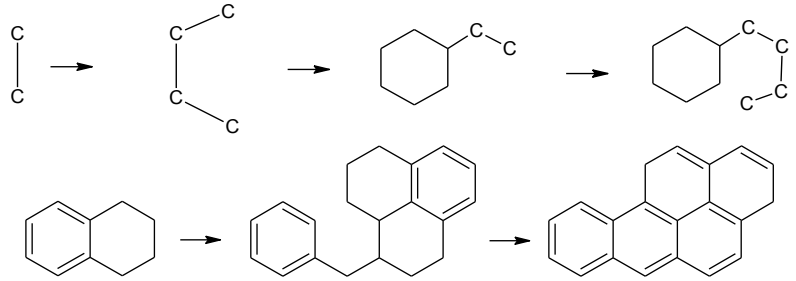
көбөйүшүнө алып келет (Бакиров Ф.Г., 1989). Себеби, бенз(а)пирен ыштын пайда болуу процессиндеги орто абалдык зат болуп эсептелет. Жогорку температурада жана абанын жетишсиздигинде ПАКдын түйүлдүк элементтеринин пайда болушуна ыңгайлуу шарт түзүлөт. Ал эми, төмөнкү температурада бензолдук шакекчелер ПАКды пайда кылбайт (Бэджер Г.М., 1966). Негизинен ПАК жана бенз(а)пирен 800 К ден 1600 К чейинки температура аралыктарында пайда болушу ыктымал (Лахае Дж., 1978).

Бенз(а)пирендин пайда болуу жана калыптануу механизмдери (иондук жана радикалдык) Г.М Беджердин изилдөөлөрүндө берилген. Ага ылайык 1000 К температурада көмүртек - көмүртектик (С - С) жана көмүртек - суутектик (С - Н) байланыштар ажырап радикалдарды пайда кылат. Узун чынжырлуу көмүртектүү суутектер ажырап, андан ары синтездик процесске катышышы мүмкүн. Мындай шартта ароматикалык шакекчелер туруктуу абалда калып, биринчи этапта, ацетилен сыяктуу эки же үчтүк байланыштан турган бирикмелердин чынжыры, б.а. C_6 - C_4 тибиндеги кошулмалар пайда болот:

$$2C_2H_2 \leftrightarrow C_4H_2 + H_2$$

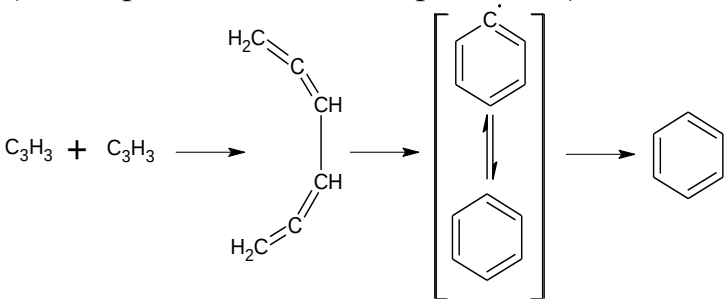
$$C_2H_2 + C_4H_2 \leftrightarrow C_6H_2 + H_2.$$

Циклдик жана дегидратташуу процесстеринин натыйжасында эки бирикмеден бенз(а)пирен пайда болот (сүрөт 1) (Бэджер Г.М., 1966; Лукачев С.В., 1999; Лоргвел Ж.П., 1982):



Сүрөт 1. Г.М.Беджердин (1966) схемасы боюнча $C_{20}H_{12}$ пайда болушу

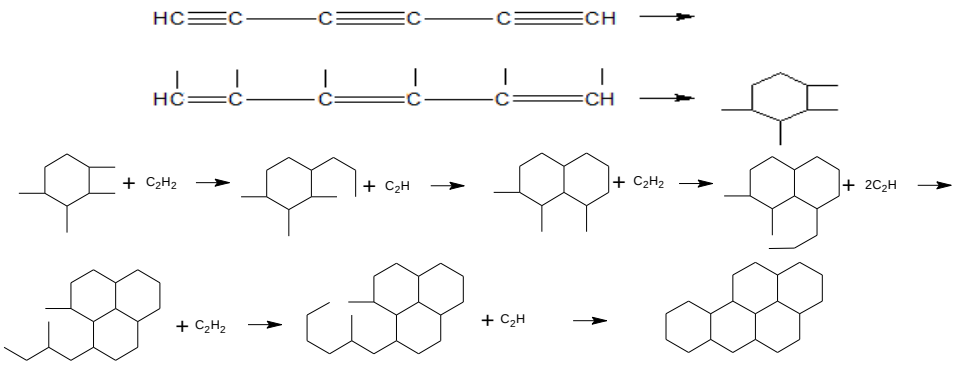
Ал эми, Д.А. Миллер жана Х. Рихтердин изилдөөлөрү боюнча ПАКдын жана анын ичинде бенз(а)пирендин пайда болушунда пропаргил радикалынын орду жогору, б.а. ал түйүлдүк элемент катары каралат. Миллердин схемасы боюнча эки пропаргил радикалы биригип, ароматикалык шакекчени пайда кылат (сүрөт 2.) (Миллер Д.А., 1990, Рихтер Х., 2000).



Сүрөт 2. Эки пропаргил (C_3H_3) радикалынын негизинде бенз(а)пирендин пайда болушу (Миллер Д.А., 1990, Рихтер Х., 2000)

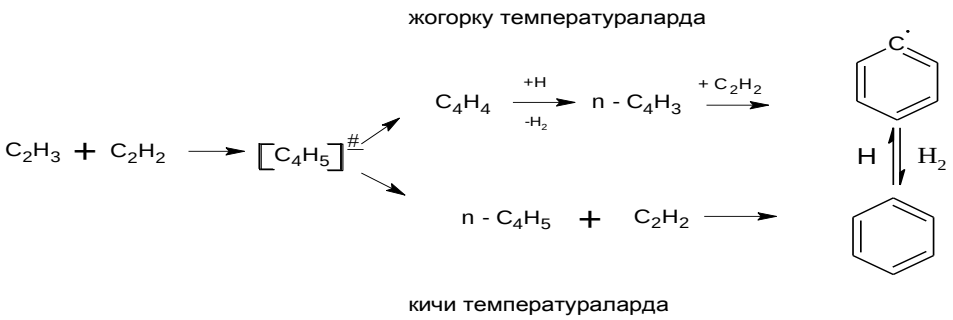
Н.В. Лавров бенз(а)пирендин синетезделишинин башка бир схемасын сунуштаган. Ал процесстин суммардык теңдемеси:

$C_6H_2 + 3C_2H_2 + 4C_2H =$ **$C_{20}H_{12}$ (бенз(а)пирен)** (сүрөт 3).



Сүрөт 3. Түйүлдүк ыштан бенз(а)пирендин пайда болуу схемасы (Н.В. Лавров, Лукачев С.В., 1999)

Лукачев С.В., 1999 берилген схема боюнча ацетилен бирадикалга өтүп: HC ≡ CH → - HC = CH- , андан ары циклдешүүнүн жана полимеризациянын негизинде чынжырлар узарып, бенз(а)пирен пайда болот, башкача айтканда, бенз(а)пирен ыштын пайда болуу чынжырынын орто аралык кадамдарынын бири болуп эсептелет. Ароматикалык көмүртектүү суутектердин негизи болгон бензолдук шакекченин пайда болушу, кайсыл шарттарда C_4H_5, C_4H_3 жана ацетилен биригип, пропаргил радикалдары өз ара кошулганда бензолдук шакекчени пайда кылат деген суроолорду алып келет (Бокхорн Х.,1994). М. Френклайхтын эсептери боюнча C_4H_5 менен ацетилендин биригиши салыштырмалуу төмөнкү температураларда, ал эми C_4H_3 менен ацетиленди биригиши жогорку температураларда жүрөт (сүрөт 4) (М. Френклайх, 1994):



Сүрөт. 4. Баштапкы ароматикалык шакекчелердин пайда болушу (М. Френклайх, 1994)

Бенз(а)пирендин геохимиялык пайда болушу көп фактордук татаал маселе жана ал негизинен органикалык отундурды оптималдык шартта жагуудан көз каранды. Газ, суюк жана катуу түрүндөгү органикалык отундарды жагууда бенз(а)пирендин пайда болуусу жана ажыроосу баштапкы отундун пиролизинин өндүрүмдүүлүгүнө жараша болот. Демек, отун-аба аралашмасын

даярдоодо, мисалы, суюк отунга киргил суу кошуу менен тескери (мазут - суу) эмульсия аралашмасын алуу жана аны күйүү зонасына берүү менен ыштын өлчөмүн газ фазасында азайтууга шарт түзүлөт. Башкача айтканда, конденсирленген көмүртектин (C_c) же болбосо ыштын өлчөмүнүн азайышы менен андагы бенз(а)пирендин концентрациясы азаят. Ошондуктан,белгиленген шарттарды эске алуу менен бул илимий изилдөөдө ар түрдүү температураларда жана газ-суюктук агымдарынын ар кыл катыштарында, баштапкы суюк отундагы (мазутту) суу менен аралаштырып, суутек жана көмүртектин өз ара катыштарын (H/C) өзгөртүү максатында: бенз(а)пирен - кычкылтек, бенз(а)пирен - суу, бенз(а)пирен - суу - кычкылтек системаларынын ажыроо процесси изилденди. Натыйжада, мазут-суу эмульсиясын мештерде жагууда газ фазасындагы ыштын пайда болуу интенсивдүүлүгү азайды жана аны менен бирге бенз(а)пирендин өлчөмү төмөндөдү (Кемелов К.А., Самбаева Д.А., Маймеков З.К., 2015).

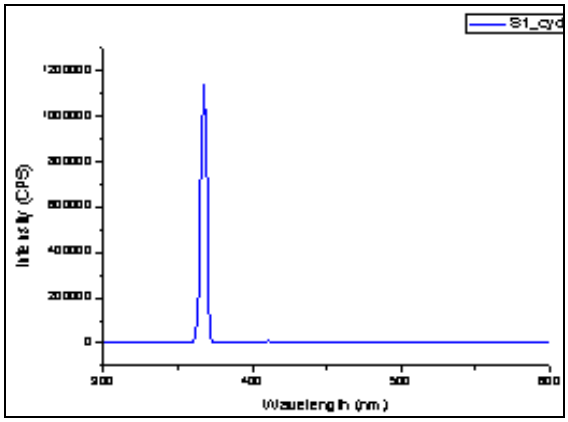
Газ фазасындагы бенз(а)пирендин концентрациясын эксперименталдык аныктоо

Эксперименталдык иштер “Agilent Technologies 7890A” (ГХ),«Agilent 1200» (HPLC - Agilent Technologie) жана «Waters 2690 Separations Module» (Waters Alliance) хроматографиялык аппараттарынын негизинде жасалды. Алар бинардык градиенттик насос, ташылуучу фазанын газын азайтуучу аспап, автоматтык түрдө үлгүнү берүүчү жабдык, термостаттык колонка, диодук-матрицалык детектор жана «RF 551» (Shimadzu) тибиндеги флуориметрдик детектор менен жабдылган. Маалыматтарды топтоо жана алар менен иштөө «Chemstation», «Waters Alliance» программа - аппараттык жабдыктары аркылуу жүргүзүлдү. Ал эми анализденүүчү бирикмелердин жутуу жана эмиссия спектрлерин аныктоодо «Fluromax - 4» (HORIBA Scientific) үлгүсүндөгү аппарат колдонулду. C18 (250×46 мм) (Phenomenex, США) жана Eclipse XDB - C18 (150x4,6 мм, бөлүкчөлөрүнүн өлчөмү - 5 мкм) (Agilent Technologies, США) үлгүсүндөгү хроматографиялык колонкалар пайдаланды (Кемелов К.А., Берлин, 2015).

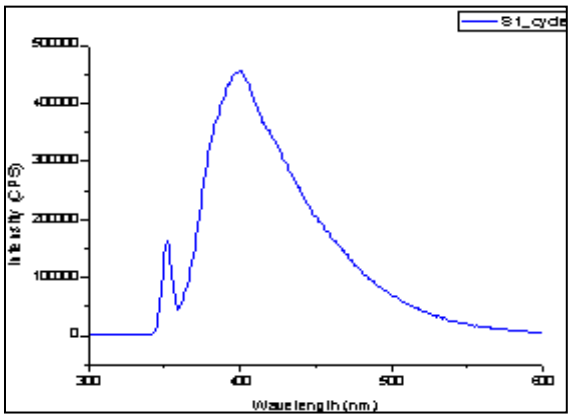
Анализденүүчү үлгү органикалык отундун негизинде иштеген ПТВМ - 30М жана ДКВР - 4/13 тибиндеги өндүрүштүк мештердин түтүн чыгаруучу морлорунан алынды. Газдын үлгүсүн алуу Vortex Ultra Flow (**1**) (жабдыктары: 1 м узундуктагы үлгү алгыч түтүк, фильтри бар насадка, 1,6 мкм көзөнөктүү “Whatman” фирмасынын айнек була фильтрлери, газдардын көлөмдүк сарпталышын аныктоочу Vortex Ultra Flow) жана УГ-2 (**2**) (жабдыктары: 1 м узундуктагы үлгү алгыч түтүк, фильтри бар насадка, “синяя лента” фильтри, сорулган газдын көлөмүн өлчөөчү штогу бар универсалык тетик УГ-2) аппараттарынын жардамы менен алынды. Бул жолдор 5506 и 5515 «NIOSH Manual of Analytical Methods» методикалык көрсөтмөлөрдүн жардамы менен жүргүзүлдү (Кемелов К.А., Молдобаев М.Б., 2013).

Бенз(а)пирен, ыштын пайда болуу процессинде орто аралык өндүрүм, ошондуктан, баштапкы кадамда түтүн газындагы ыштын үлгүсүн /0,6 г/м^3 **(1)**; 0,1 г/м^3 **(2)** / фильтрге алуу орун алды. Ыштын үлгүсү фольга кагазына оролуп, муздаткычта сакталды. Андан кийин, алынган үлгүлөр ацетонитрилдин эритмеси бар (5мл) пробиркага салынды. Катуу фазаны эритмеге өткөзүү максатында бардык пробиркалар «Elmasonic S30h» тибиндеги ультра үндүү суу мончосунда 30 минута кармалды. Андан кийин, эритме 0,45 мкм көзөнөктөрү бар фильтр аркылуу өткөрүлүп, кюветага куюлду. Түтүн газдарындагы ышта кармалган бенз(а)пиренди аныктоо максатында кюветалар спектрофлуориметрдик жана хроматографиялык анализге берилди.

Изилденип жаткан суюк үлгү 250, 260, 290, 298, 286, 350, 370, 388 нм толкун узундуктарында “Fluromax-4” тибиндеги спектрофлуориметрдин жардамы менен дүүлүктүрүлдү (нурдантылды). Натыйжада, 350 нм жана 403 нм эки бийиктик пайда болду. Биринчи бийиктик 350 нм ацетонитрилге таандык болду. Себеби, сүрөт 5 көрсөтүлгөндөй таза ацетонитрил анализге берилгенде 350 нм толкун узундугунда ацетонитрилди көрсөткөн бийиктик чыккан. Ал эми, 403 нм (сүрөт 6) толкун узундугунда бенз(а)пиренге таандык бийиктик келип чыкты.



Сүрөт 5. 365нм толкун узундугундагы ацетонитрилдин спектри

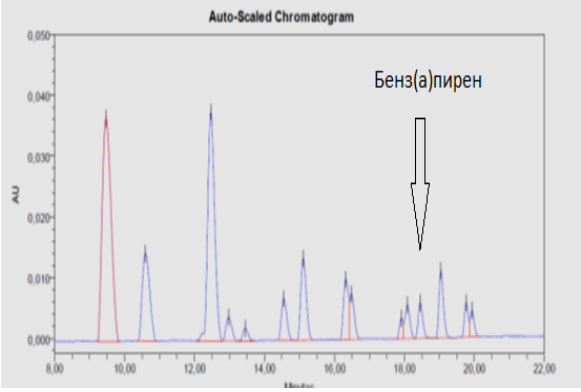


Сүрөт 6. 365 нм жана 403 нм толкун узундуктарындагы ацетонитрилдин жана БП спектри

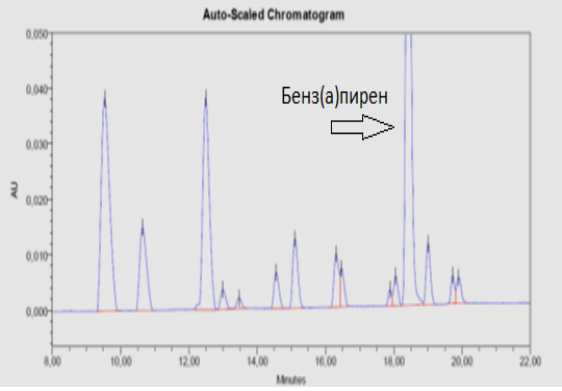
<u>Түтүн газдарындагы ыштын бөлүкчөлөрүндө кармалган бенз(а)пиренди «Waters 2690 Separations Module» үлгүсүндөгү жогорку басымдагы суюктук хроматографиялык (HPLC) аппараттын жардамы менен аныктоо</u> Берлин техникалык университетинде жүргүзүлдү (Кемелов К.А., Германия, 2015). Бул анализдер бенз(а)пирендин стандарттык эритмесине салыштырып жасалды жана өлчөөнүн тактыгы өтө жогору болду. Анализ жасоодо “RF - 551 Shimadzu” тибиндеги флуоросцентик детектор колдонулду. Себеби, көрүнүүчү спектрде бенз(а)пирен күчтүү люминесценттик касиетке ээ жана люминесцентик ыкманын жардамы менен үлгүдөгү бенз(а)пирендин концентрациясын миллиардык үлүштөгү тактыка чейин аныктоого мүмкүнчүлүк берди. Үлгүнү ташуучу суюктук катары ацетонитрил жана

ультра таза суу колдонулду. Анын агымынын көлөмдүк сарпталышы 1 мл/мин түздү жана градиенттик ыкма менен берилди. Баштапкы ацетонитрилдин проценттик өлчөмү 60 %, суунуку 40 %, кийин ацетонитрилдики 100% чейин көтөрүлдү. Хроматографиялык колонкага 30 мкл өлчөмдөгү үлгү берилди жана колонканын температурасы 25°С туруктуу кармалды. Бир тажрыйбанын узактыгы 25 минутаны түздү.

Ар бир үлгүнүн жана стандарттык эритмелердин хроматограммалары алынды (сүрөт 7). Ал хроматограммаларда бенз(а)пиренди тастыктоочу бийиктикти аныктоо үчүн үлгүгө бенз(а)пирендин стандарттык эритмеси кошулду. Натыйжада, аянты чоңойгон бенз(а)пиренге таандык болгон бийиктик аныкталды (сүрөт 8).

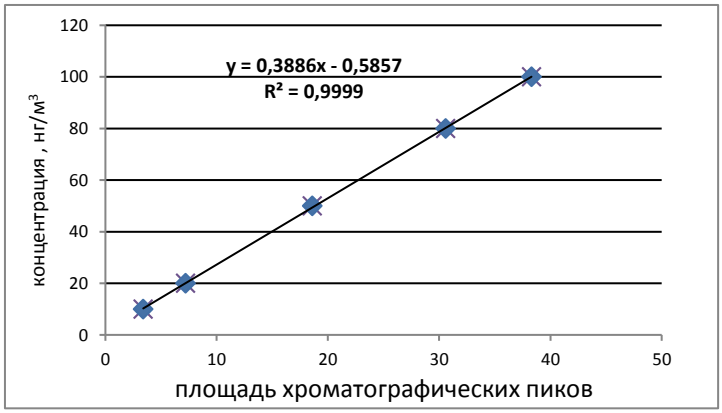


Сүрөт 7. Үлгүнүн хроматограммасы



Сүрөт 8. Бенз(а)пирендин эритмеси кошулган үлгүнүн хроматограммасы

Стандарттык эритмелердин хроматограммаларынын негизинде, бенз(а)пирендин концентрациясынын хроматографиялык бийиктиктердин аянтынан болгон көз карандылык графиги түзүлдү жана y = 0,3886x - 0,5857 сызыктуу теңдемеси алынды (x-бийиктиктин аянты). Теңдеменин корреляциялык коэффициенти 0,9999 түздү. Натыйжада, бийиктиктин аянты менен бенз(а)пирендин концентрациясына экстраполяциялоонун негизинде, график аркылуу, түтүн газдарындагы ыштын курамында кармалган бенз(а)пирендин концентрациясы аныкталды (сүрөт 9).



Сүрөт 9. Бенз(а)пирендин концентрациясынын (нг/м^3) хроматографиялык бийиктиктин аянтынан көз карандылыгы

Бенз(а)пирен - суу - кычкылтек системасынын ажыроосун физика-химиялык моделдештирүү жана газ фазасындагы көмүртек, суутек, кычкылтекти кармаган бирикмелердин концентрациясын эсептөө

Газ фазасындагы өтө зыяндуу заттардын концентрацияларын азайтуу максатында, суу жана кычкылтекти кошуу менен бенз(а)пирен ($C_{20}H_{12}$) энтропиянын максималдык абалында, б.а. алынган системада толук тең салмактуулук шартында конверсияланды. Моделдик эритмелердин аралашмалары катары: $C_{20}H_{12}$ - O_2, $C_{20}H_{12}$ - H_2O, $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 системалары алгачкы заттардын ар кандай катыштарында каралды (басым 0,1 МПа, температура 500-2500 К). Алардын ичинен $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 системасы агымдардын 1:1:1 жана 1:10:1 катыштарында изилденип, термодинамикалык көрсөткүчтөр, газ фазасында пайда болгон компоненттердин жана бөлүкчөлөрдүн тең-салмактуулук курамы жана концентрациялары эсептелинди (табл. 1-3, сүрөт. 10 - 11, диссертацияны кара).

Таблица 1 - **$C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:10:1)** системасынын термодинамикалык көрсөткүчтөрү: P = 0,1 МПа, T = 500 - 2500 К, μ = 54,33 моль/кг, MMq = 18,42 г/моль, Rq = 451,726 Дж/(кг·К), z = 0

T, К	$V\cdot10^2$, м^3/кг	S, кДж/(кг·К)	I, кДж/кг	U, кДж/кг	$C'p\cdot10^4$, кДж/(кг·К)	$Mu\cdot10^5$, Па·с	$Lt'\cdot10^5$, Вт/(м·К)	$Pr'\cdot10^3$
500	208,13	10,651	-11889,2	-11973,3	22103,5	1,81	24183,9	165,053
750	337,891	12,028	-11021,1	-11224,7	36633,9	2,76	85177,4	118,658
1000	455,992	12,758	-10392,8	-10712,8	23477,7	3,56	13301,5	629,008
1250	569,995	13,294	-9791,17	-10225,2	24594,9	4,28	16574,3	635,713
1500	683,997	13,751	-9164,47	-9712,51	25531,9	4,95	19815,5	637,746
1750	798,038	14,152	-8514,18	-9176,26	26525,7	5,57	23030,7	641,772
2000	912,416	14,515	-7833,21	-8609,61	28163,3	6,16	26205,9	661,905
2250	1028,68	14,868	-7083,29	-7975,66	32686	6,72	41206,2	532,754
2500	1153,37	15,275	-6114,35	-7130,18	47771,2	7,25	83766,3	413,481

Системанын толук энтальпиясы (ΔI<0, кДж/кг) жана ички энергиясынын (ΔU<0, кДж/кг) мааниси терс болду (табл. 1). Бул болсо бенз(а)пирендин кычкылтек-суу чөйрөсүндө ажыроосунун жүрүп жаткандыгын далилдейт. $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 системасында конденсирленген фаза /C (к), C_2H_2 (к), табл. 3 / пайда болгон жок, башкача айтканда z = 0. Газ фазасында кинематикалык илээшкектиктин диффузия коэффициентине болгон катышын көрсөтүүчү Прандтлдын критериалдык саны 0,165 тен 0,661 чейин өзгөрдү, демек ал системанын максималдуу энтропиясында эсептөөлөрдүн туура жүргүзүлгөндүгүн тастыктады (теория боюнча Pr газ фазасында бирден кичине болушу керек).

Таблица 2 - **$C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:1:1)** системасында пайда болгон компоненттердин жана бөлүкчөлөрдүн тең салмактуулук курамы жана концентрациялары (моль/кг), P = 0,1 МПа, T = 500 - 2500 К

Курамы	Температура, К				
	500	1000	1500	2000	2500
O	1,93E-22	2,04E-19	1,98E-10	6,05E-06	0,002982
O_2	1,93E-22	3,22E-20	4,51E-11	1,55E-06	0,000796
H	1,81E-20	7,33E-08	0,000539	0,048136	0,728609
H_2	0,204315	19,9934	17,7163	16,5257	15,7188
OH	1,93E-22	4,62E-11	7,53E-06	0,00285	0,098078
HO_2	1,93E-22	1,93E-22	4,78E-14	1,76E-09	9,42E-07
H_2O	19,9196	5,70685	8,71283	9,87833	10,2973
H_2O_2	1,93E-22	4,06E-19	1,7E-12	3,18E-09	2,84E-07
C(c)	13,5602	1,28E-28	1E-30	1E-30	5,75E-29
C	1,93E-22	1,93E-22	1,34E-18	1,41E-13	1,49E-10
CO	0,000726	18,4846	22,2198	23,3882	23,9069
CO_2	9,70834	7,57277	4,20218	3,03379	2,51505
C_2O	1,93E-22	4,87E-19	1,96E-14	4,16E-12	1,09E-10
C_3O_2	1,93E-22	3,79E-13	2,53E-13	2,17E-13	2,09E-13
CH	1,93E-22	1,93E-22	5,06E-17	4,23E-13	9,76E-11
CH_2	1,93E-22	2,98E-17	3,76E-13	4,2E-11	7,13E-10
CH_3	2,67E-18	2,46E-08	1,47E-08	1,15E-08	9,99E-09
CH_4	3,15279	0,364632	2,29E-05	1,97E-07	1,21E-08
C_2H	1,93E-22	9,25E-21	1,48E-16	2,06E-14	4,26E-13
C_2H_2	4,05E-22	6,16E-09	3,77E-10	1,03E-10	5,04E-11
C_2H_3	1,93E-22	5,22E-13	7,62E-14	3,15E-14	1,94E-14
C_2H_4	4,47E-12	1,13E-06	3,41E-11	2,1E-13	1,05E-14
C_2H_5	9,87E-21	9,07E-12	1,81E-15	2,85E-17	2,5E-18
C_2H_6	1,88E-06	1,18E-06	9,96E-14	3,33E-17	2,98E-19
C_3H_8	1,2E-11	1,36E-11	1,16E-21	1,93E-22	1,93E-22
CHO	1,93E-22	8,14E-10	3,69E-07	7,6E-06	4,64E-05
CHO_2	3,55E-21	4,72E-11	3,05E-08	7,47E-07	5,12E-06
CH_2O	4,11E-12	4,02E-06	3,36E-06	3,04E-06	2,89E-06
CH_2O_2	1,4E-08	2,46E-06	1,86E-06	1,66E-06	1,59E-06

$C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:1:1) системасында жөнөкөй майда молекулярдык компоненттер жана бөлүкчөлөрдүн пайда болуусу: O, O_2, H, H_2, OH, HO_2, H_2, OH_2, O_2, C(c), C, CO, CO_2, C_2O, C_3O_2, CH, CH_2, CH_3, CH_4, C_2H, C_2H_2, C_2H_3, C_2H_4, C_2H_5, C_2H_6, C_3H_8, CHO, CHO_2, CH_2O, CH_2O_2, ал эми **$C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:10:1)** системасында C (к), C_2H_2 (к) тибиндеги конденсирленген заттардын орун албашы аныкталды: O, O_2, H, H_2, OH, HO_2, H_2O, H_2O, C, CO, CO_2, CH, CH_2, CH_3, CH_4, C_2H_4, C_2H_6,C_3H, CHO, CHO_2, CH_2O, CH_2O_2, CH_3O, $C_2H_4O_2$, O_3; системалардагы параметрлердин өзгөрүүсү: P = 0,1 МПа, T = 500 - 2500 К (Кемелов К.А., Самбаева Д.А., 2014).

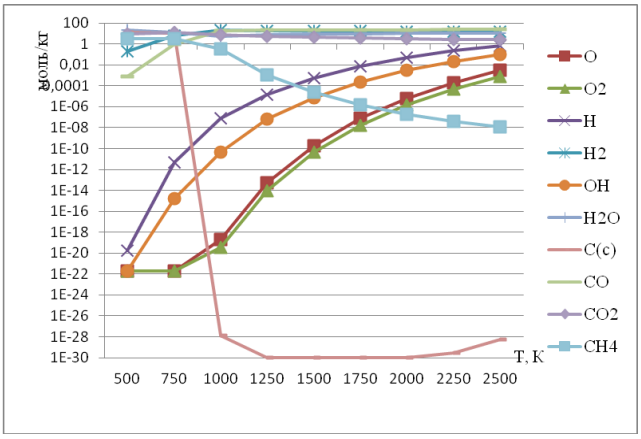
Таблица 3 - **$C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:10:1)** системасында пайда болгон компоненттердин жана бөлүкчөлөрдүн тең салмактуулук курамы жана концентрациялары (моль/кг), P = 0,1 МПа, T = 500 - 2500 К

Курамы	Температура, К				
	500	1000	1500	2000	2500
O	1,93E-22	3,25E-18	2,17E-09	6,12E-05	0,028336
O_2	1,93E-22	7,77E-18	5,23E-09	0,000153	0,068997
H	3,21E-20	5,07E-08	0,000364	0,032052	0,490398
H_2	0,425259	9,06603	7,78161	7,06102	6,83598
OH	1,93E-22	4,83E-10	5,37E-05	0,018505	0,602263
HO_2	1,93E-22	4,58E-21	3,61E-12	1,12E-07	5,28E-05
H_2O	43,0343	39,1724	40,4571	41,1526	40,8565
H_2O_2	1,93E-22	4,22E-17	8,32E-11	1,29E-07	1,03E-05
C	1,93E-22	1,93E-22	1,26E-20	1,8E-15	2,3E-12
CO	0,000304	0,917209	2,20236	2,9167	3,37049
CO_2	4,21556	5,68807	4,40314	3,6888	3,235
CH	1,93E-22	1,93E-22	3,09E-19	3,47E-15	9,75E-13
CH_2	1,93E-22	4,21E-20	1,49E-15	2,21E-13	4,6E-12
CH_3	1,73E-18	2,28E-11	3,79E-11	3,88E-11	4,16E-11
CH_4	2,38964	0,000222	3,85E-08	4,27E-10	3,27E-11
C_2H_4	8,99E-13	2,14E-12	5,18E-16	5,6E-18	4,21E-19
C_2H_6	5,19E-07	9,65E-13	6,4E-19	3,67E-22	1,93E-22
C_3H_8	1,21E-12	1,49E-20	1,93E-22	1,93E-22	1,93E-22
CHO	1,93E-22	2,65E-11	2,38E-08	6,08E-07	4,23E-06
CHO_2	1,81E-21	2,33E-11	2,08E-08	5,83E-07	4,25E-06
CH_2O	2,36E-12	8,6E-08	1,41E-07	1,56E-07	1,7E-07
CH_2O_2	8,34E-09	7,96E-07	8,26E-07	8,31E-07	8,56E-07
CH_3O	1,93E-22	1,94E-17	3,37E-15	3,9E-14	1,79E-13
$C_2H_4O_2$	2,71E-11	2,53E-13	1,83E-16	4,22E-18	4,72E-19
O_3	1,93E-22	1,93E-22	1,93E-22	5,59E-18	1,61E-12

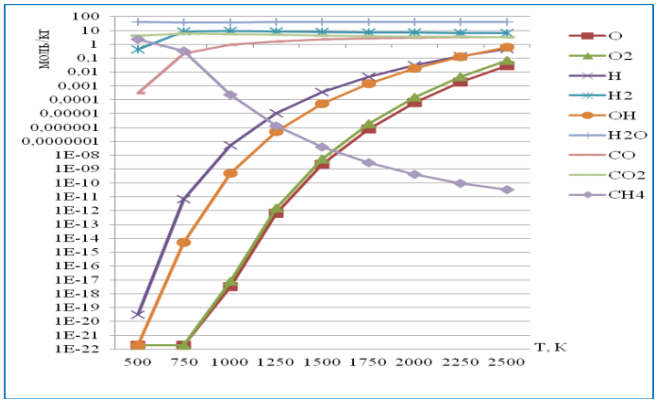
$C_{20}H_{12}$-O_2 системасына сууну кошкондо газ фазасында конденсирленген көмүртектин (C_c) жана ацетилендин кескин азайгандыгы байкалды (сүрөт 10): температура 500К C(c) = 13,5602 моль/кг; ал эми 2000 К, C(c) = 1E-30 моль/кг. Ал эми $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 системасында суунун көлөмүн жогорулатканда, б.а. алгачкы заттардын (1:10:1) катышында, (C_c) жана C_2H_2 пайда болгон жок (сүрөт 11) жана алар менен бирге метандын да азайгандыгы байкалды.

Бенз(а)пиренди ыштын пайда болуусундагы орто аралык өндүрүм катары кароо менен, ароматикалык көмүртектүү суутектердин күйүү процессинде ышка / C(c) / өтөрү түз конденсациянын негизинде болоору байкалды. Бул жерде, ароматикалык көмүртектүү суутектердин синтездик кинетикалык схемасында орун алган ацетилен негизги маниге ээ (табл. 2: 500 К, C_2H_2 = 4,05E-22 моль/кг; 1000 К, 6,16E-09; 1500 К, 3,77E-10; 2000 К,

1,03E-10; 2500 К, 5,04E-11). Ошондуктан, алифатикалык көмүртектүү суутектердин ичинен ацетиленди жагууда бенз(а)пирендин чыгышы эн жогору, б.а. ал процессте Н/С катышы экинчилик мааниде (Лукачев С. В., 1999; Бакиров Ф.Г., 1989). Ал эми мазут-суу эмульсиясын жагууда негизги параметр болуп, аралашманын курамы эсептелет.Тескери эмульсияны колдонууда абанын ашыкча өлчөмдүк коэффициенти (α), суюк отундагы суунун өлчөмү (10 - 15%) чоң маниге ээ (табл. 3 и 4). Мисалы, күйүү процессинде абанын ашыкча өлчөмдүк коэффициенти α>0,6 болгондо түтүн газдарындагы бенз(а)пирендин концентрациясы фондук деңгээлден ашпайт.



Сүрөт 10. **$C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:1:1)** системасындагы компоненттердин жана бөлүкчөлөрдүн концентрациялык таралышы



Сүрөт 11. **$C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:10:1)** системасындагы компоненттердин жана бөлүкчөлөрдүн концентрациялык таралышы

Отун-аба аралашмасын суу кошуу менен гомогендештирүү түтүн газдарындагы зыяндуу заттардын, анын ичинде ыштын концентрациясын азайтууга мүмкүнчүлүк берди (Маймеков З.К., Самбаева Д.А., Кемелов К.А.: ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М өндүрүштүк мештери). $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 системасын конверсиялоонун негизги өндүрүмдөрү аныкталды (табл. 4).

Таблица 4 - Бенз(а)пирен - суу - кычкылтек системасынын ажыроосун физикалык-химиялык моделдештирүү жана газ фазасындагы көмүртекти, суутекти жана кычкылтекти кармаган бирикмелердин концентрацияларын эсептөө

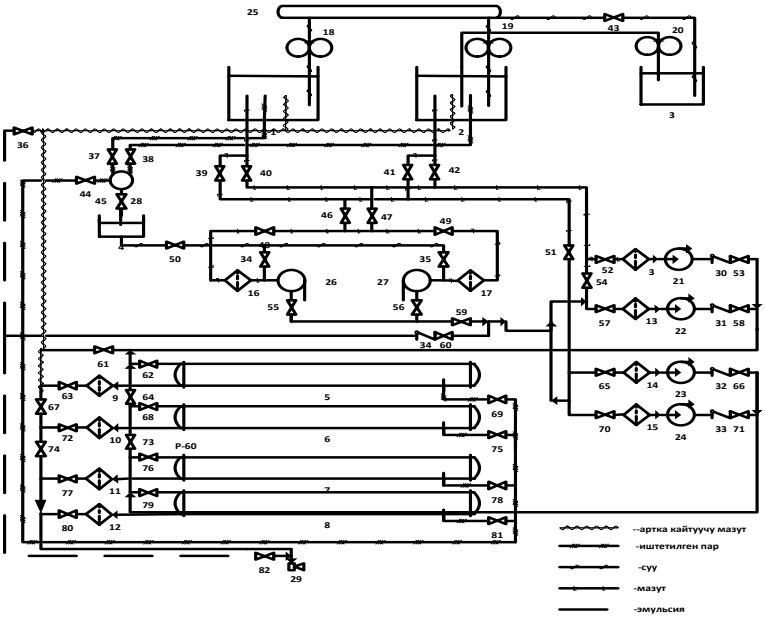
Система	концентрациялардын өзгөрүү чеги, моль/кг							
	H_2	H	CO	CO_2	CH_4	H_2O	C_2H_2	C(c)
$C_{20}H_{12}$-O_2 (1:1)	0,08193-11,4648	9,25E-21-0,561841	0,000611-31,2507	10,4951-8,85E-05	0,773786-0,000472	10,2604-0,000202	1,93E-22-0,130483	28,3636-8,061
$C_{20}H_{12}$-H_2O (1:1)	0,355781-38,5174	2,41E-20-1,28913	0,000444-27,7538	3,54117-4,45E-05	9,30844-0,0034	20,6716-0,000385	7,05E-22-0,438373	26,783-10,839
$C_{20}H_{12}$-H_2O-O_2 (1:1:1)	0,204315-15,7188	1,81E-20-0,728609	0,000726-23,9069	9,70834-2,51505	3,15279-1,21E-08	19,9196-10,2973	4,05E-22-5,04E-11	13,5602-5,75E-29
$C_{20}H_{12}$-H_2O-O_2 (1:10:1)	0,425259-6,83598	3,21E-20-0,490398	0,000304-3,37049	4,21556-3,235	2,38964-3,27E-11	43,0343-40,8565	-	-

Төртүнчү таблицада H, H_2, OH, H_2O, O, O_2, C(c), CO, CH_4, CO_2 өлчөмдөрү берилди. $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:10:1) системасындагы суунун өлчөмү көбөйгөндө конденсирленген С(к) көмүртек (ыш) жана ацетилен пайда болгон жок (сүрөт 11, табл. 3). Демек, газ фазасында бенз(а)пирен өтө аз санда кармалат, же пайда болбойт. Ошентип, газ фазасындагы ыштын курамында бенз(а)пирендин концентрациясын азайтуу процессинде негизги параметр болуп, системадагы суутектин көмүртекке болгон катышы (H/C) эсептелет. Суутектин көмүртекке болгон катышынын жогорулашы менен газ фазасында ыш азаят, аны менен бирге, бенз(а)пирендин концентрациясы төмөндөйт. Жогоруда келтирилген жагдайларды эске алып, практикалык шартта ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги өндүрүштүк мештерде мазутту (М40, М100) мазут - суу эмульсиясына айландыруу жана ал аралашма күйгөндө пайда болгон ыштагы бенз(а)пирендин өлчөмүн азайтуу каралды (Маймеков З.К., Самбаева Д.А., Кемелов К.А.).

ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги өндүрүштүк мештерде мазут-суу эмульсиясын (МСЭ) колдонуу, жагуунун принципиалдык технологиялык схемасын иштеп чыгуу жана бенз(а)пирендин концентрациясынын газ фазасында азайтуу

Бенз(а)пирен - суу - кычкылтек /$C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:10:1)/ системасын изилдөөдө конденсирленген көмүртек (ыш) жана ацетилен пайда болгон жок, натыйжада бенз(а)пирендин газ фазасындагы өлчөмү кыйла азайды (табл. 3 - 4). Бул алынган жыйынтыктарды практикалык түрдө тескөө максатында Бишкектеги коммуналдык жылуулук түйүндүн айрым ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги өндүрүштүк мештеринде колдонулган мазутту, мазут-суу эмульсиясына, б.а. тескери эмульсияга айландыруу процесси каралды. Мазут-суу эмульсиялары ротордук-пульсациялык аппараттын жардамы менен алынды (Маймеков З.К., Самбаева Д.А. ж.б.

Роторно-пульсационный аппарат для приготовления водотопливных эмульсий - предпатент КР № 274 по заявке №970136.1 от 31.10.1997) жана анын негизинде мазут-суу эмульсиясын даярдоочу жана аны жагуунун технологиялык схемасы түзүлдү (сүрөт 12). Жумушта мазуттагы баштапкы суунун кармалышы эске алынып (5 %) жана анын өлчөмүн 10 % чейин таштанды суу менен толуктоо жүргүзүлдү. Аппаратагы кавитациялык эффекттин негизинде эң майда дисперстик мазут-суу эмульсиясы алынды. Даярдалган эмульсиялык аралашма күйүү зонасына берилип, ал жерде мазут-суу эмульсияларынын жарылуу процесси жүрдү. Буу казанда ысып турган майга суу кошкондо суунун чачырашы сыяктуу процесс жүрөт, б.а. суунун кайноо температурасы 100°С болсо, мазуттуку 300°С. Ошондуктан, суу биринчи кайнап, органикалык суюктукту экинчи жолу майдалануга дуушар кылды, аны менен бирге мазут-суу эмульсияларынын тамчылары абадагы кычкылтек менен тийишүү бетинин аянты жогорулап, отундун толук күйүшүн камсыздады. Натыйжада, газ фазасындагы зыяндуу заттардын (азоттун, көмүртектин кычкылдарынын, ыштын, көмүртектүү суутектердин концентрациялары азайды, табл. 5 жана 6).



Сүрөт 12. Коммуналдык жылуулук түйүндүн ДКВР-4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги өндүрүштүк мештеринде мазут-суу эмульсиясын колдонуу жана жагуунун принципиалдык технологиялык схемасы (Маймеков З.К., Самбаева Д.А., Кемелов К.А.): 1, 2 - көлөмдөр V = 500 м^3, 3 - суу көлөмдөрү, 4 - жумушчу суу идиши, 5 - 8 - жылуулук аппараттары, 9 -17 - биринчилик фильтрлер, 18 - 19 - суу насостору, 20 - мазуттук насостор, 21 - 24 - жумушчу насостор, 25 - суу чогултуучу идиштер, 26 - 27 - ротордук-пульсациялык аппарат, 28 - буу муздаткычы, 29 - отунду берүүчү форсункалар, 30 - 34 - тескери клапандык жапкычтар, 34, 35 - клапандар, 36 - 81 - кыпчуурлар.

Газ фазасындагы бенз(а)пирендин пайда болуусу, азайуусу диссертациялык иште толук каралды. Бенз(а)пирендин газ фазасындагы ыштын курамындагы кармалышы эксперименталдык ыкма менен аныкталды. Өндүрүштүк мештерден чыккан түтүн газы Vortex ultra flow жана УГ-2 насостору аркылуу тартылып, фильтр кагазында ыштын үлгүсү кармалды. Андан ары үлгү ацетонитрилде эритилди. Алынган эритмедеги бенз(а)пирендин кармалышын аныктоо үчүн хроматографиялык ыкма колдонулду. Бенз(а)пирендин ($C_{20}H_{12}$) өлчөмү анын концентрациясынын (нг/м^3) хроматографиялык бийиктиктин аянтынан көз карандылыгы боюнча эсептелди (сүрөт 9). Бенз(а)пирендин максималдык концентрациясы 0,385 мкг/м^3 түздү. Анализденген газ - аба аралашмасынын көлөмүн эске алуу менен каралган өндүрүштүк мештер үчүн бенз(а)пирендин чектүү деңгээлдеги ыргытуусу (ЧДЫ же ПДВ) эсептелди. Мазут-суу эмульсиясын жагууда бенз(а)пирендин газ фазасында азайуусу белгиленди (табл. 5 и 6).

Натыйжада, Бишкектеги коммуналдык жылуулук түйүндүн ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги өндүрүштүк мештеринде отун катары мазут-суу эмульсияларын жагуу менен бенз(а)пирендин концентрациясын 53 ден 61% чейин азайтууга мүмкүнчүлүк түзүлдү жана аны менен бирге, бенз(а)пирендин суу-кычкылтек чөйрөсүндө кычкылдануу процессин моделдөөдө алынган жыйынтыктар тажрыйба жүзүндө тастыкталды, б.а. $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 (1:10:1) системасында суунун катышы көбөйгөндө конденсирленген көмүртек (ыш) жана ацетилендин пайда болушу күтүлгөн жок (табл. 3). Ал эми, өтө аз өлчөмдөгү анын (C_2H_2) негизги булагы катары күйүү зонасына кирбеген, түздөн түз шартта табигый түрдө бууга айланган мунайзаттын курамындагы полиароматикалык көмүртектүү суутектер болуп эсептелет.

Таблица 5 -Өндүрүштүк мештердин мүнөздөмөлөрү жана мазут-суу эмульсиясын жагууда газ фазасындагы бенз(а)пирендин концентрациясынын азайышы

Өндүрүштүк мештер	ПТВМ - 30М	ДКВР - 4/13
H, м	40	40
D, м	2	2
V, м^3/сек	39,72	2,5
$T_{т.ж.}$, ^oC	185	185
τ, жыл	0,581	-
U, м/с	3,7	3,7
$C^{мазут}_{бензапирен}$, 10^{-5}, мг/м^3	38,5	31,5
$m^{мазут}_{бензапирен}$, 10^{-6}, т/жыл	280,1	24,83
$C^{МСЭ}_{бензапирен}$, 10^{-5}, мг/м^3	18	12
$m^{МСЭ}_{бензапирен}$, 10^{-6}, т/жыл	130,72	9,48
$C_{20}H_{12}$ азайышы, %	53	61

Таблица 6 - Газдагы зыяндуу заттардын концентрациясынын азайышы

Газдагы зыяндуу заттар	Абага ыргытылган зыяндуу заттардын концентрациялары, мг/м^3					
	Меш ДКВР -4/13			Меш ПТВМ -30М		
	мазут	СМЭ	азайышы, %	мазут	СМЭ	азайышы, %
Күкүрт кычкылы	372	352	5,38	341	320	6,15
Азот кычкылы	112	47	58,03	108	44	59,26
Көмүртек кычкылы	310	140	54,84	295	125	57,82
Мунайзат, C_xH_y	420	200	52,38	320	150	53,12
Ыш	55	21	61,19	30	14	53,33
Бенз(а)пирен,10^{-5}	31,5	12	61,18	38,5	18	53,24

Алынган эксперименталдык жыйынтыктардын негизинде кичи жана орто кубаттуулуктагы мештерден абага чыккан түтүн газдарындагы зыяндуу заттардын, алардын ичинде бенз(а)пирендин, айлана чөйрөгө келтирген зыяндуулугунун коромжулук өлчөмдөрү эсептелди (диссертацияны кара). Натыйжада, мазут-суу эмульсиясын жагууда түтүн газдарындагы ыштын курамында кармалган бенз(а)пирендин өлчөмү 53 төн 61% азайды жана бул жыйынтык реакцияга кирген фазалардын беттик тийишүү аянтынын жогорулашы, мазут-суу эмульсияларынын толук күйүшү менен шартталды.

ЖЫЙЫНТЫКТАР

1. Бенз(а)пирен-кычкылтек, бенз(а)пирен - суу, бенз(а)пирен - суу - кычкылтек ситемалары биринчи жолу изилденди жана алардын жылуулук, илээшкектүүлүк касиеттеринин жана параметрлеринин өзгөргөндүгү белгиленди. Системалардагы компоненттердин жана бөлүкчөлөрдүн газ-суюктук агымдарынын ар кандай катыштарындагы жана температуралык маанилериндеги (T=500-2500 K) тең салмактуулук курамы жана концентрациялары эсептелди. Бенз(а)пирен түтүн газдарындагы ыштын / C(c) / пайда болуу процессиндеги орто аралык зат экендиги тастыкталды.

2. Бенз(а)пиренди аныктоонун методологиясы иштелип чыкты жана ал төмөнкү кадамдардан турду: түтүн газдарынын агымын фильтр аркылуу өткөрүү менен ыштын үлгүсүн алуу, фильтрдеги үлгүнү ысык ацетонитрилде эритүү, бенз(а)пиренди экстракциялоо жана эритмедеги $C_{20}H_{12}$ кармалышын спектралдык-флуоресценттик жана жогорку басымдагы газ-суюктук хроматографиялык аппараттардын жардамы менен сандык аныкталды.

3. Гетерогендик татаал бенз(а)пирен-суу-кычкылтек системасынын / $C_{20}H_{12}$-H_2O-O_2 (1:10:1) / ажыроосун физикалык-химиялык моделдөөдө, системада конденсирленген көмүртектин (ыштын, z=0) жана ацетилендин пайда болбошу аныкталды, башкача айтканда, суутек менен көмүртектин (H/C) катышынын жогорулашы, газ фазасында ыштын пайда болуу интенсивдүүлүгүн азайтат жана бенз(а)пирендин концентрациясын төмөндөтөт.

4. Бишкектеги коммуналдык жылуулук түйүндүн ДКВР- 4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги кичи жана орто кубаттуулуктагы өндүрүштүк мештеринде мазут-суу эмульсиясын колдонуу жана жагуунун принципиалдык технологиялык схемасы иштелип чыкты. Мазут-суу эмульсиясын жагууда түтүн газдарындагы ыштын курамында кармалган бенз(а)пирендин өлчөмү 53 төн 61% азайды. Алынган натыйжа реакцияга кирген фазалардын беттик тийишүү аянтынын чоңойушу, мазут-суу эмульсия тамчыларынын абадагы кычкылтекте толук күйүшү менен шартталды.

5. ДКВР- 4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги кичи жана орто кубаттуулуктагы өндүрүштүк мештерден чыккан зыяндуу заттардын (SO_2, NO_x, CO, C_xH_y), алардын ичинде, түтүн газдарындагы бенз(а)пирендин өлчөмүн азайтуу иш чараларындагы айлана чөйрөгө келтирилген экологиялык коромжу эсептелди.

ДИССЕРТАЦИЯ БОЮНЧА ЖАРЫККА ЧЫККАН МАКАЛАЛАРДЫН ТИЗМЕСИ

1. Кемелов, К.А. Изучение системы $C\text{-}H_2O\text{-}O_2$ при различных соотношениях воды с целью снижения концентрации сажи в газовой фазе [Текст] / К.А. Кемелов, Д.А. Самбаева, З.К. Маймеков // Известия Вузов. - Бишкек, 2013. -№ 1. - С. 79-82.

2. Кемелов, К.А. Влияние воды в водотопливной эмульсии на процессы образования бенз(а)пирена в газовой фазе [Текст] / К.А. Кемелов, М.Б. Молдобаев, Ж.Б. Изаков, З.К. Маймеков // Известия КГТУ им. И. Раззакова. - Бишкек, 2013. - №28. - С. 359 - 362.

3. Кемелов, К.А. Окисление бенз(а)пирена в среде кислорода и энергетические параметры процесса [Текст] / З.К. Маймеков, Д.А. Самбаева, К.А. Кемелов, М.Б. Молдобаев //Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2013. - Вып.3(41). - С.129 - 133.

4. Кемелов, К.А. Окисление бензола в среде вода - кислород и снижение концентрации углеводородов нефти в газовой фазе [Текст] / З.К. Маймеков, Д.А. Самбаева, К.А. Кемелов, М.Б. Молдобаев // Вестник КНАУ. - Бишкек, 2013. - №2. - С.229-230.

5. Кемелов, К.А. Окисление бенз(а)пирена в кислородной среде с целью лимитирования влияния диоксида углерода на изменение климата [Текст] / З.К. Маймеков, Д.А. Самбаева, К.А. Кемелов // Вестник КРСУ. - Бишкек, 2015. - Т. 15. - №1. - С. 154 - 157.

6. Kemelov, K.A. Physico-chemical basis of thermal destruction of benz(a)pyrene and reducing their concentration in gas phase [Текст] / K. Kemelov, Z. Maymekov, D. Sambaeva // Waset' (World Academy of Science, Engineering and Technology). - Berlin, 2015. - P. 753 - 757.

7. Кемелов, К.А. Экологические проблемы детоксикации хлорорганических токсичных веществ [Текст] / З.К. Маймеков,

Д.А. Самбаева, М.Б. Молдобаев, Ж.Б. Изаков, К.А. Кемелов // Межд. научно-прак. конф. III Urkumbayev readings. - Тараз, 2015. - С. 29 - 33.
8. Кемелов, К.А. Влияние воды в водотопливных эмульсиях на процессы снижения концентрации сажи в газовой фазе [Текст] / К.А. Кемелов, М.Б. Молдобаев, Д.А. Самбаева, З.К. Маймеков // Проблемы региональной экологии. - Москва, 2016. - №4. - С. 30 - 36.
9. Кемелов, К.А. Производственно-хозяйственная деятельность коммунального предприятия «Бишкектеплоэнерго» и отдельные воздухоохранные мероприятия в котлоагрегатах средней и малой мощности. [Текст] / Д.А. Самбаева, З.К. Маймеков, К.А. Кемелов, М.Б. Молдобаев, Ж.Б. Изаков, А.М. Маратбекова // Научно-обр. журнал Инженер. - Бишкек, 2017. - №15 - С. 63 - 69.
10. Кемелов, К.А. Деструкция отработанного совтола в электротрансформаторах на основе использования смеси оксида магния-воды- кислорода при высоких температурах [Текст] / З.К. Маймеков, Д.А. Самбаева, Ж.Б. Изаков, К.А. Кемелов М.Б. Молдобаев, А.М. Маратбекова // Научно-обр. журнал Инженер. - Бишкек, 2017. - №15. - С. 58 - 63.
11. Kemelov, K.A. Physical and Chemical Modeling of Toxic Electrical Insulating Liquids Decomposition and Reduction of Chlorine-Containing Substances Concentration in the Gas-Phase [Текст] / Z. Maymekov, D. Sambaeva, J. Izakov, M. Moldobayev, K. Kemelov // The Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress. - Bishkek, 2017. - P. 134-139.
12. Кемелов, К.А. Деструкция отработанных электроизоляционных жидкостей трансформаторов в среде: оксид магний – вода - кислород [Текст] / З.К. Маймеков, Д.А. Самбаева, У.З. Маймеков, Ж.Б. Изаков, К.А. Кемелов М.Б. Молдобаев // Проблемы региональной экологии. - Москва, 2017. - №4. - С. 88 - 95.

ШАРТТУУ БЕЛГИЛЕР

ПАК - полициклдик ароматикалык көмүртектүү суутектер; БП - бенз(а)пирен; ДКВР - эки барабандуу суу ысытуучу меш; ПТВМ - газ - мазут менен иштөөчү суу ысытуучу меш; ЧДК - чектүү деңгээлдеги концентрация; ЧДЫ - чектүү деңгээлдеги ыргытуу; ЖБСХ - жогорку басымдагы суюктук хроматографиясы; С - жумушчу концентрация, кг/м^3; С* - тең салмактуулук концентрация, кг/м^3; Ср - бирдик жылуулук сыйымдуулук, кДж/(кг·К); I - энтальпия, кДж/кг; Lt - жылуулук өткөрүмдүүлүк коэфициенти, Вт/(м·К); Mu - динамикалык илээшкектүүлүк, Па·с; Pr - Прандтлдын саны; S - энтропия, кДж/(кг·К); U - ички энергия, кДж/кг; V - бирдик көлөм, м^3/кг; z - конденсирленген фазанын массалык үлүшү; Т - температура, К (же ^{o}С); Н - мордун бийиктиги, м; D - мордун диаметри, м; $T_{т.г.}$ - мордун ичиндеги газдын температурасы, К (же ^{o}С); $V_г$ - газдын көлөмдүк сарпталышы, м^3/сек; $U_г$ - газдын ылдамдыгы, м/с; У - экологиялык коромжу, сом/жыл.

Кемелов Кубат Амантуровичтин

«Мазут-суу эмульсиясындагы суунун бенз(а)пирендин газ фазасында пайда болуу жана азайуу процессине болгон таасири» темада 25.00.36 - геоэкология адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын алууга талаптанып жазылган диссертациясынын

КОРУТУНДУСУ

Негизги сөздөр: модель, система, бенз(а)пирен, суу, кычкылтек, мазут, эмульсия, процесс, фаза, анализ

Изилдөө объектиси: бенз(а)пирен - кычкылтек, бенз(а)пирен - суу, бенз(а)пирен - суу - кычкылтек, мазут-суу системалары.

Изилдөөнүн маңызы. Бенз(а)пирендин ажыроосу, системалардын термодинамикалык жана энергетикалык мүнөздөмөлөрү; бенз(а)пирендин спектралдык-флуоресценттик, суюктук хроматографиялык анализдери; мазут-суу тескери эмульсиясынын кычкылданышы, процесстин технологиялык схемасы жана зыяндуу заттардын келтирген экологиялык коромжусун эсептөө жана аны азайтуу жолдору.

Иштин максаты: Түтүн газындагы бенз(а)пирендин концентрациясын ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М тибиндеги өндүрүштүк мештерде мазут-суу эмульсиясын даярдоо жана жагуу менен айзайтуу.

Изилдөөнүн ыкмалары жана жабдуулар: энтропиянын максималдык абалында гетерогендик бенз(а)пирен - суу - кычкылтек системасынын ажыроосун физика-химиялык моделдештирүү, бенз(а)пирендин спектралдык - флуоресценттик, суюктук хроматографиялык анализдери; системадагы компонент жана бөлүкчөлөрдүн тең салмактуулук курамын жана алардын концентрациялык таралышын эсептөө, мештен чыккан түтүндөгү бенз(а)пирендин өлчөмүн газ фазасында азайтуу иш чаралары, экологиялык коромжуну баалоо. Жабдуулар: хроматографтар Agilent 7890 (GC); Agilent 1200(HPLC), «Waters 2690 Separations Module», спектрометр «Fluromax-4».

Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыктары. Бенз(а)пирен - суу - кычкылтек системасы температуранын , агымдардын ар кыл маанисинде жана катнашында изилденди. Газдагы көмүртек, суутек, кычкылтекти кармаган компоненттердин жана бөлүкчөлөрдүн концентрациялык таралышы табылды. Кичи жана орто кубаттуулуктагы меште мазут-суу эмульсиясын жагууда пайда болгон ыштагы бенз(а)пирендин өлчөмү элүү пайыздан ашык азайды. Процесстин технологиялык схемасы түзүлдү. Түтүндөгү зыяндуу заттардын өлчөмүн газ фазасында азайтуудагы коромжунун чоңдугу экологиялык бааланды.

Колдонуу сунуштары. Бенз(а)пирен - суу - кычкылтек системасынын геоэкологиялык, химиялык, физикалык-химиялык, термодинамикалык жыйынтыктары жана бенз(а)пиренди эксперименталдык аныктоо методологиясы геоэкология билим багытында колдонулушу ыктымал.

Колдонуу чөйрөсү. Мазут-суу эмульсиясын алуу жана жагуунун технологиялык схемасы өндүрүштүк мештерде зыяндуу заттардын өлчөмүн азайтууда керектүү.

РЕЗЮМЕ

кандидатской диссертация Кемелова Кубата Амантуровича «Влияние воды в водомазутных эмульсиях на процессы образования и снижения бенз(а)пирена в газовой фазе» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.36 - геоэкология.

Ключевые слова: модель, система, бенз(а)пирен, вода, кислород, мазут, эмульсия, процесс, фаза, анализ

Объект исследования: системы бенз(а)пирен - кислород, бенз(а)пирен - вода, бенз(а)пирен - вода - кислород, мазут - вода.

Предмет исследования: деструкция бенз(а)пирена; термодинамические и энергетические их характеристики системы; спектральные - флуоресцентные и жидкостные - хроматографические анализы бенз(а)пирена; окисление водомазутной эмульсии, технологическая схема процесса, экологическая оценка величины ущерба загрязняющих веществ на окружающую среду и пути ее снижения.

Цель исследования: снижение концентрации бенз(а)пирена в дымовых газах путем приготовления и сжигания водомазутных эмульсий в котлоагрегатах типа ДКВР - 4/13 жана ПТВМ - 30М.

Методы исследования и аппаратура: физико-химическое моделирование деструкции гетерогенной системы: $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 при максимуме энтропии; спектральные - флуоресцентные, жидкостные-хроматографические анализы бенз(а)пирена; расчет равновесных составов и распределение концентраций компонентов и частиц в газовой фазе; снижение концентраций бенз(а)пирена в сажевых частицах дымовых газов котельной и экологическая оценка величины ущерба загрязняющих веществ. Аппаратура: хроматографы Agilent 7890 (GC); Agilent 1200(HPLC), «Waters 2690 Separations Module», флуоресцентный спектрометр «Fluromax-4».

Полученные результаты и их новизна. Изучена система бенз(а)пирен - вода - кислород при различных значениях температуры и соотношениях газо-жидкостных потоков. Установлено концентрационное распределение углерод, водород и кислородсодержащих компонентов, и частиц в газовой фазе. В процессе сжигания водомазутных эмульсий в котлоагрегатах малой и средней мощности концентрация бенз(а)пирена в газовой фазе снизилась более чем на 50%. Разработана технологическая схема процесса сжигания водомазутных эмульсий. Осуществлена экологическая оценка величины ущерба (У) загрязняющих веществ дымовых газов в газовой фазе.

Рекомендации по использованию. Геоэкологические, химические, физико-химические, термодинамические параметры системы бенз(а)пирен – вода-кислород и методология экспериментального определения бенз(а)пирена могут быть использованы в специальных курсах геоэкологии.

Область применения. Технологическая схема по приготовлению и сжиганию водомазутной эмульсии в промышленных котлоагрегатах полезны при снижении концентраций загрязняющих веществ в окружающей среде.

RESUME

of the dissertation of Kemelov Kubat on the theme «Effect of water in water - fuel emulsion on formation and reduction processes of benz(a)pyrene in gas phase» presented for the candidate of technical science degree on speciality 25.00.36 – geoecology

Keywords: model, system, benz(a)pyrene, water, oxygen, fuel oil, emulsion, process, phase, analysis

Object of study: systems benz(a)pyrene-oxygen, benz(a)pyrene-water, benz(a)pyrene - water - oxygen, fuel oil-water.

The subject of research: destruction of benz(a)pyrene; thermodynamic and energy characteristics of the system; spectral - fluorescent and liquid - chromatographic analyzes of benz(a)pyrene; oxidation of water-oil emulsion, process flow diagram, environmental assessment of the magnitude of damage to pollutants on the environment and ways of reduction.

Objective of the study: reducing the concentration of benzo(a)pyrene in flue gases by preparing and burning water-oil emulsions in boilers of DKVR-4/13 and PTVM - 30M types.

Research methods and equipment: physico-chemical modeling of the destruction a heterogeneous system: $C_{20}H_{12}$ - H_2O - O_2 at maximum of entropy; spectral - fluorescent, liquid chromatographic analyzes of benzo-(a)-pyrene; the calculation of equilibrium compositions and the distribution of the concentrations of components and particles in the gas phase; reduction of benz(a)pyrene concentrations in the soot particles of the flue gases of the boiler units and the environmental assessment of the amount of damage to pollutants. Equipment: Agilent 7890 chromatographs (GC); Agilent 1200 (HPLC), «Waters 2690 Separations Module», fluorescence spectrometer «Fluromax-4».

The results and their novelty. The system of benz-(a)-pyrene - water - oxygen was studied at various temperatures and ratios of gas-liquid flows. The concentration distribution of carbon, hydrogen and oxygen-containing components and particles in the gas phase has been established. In the process of burning water-oil emulsions in low and medium power boiler units, the concentration of benz (a) pyrene in the gas phase decreased by more than 50%. A flow chart of the process of burning water-oil emulsions has been developed. An environmental assessment of the magnitude of damage to flue gas pollutants has been carried out.

Recommendations for use. Geoecological, chemical, physicochemical, thermodynamic parameters of the benz (a) pyrene - water - oxygen system, the methodology for the experimental determination of benzo (a) pyrene can be used in special courses on geoecology.

Application area. Technological scheme for the preparation and combustion of the water-oil emulsion in industrial boiler units is beneficial for reducing the concentrations of pollutants in the environment.