

## Хэт авиа ба гидродинамик кавитацийн багаж төхөөрөмж, уургийн сонохемилюминесценцийн судалгаа

Д.Нямаа, Д.Найдан, Р.Хоролжав

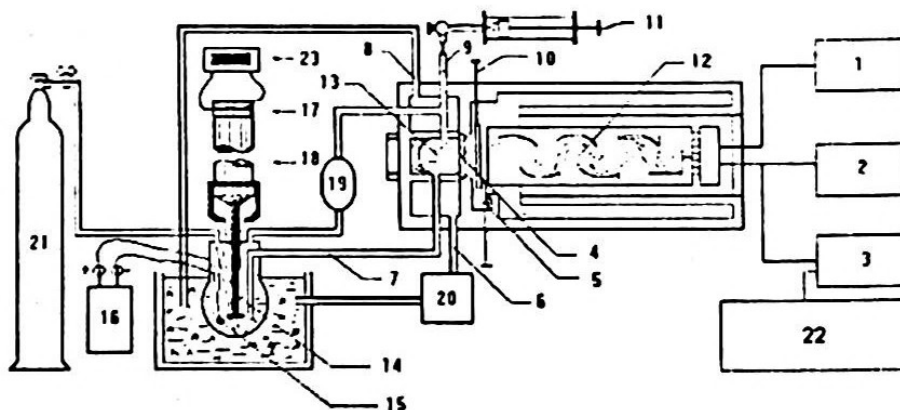
ШУА-ийн физик технологийн хүрээлэн, биофизик спектроскопын салбар

*Түлхүүр үг: сонолюминометр; хэт авианы кавитаци; сонохемилюминесценци*

**Товч утга.** Пьезокерамик үүсгүүр бүхий сонолюминометр, гидродинамик кавитацийн үүсгүүрийн хэд хэдэн шинэ хувилбаруудыг зохион бүтээж туршилтаа хэт авианы кавитацийн нөлөөгөөр шингэнд үүсэх чөлөөт радикалын гинжин урвалын өдөөгдсөн завсрын бүтээгдхүүн идэвхээ алдахдаа (дезактивация) сонохемилюминесценци үүсгэдгийг амин хүчил, пептид, уургийн усан уусмалд илрүүлж, судласан үр дүнгээс энд өгүүлнэ.

### Пьезокерамик үүсгүүртэй сонохемилюминесценцийн Төхөөрөмж

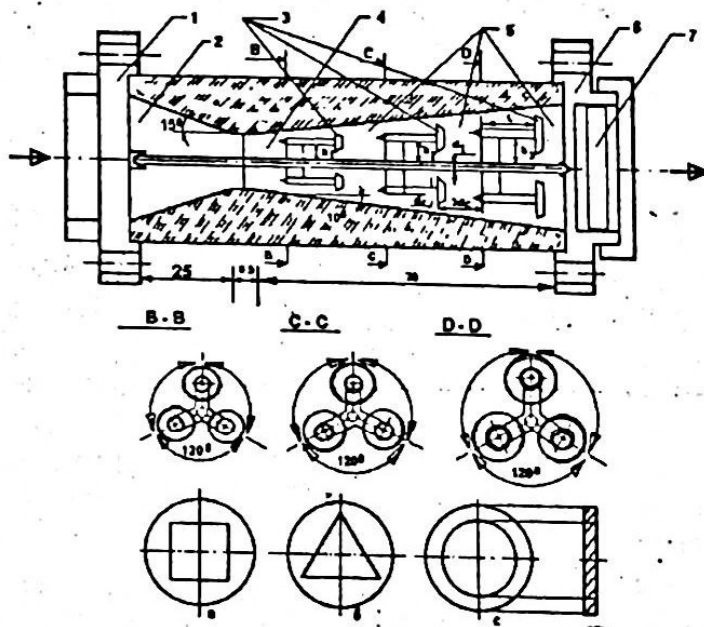
Пьезокерамик ( $BaTiO$ ) үүсгүүр бүхий бидний зохион сонохемилюминесценцийн (СХЛ) интеграл эрчмийг бүртгэсэн болно [1].



Зураг 1. 22 кгц давтамжтай пьезокерамик үүсгүүр бүхий сонохемиллюметрийн схем; 1- өндөр хүчдэлийн тэжээл, 2- осциллограф, 3- тохируулгатай өөрөө бичигч өсгөгч  $\times 100$ , 4- кварцан цонх, 5- радио идэвхтэй стандарт изотоп, 7,9- дээж оруулах, гаргах хоолойт, 6,8- хөргөлтийн шингэний хоолой, 10- дууны долгионы хамгаалалт, 11,19- микронасос ба шприц, 12- фото электрон үржүүлэгч фэу-39а, 13- дээж байрлах ковет, 14- титанан хушуу, 15- терморпар, 16- микроамперметр м82, 17- пьезокерамик титанат барий үүсгүүр, 18- концентратор (дууны долгионыг цуглуулагч), 20- хөргөлтийн шигэнийг сэлгэх насос, 21- аргонтай баллон, 22- компьютер digital hiholet, 23- хэт авианы генератор,

## Кавитацийн гидродинамик үүсгүүрүүд (хэт авианы технологи)

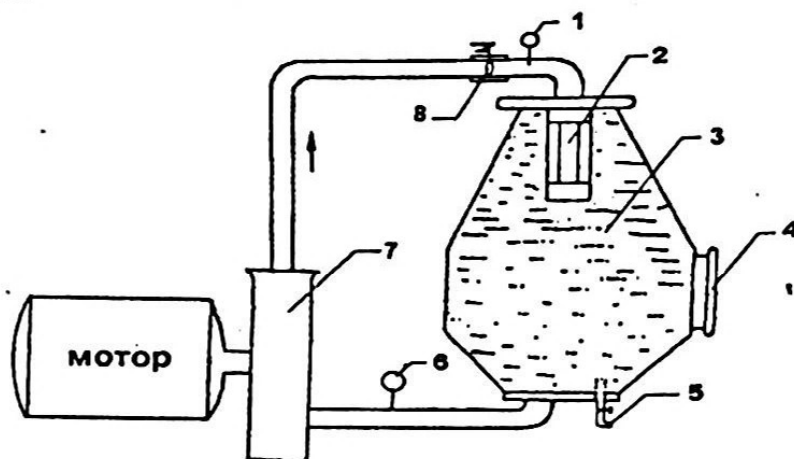
Бид кавитацийг гидродинамикийн аргаар гаргаж авах зорилгоор хэд хэдэн үүсгүүр зохион бүтээж туршилт хийв [2,3,5]. Гидродинамик кавитацийг шингэний урсгалд янз бүрийн кавитаторуудыг байрлуулж, урсгалын хурд, даралтыг ихэсгэх замаар гаргаж болно. Тэнхэлэг тэгш хэмтэй, дотор нь кавитаторууд байрлуулсан лавалын нүх ба вентурын хоолойн конфузор-диффузорыг ашиглаж хийсэн гидродинамик үүсгүүрийн (ГҮ), схемийг зураг 2-т үзүүлэв.



Зураг 2. Кавитацийн гидродинамик үүсгүүр түүний резонаторуудын төрлүүд.

1,6- бэхлэгч, 2- конфузторын оролт, 3- кавитаторууд, 4- лавалын нүх, венчурийн хоолойн дахь диффузорын оролт, 5- кавитацийн мөр үүсэх хэсэг. 7- тэнхлэг тэгш хэмийн нүхтэй хавтгай уян резонатар (а, в, с)

Эдгээр гидродинамик үүсгүүрийг лабораторийн туршилтын (стенд) багажинд байрлуулж, боловсруулах шингэний эзэлхүүнийг 1.5 л, 3 л, 20 литрийн багтаамжтай байхаар хийсэн болно. Уул стэндэд г2-опа (0.725 квт), г2-опб (1.5 квт) маркийн өөр өөр чадалтай төвөөс зугтаах насосуудыг сольж ашиглах боломжтой. Стендийн схемийг зураг 3-т үзүүлэв.



Зураг 3. Кавитацийн гидродинамик үүсгүүр бүхий туршилтын стэнд.  
1- насос, 2- хэт авиа, кавитацийн гидродинамик үүсгүүр, 3- боловсруулах шингэн хийх сав, 4- шингэний хөдөлгөөнийг ажиглах цонх, 5- дээж авах цорго, 6,7- оролт, гаралтын даралтыг хэмжих манометрууд, 8- урсгалын хурдыг тохируулагч.

Бидний зохион бүтээсэн кавитацийн гидродинамик үүсгүүрийг жижиг дунд үйлдвэрийн технологийн процессыг эрчимжүүлэх зорлигоор дараах салбаруудад ашиглаж болно:

1.эм биобэлдмэлийн болон баяжуулах үйлдвэрлэлд эмийн ургамал хандлах, удаан тогтвортой байх эмульс суспензийг гарган авах, ургамлын гаралтай будаг бэлтгэх

2.хөнгөн хүнсний үйлдвэрлэлд ноос ноолуур будах, сүү, сүүн бүтээгдэхүүн, айраг, жимс, жимсгэний шүүс бэлтгэхэд гомогенжүүлэх, дисперсжүүлэх.

3.цэвэрлэх, ялгах үйлдвэрлэлд хийжүүлсэн (хлоржуулах, озонжуулах) шингэн бэлтгэх, усыг ариутгах, биотехнологийн үйлдвэрлэлийн процесст хэрэглэх г.м.

## Туршилтын үр дүн.

Судлагааны арга зүй , объект. Бид дээрхи төхөөрөмжийг (зураг 1) ашиглан амин хүчил, пептид, уургийн усан уусмалын схл-ийн эрчмийг бүртгэв. гарсан үр дүнг фотохемилюминесценцийн (ФХЛ) судлагааны дүнтэй харьцуулж судласан болно [ 6,7 ]. Туршилтийн арга зүйн нь ус ба усан уусмалыг тодорхой хугацаагаар үйлчлээд зогсоосны дараа 2- 3 секундын хугацаанд микронасос ба сорох системийг ашиглан хэмжилтийн кварцан кюветэнд оруулж уусмалаас цацарч буй схл-ийн нийлбэр эрчим буюу хугацаанаас хамаарсан урвалын кинетикийг бүртгэсэн болно [ 1,4 ].

Судлагаандаа амин хүчил - триптофан, глицин; пептид-асфартам, глицил- триптофан; уураг- хүний цусны ийлдсийн альбумин; будагч бодис- эозин-натри зэргийг ашиглав.

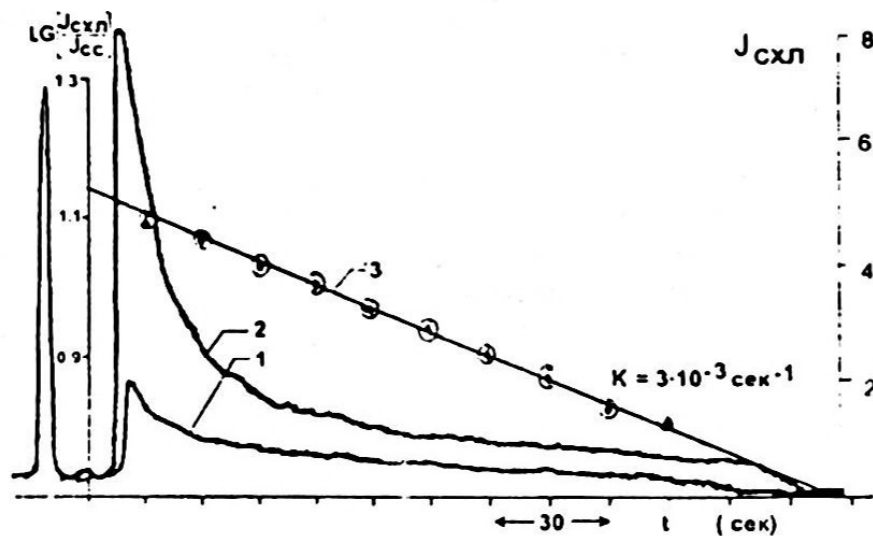
## Судлагааны дүн, шүүн хэлэлцэхүй

Аминхүчил, пептидийн сонохемилюминесценци. Хэт авианы үйлчлэлээр уургийн молекулд явагдах физик-химийн процесс харьцангуй бага судлагдсаны зэрэгцээ уургийн молекулд үүсэх чөлөөт радикалын процесс, түүний гинжин урвалын механизмыг схл-ийн аргаар судлаж тайлбарласан мэдээлэл одоогоор бидэнд олдоогүй байна. Иймд биополимерийн хемилюминесценцийн судалгааг сонохемилюминесценцийн аргаар өргөтгөж, үзэгдлийн мөн чанарыг тайлбарлахын тулд уургийн молекулын бүрэлдэхүүн хэсэг аминхүчил, пептидээс судалгааг эхлэсэн болно. Судалгаандаа аспартом (aspartome), глицил-триптофан зэрэг пептидүүдийг сонгож авсан. Эдгээр нэгдлийн сонохемилюминесценцийн илрэх байдлыг хүснэгт 1-д харуулав.

### Хүснэгт 1.

N	Органик нэгдэл	Химийн томъёо	Концентраци (моль)	СХЛ-ийн илрэл	Тайлбар
1	Триптофан	$C_9H_8NCH_2CH(NH_2)COOH$	$10^{-4}$	(+)	Ароматик амин хүчил
2	Аспаргон	$NH_2COCH_2CH(NH_2)COOH$ + $C_6H_5CH_2CH(NH_2)COOH$	$10^{-4}$	(-)	Дипептид ароматик биш амин хүчлээс тогтсон
3	Глицил-триптофан	$HO_2C_6H_4NHCH_2COOH$ + $C_9H_8NCH_2CH(NH_2)COOH$	$10^{-4}$	(+)	Дипептид (ароматик амин хүчил оролцсон)
4	Эсэжн-На	$C_2O_8Br_2 + Na_2O_2$	$10^{-3} - 10^{-5}$	(-)	Хүчтэй оксидилизатор
5	Альбумин	Молекул жин 68500	$10^{-4} - 10^{-5}$	(+)	Хүний цусны ийлдсийн альбумин (гэнц триптофаны үлдэгдэлтэй)

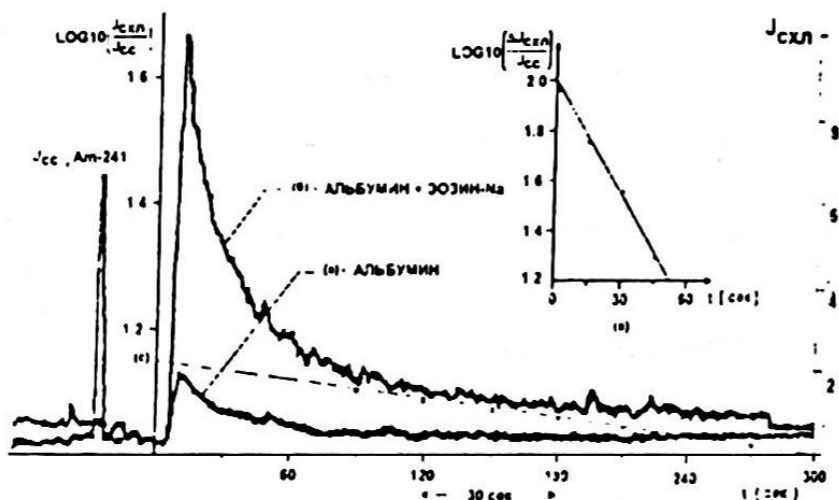
Ароматик аминхүчлийг триптофанаар, ароматик биш аминхүчлийг аргинин, лейцинээр төлөөлүүлэн авч судлав. Зураг 4-д триптофаны уусмалын схл-ийн кинетикийг харуулав.



Зураг 4 Триптофаны схл-ийн кинетикийн муруй, концентраци  $110 \cdot 10^{-4}$  м;  
1-триптофаны хувийн схл, 2,3- аргоны орчинд хэмжисэн  
триптофаны схл  
Ба түүний хагаслогарифмийн анаморфоз

Ийлдсийн альбумины сонохемиллюминесценци. Ийлдсийн альбумин бол цусанд байдаг уургийн хуурай жингийн 50 хүртэлх хувийг эзлэдэг, организмыг хамгаалах ба бага молекулт

нэгдлийг зөөвөрлөх үүрэгтэй чухал уургийн нэг юм. Ийнхүү тодорхой мэдээлэлтэй альбумины молекулын хэт авианы үйлчлэлд өртөх эс өртөх, түүний спектрийн параметр, схл-ийн кинетикийг дээр дурдсан судалгааны материалтай харьцуулан үнэлж дүгнэх нь шинээр эхэлж буй судалгаанд дөхөмтэй хэмээн үзэж энэ уургийг сонгож авсан болно.



Зураг 5. (а) - альбумины хувийн схл-ийн кинетикийн муруй, (б)- зозин+па-гаар сенсбилизацияцлсан кинетикийн муруй, в) (с)-альбумины сенсбилизация хийсэн схл-ийн хурдан ба удаан унтаралтын хагалогаарифмийн анаморфоз. Альбумины, зозин+па-ийн концентраци  $1.47 \cdot 10^{-5}$  м,  $1.5 \cdot 10^{-4}$  м.

Зураг 5-д (а) - альбумины усан уусмалын хувийн схл-ийг харуулав. түүний хагас логарифмийн анаморфозаас үзэхэд схл-ийн кинетикийн муруй нь

$$j_{схл} / j_{сс} = j_x \exp(-k_x t) + j_y \exp(-k_y t)$$

Гэсэн хоёр экспоненциал функцийн нийлбэрээр тодорхойлогдож байгаа бөгөөд тоон утга нь

$$k_x = 1.34 \cdot 10^{-1} \text{ сек}^{-1}$$

$$k_y = 3.28 \cdot 10^{-3} \text{ сек}^{-1}$$

$$j_x = 71.4$$

$$j_y = 28.5$$

Байна

Ийлдсийн альбумины фхл ба схл-ийн спектрийн параметруудийг харьцуулан үзэхэд схл-ийн эрчмийн хурдан буурах хэсгийн унтаралтын хурдны тогтмол нь нэрмэл усны унтаралтын хурдны тогтмолтой нэгэн эрэмбийн, харин удаан



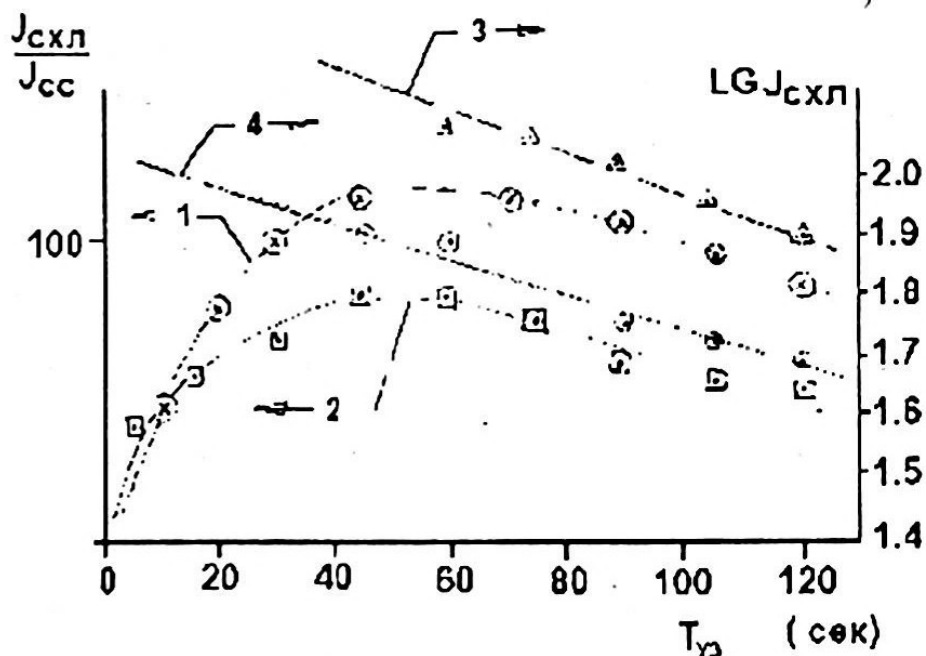
буурах хэсгийн схл -ийнх нь глицил-триптофан, триптофаны тогтмолуудтой нэгэн эрэмбэтэй болох нь харагдаж байна [ 8 ]. Параметрийн харьцааг хүснэгт 2-д харуулав.

Хүснэгт2

N	Параметр Эдгээгч	Урсгалын хурдны тогтмол (сек <sup>-1</sup> )		Эрчим (%)		Давтамж (Гц)
		$K_{\text{схл}}$	$K_{\text{трип}}$	$J_{\text{схл}}$	$J_{\text{трип}}$	
1	Хэт авиан	$1.34 \times 10^{-4}$	$3.23 \times 10^{-4}$	71.4	28.5	22000
2	Хэт ягаан туяа	$1.2 \times 10^{-4}$	$3.0 \times 10^{-4}$	68.5	31.5	

уураг, пептидийн сонохемилюминесценцийн сенсбилизация. Уураг пептидын физик, химийн шинж чанар, молекул хоорондын болон дотоод харилцан үйлчлэлийг спектрийн параметруудээр шууд судлахаас гадна үйлчлэлцэх молекулын спектрийн онцлогоор дамжуулж судалдаг сенсбилизацийн аргыг уусмал төлөвт өргөн хэрэглэдэг.

Альбумин, глицил-триптофаны сенсбилизацийн эрчим үйлчлэх хугацаанаас хамаарлыг зураг 6 -д харуулав.



Зураг 6 Альбумин, глицил-триптофаны уусмалын схл-ийн эрчим

Хугацааны хамаарал ; 1- альбумин, глицилл-триптофан ,  
3,4- альбумин, глицилл-триптофаны схл-ийн эрчмийн  
Хагас логарифмийн анаморфоз.

Үүнд: 5-30 сек схл-ийн эрчим шугаман хамаарлаар өсч нэг минутаас эхлэн буурч байна. Дээрх зургийн анаморфозоос үзэхэд  $k_b = 1.2 \cdot 10^{-2}$  сек<sup>-1</sup> ,  $k_g = 0.17 \cdot 10^{-2}$  сек<sup>-1</sup> буюу унтралтын коэффициент нэг эрэмбийн зөвхөн эрчмийн ялгаатай нь харагдаж байна. Эндээс үзэхэд эозин+па -гаар сенсibiliзац хийхэд схл үүсгэх уургийн сенсibiliзаторийн гаралтай буюу түүнээс өөр төв байгаа нь системийн квант гарцыг нэмэгдүүлэх физик үндэслэл болж байна. Энэ санааг батлахын тулд энергийн миграц урвалын хурдны тогтмолд тоон үнэлгээ өгөх судалгааг цаашид үргэлжлүүлэн хийх шаардлагатай юм.

### Дүгнэлт

1. Ус, усан уусмалд хэт авианы үйлчилэлээр үүсэх физик-химийн процесс буюу хэт сул цацраг - сонохемилюминесценцийг бүртгэх төхөөрөмж пьезокерамик үүсгүүртэй сонолюминометрийг зохион бүтээж лабораторийн туршилт судалгаанд нэвтрүүлэв.

2. Гидродинамик үүсгүүрийг хэд хэдэн хувилбараар туршиж, конфузор - диффузор хэлбэрийн гү-ийг сонгон үндсэн параметрийг тодорхойлж, ажиллах горимыг тогтоов. Уг төхөөрөмжийг ашиглан 1.5 - 20 литр багтаамжтай туршилтын төхөөрөмж (стенд) дээр биологийн идэвхт бодис, эмийн ургамлыг хандлах технологийн туршилтуудыг тавьхад бодисын гарц 2 дахин нэмэгдэж, ажиллах хугацаа 4-6 дахин багассан болно.

3. Уураг, пептидын схл-ийг анх удаа бүртгэж, концентрац хугацаанаас хамаарсан схл-ийн кинетикийн зүй тогтлыг илрүүлэв. Сенсibiliзацийн процесс (эозин - па), фхл-тэй харьцуулахад схл дээр сул байна. Энэ бол хэт ягаан гэрэл, хэт авианы үйлчлэлээр үүсэх чөлөөт радикалын механизм ялгаатай гэдгийг харуулав. Ингэснээрээ хэт авианы гаралтай чөлөөт радикалын процессын кинетикийг судлах боломжтой болов.

Судалгааны үр дүнд нийтлэгдсэн бүтээлүүд:

1. Nyamaa D, Naidan D, Khoroljav R., Tsermaa G. Sonochemiluminescence of protein and ultrasonics technology -



- international seminar-school on interdisceiplinary natural sciences problems, mongolia, tereij, august, 1998.
2. Хоролжав Р, Тамара М, Нямаа Д, Есиков С. А. Влияние кавитации на физико-химические свойства молока. - вестник кгту, 1996, с. 66-69.
  3. Хоролжав Р, Нацагдорж Р. Применение гидроакустического преобразователя в технологии обработки. - научный семинар по теме: "строительство - конструкция", МГТУ, 1998.
  4. Хоролжав Р, Найдан Д. Ультразвуковая технология и сонохимический метод. - "Эрдэм" академия наук, п (5), 1998.
  5. Хоролжав Р, Нямаа Д, Тамара М. Источники гидродинамической кавитации. Свидетельство на изобретение - патент п 1527, 1999.1
  6. "Биохемилюминесценция" под ред. А. И. Журавлев. 1983. С 56.
  7. Suslik K.S. "Sonochemistry science" 1990. 247. No 3.  
Хоролжав Р. Автореферат кандидатской диссертации, Улаанбаатар, 1999.

#### **Abstract**

Ultrasound piesoceramic source sonoluminometer and several new types of hydrodynamic cavitation sources were developed and used in the research work. The results of the study of sonochemiluminescent integral intinsity kinetics of radiation, releasing by product excited by chain reaction mechanism of free radicals under the influence of ultrasuond cavitation for aminoacid,peptide and aqueous protein solution are presented.