



МОНГОЛ ОРНЫ ГАЗАРЗҮЙ БА ГЕОЭКОЛОГИЙН АСУУДАЛ

Тусгай дугаар

Улаанбаатар хот
2017 он

ЗООПЛАНКТОН БУЮУ УСНЫ ХӨВӨГЧ АМЬТНЫГ СУДЛАХ АРГАЗҮЙН АСУУДАЛД

Б.Ганцоож

ШУА-ийн Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, Усны нөөц, ус ашиглалтын салбар
Э-шуудан: gantsooj@gmail.com

METHODOLOGY FOR THE ZOOPLANKTON COLLECTION AND ESTIMATION

B. Gantsooj

Abstract

Science research workers A. Dashdorj, M.M. Kojov and A.V. Samarina initiated and conducted zooplankton research work in Hovsgol Lake. In 1990, Professor A. Dulmaa published "Biological principal of the lake farming in Mongolia" book and recorded 300 species of zooplankton. Nowadays, the zooplankton research study changed and started to use them for the indicator of the water quality, their importance/role in food chain and the ecological significance besides studying the zooplankton's species richness.

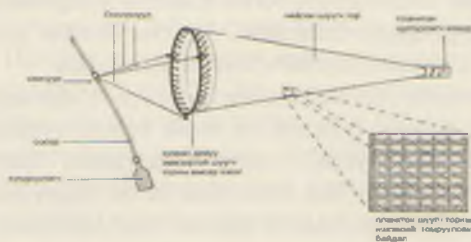
Түлхүүр үгс: Зоопланктон, биомасс, зүйлийн олон янз байдал, сапроб индекс, таних бичиг

Оршил

Энэхүү өгүүлэлд зоопланктон буюу усны хөвөгч амьтныг судлах судалгааны арга зүйн асуудлаас оруулж байна. Учир нь хөвөгч амьтдын өсөлт хөгжилт, тархалт нь усан орчны шим бус хүчин зүйл (температур, давсжилт, ууссан хүчилтөрөгч, гэрэл, бохирдол) болон шим хүчин зүйлээс (идэш тэжээлийн хязгаарлагдмал байдал, амьтад хоорондын харилцан хамаарал, махчлал, өрсөлдөөн) хамаарч байдаг тул усан орчны биоиндикатор болгох мөн усны экосистемийн биологийн олон янз байдлын илтгэгч болгон судалгаанд ашиглах өргөн боломжтой байдаг. Иймд хээрээс зоопланктоныг цуглуулах, дээж боловсруулах, үнэлэх, зүйлийн олон янз байдлыг тооцоологч индексийн томьёо, сапроб буюу бохирдлыг үнэлэх арга зүй, мөн хөвөгч амьтныг тодорхойлох бичгүүдийг оруулж байна.

Зоопланктоныг судлах арга зүйн асуудлууд

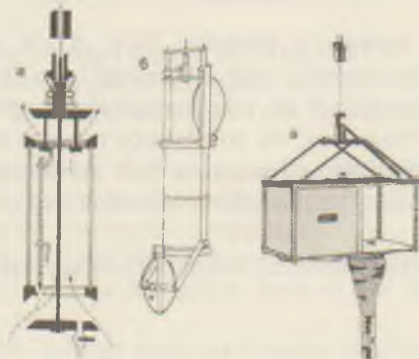
Усны хөвөгч амьтны дээжийг цуглуулах нь: Хөвөгч амьтны дээжийг шүүж цуглуулах зориулалттай олон янзын багаж байдаг. Хамгийн түгээмэл хэрэглэгддэг багаж нь планктоны тор юм.



1 дүгээр зураг. Планктон шүүгч тор. Зураг © Downing, J. A., Frank H. R (1984)

Судалгааны зорилгоос хамаараад зоопланктоны дээж цуглуулах багажийн тохирсон хэлбэр, зориулалт, торны нүдний хэмжээ, цуглуулах хугацаа, цэгийн байршил зэргийг сонгоно [6]. Планктоны торнууд (1 дүгээр зураг) олон янзын хэлбэр хэмжээтэй байдаг. Торны төгсгөлд уснаас шүүгдсэн зоопланктоныг цуглуулагч торноос салгаж холбоход хялбар угсрагддаг хэсэг байх ба тэр нь нээж хаах зориулалтын крант бүхий бат бөх хошуутай байдаг.

Торны нүдний хэмжээ жижигрэх тусам жижиг хөвөгч амьтад тэдгээрийн өндөг, авгалдай сайн шүүх боломжтой бол томрох тусам том зоопланктон болон загасны өндөг, авгалдай шүүж болно. Амсрын диаметр 25 см, гол төлөв 40-64 μm нүдний хэмжээтэй тороор зоопланктоны дээж цуглуулдаг. Планктон шүүгч тороор нуур цөөрмийн зөвхөн гадаргуу болоод эргийн бүсээс дээж авах боломжтой бол янз бүрийн гүнтэй хэсгээс дээж авахад тусгай багажууд (2 дугаар зураг) хэрэглэгддэг.



2 дугаар зураг. Нуурын гүнээс зоопланктоны дээж авагч багажууд, а- Рутнерийн батометр, б- Фредингерийн батометр, в- Юдайн хаалттай шүүгч. Зураг © Downing, J. A., Frank H. R (1984)

Батометрээр дээж авахад ихэнхдээ хөдөлгөөн багатай жижиг хөвөгч амьтад цуглуулагддаг. Хаалттай шүүгч тороор тухайн гүний хэсэгт байгаа амьтдыг цуглуулж болдог [4]. Цуглуулсан дээжийг бэхжүүлэхгүй удаан хадгалбал бусад бичил биетнүүдийн нөлөөгөөр амьтны эс, эрхтэнцэрүүд задарч гэмтэн ажиглах боломжгүй болдог. Иймээс дээжийг 4-5% формалины уусмал эсвэл 70% этанолд бэхжүүлдэг. Пропилен глицерал 2-5% нэмж өгвөл мөөгөнцөр, бактерийн нөлөөг тэсвэрлэх чадвар нь сайжирна. 6 сар хадгалсны дараа дээжийн уусмалын дээд хэсгийг авч шинэ уусмал нэмэх замаар хадгалах уусмалыг шинэчилж болдог [5]. Дээжийг хадгалах өрөөний дулаан 25°C хэмээс илүүгүй байна.

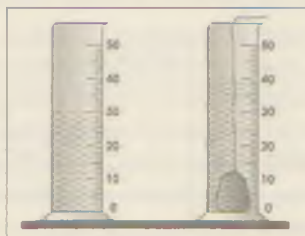
Усны хөвөгч амьтны дээжийг боловсруулах нь: Зоопланктоны дээжийг лабораторийн нөхцөлд боловсруулахад 10-100 дахин өсгөх чадалтай микроскоп, тавиур шил, бүрхүүл шил, хямсаа, залуур зүү, соруул ашиглана. Амьтны биеийн доторх эрхтэнцэрийг тод харахад ягаан лигнин, хлоразол, сарнайн бенгал нэмж өгдөг.

Хөвөгч амьтны тоо хэмжээг гаргахдаа дээжээ эргүүлэх маягаар планктоныг усанд нь жигд тараагаад буцаад ёроолд тунахаас нь өмнө түргэн хугацаанд 1-5мл хуваарьтай соруулаар авч тавиур шил, тусгай тоолох тасалгаатай тавиурт эсвэл Богоровын камерт [1] дусааж микроскопын бага өсгөлтөөс эхлэн томруулан харж төрөл зүйлийг тодорхойлон 1-5 мл-д агуулагдах хөвөгч амьтны тоог тогтооно. Ингээд нэгж эзлэхүүн дэх зүйлийн тоог тус бүрээр тогтоосны дараа 1m^3 усанд агуулагдах хөвөгч амьтны тоог гаргана.

Зоопланктоны бүтээмжийг үнэлэхэд тухайн амьтдын биеийн жингээр мөн тооцох арга байдаг. Биомассыг тооцож гаргахад зоопланктоны дээжид байгаа цэвэр жин эсвэл дээжийн жинг тодорхойлох шаардлагатай.

Биомассыг дараах аргуудаар тооцож болно [5]. Үүнд:

1. **Эзлэхүүний арга** (шилжсэн эзлэхүүн болон тунадасны эзлэхүүн): Шилжсэн эзлэхүүний арга нь шингэнд хатуу биеийг хийснээр (3 дугаар зураг) шингэний өөрчлөгдсөн хэмжээгээр эзлэхүүнийг тогтооход тулгуурладаг.



3 дугаар зураг. Шилжсэн эзлэхүүн

Дээжээс планктоныг шүүх торны нүдний хэмжээ нь дээж цуглуулахад хэрэглэгдсэн торны нүдний хэмжээнээс ихгүй хэмжээтэй байх хэрэгтэй. Эзлэхүүний хэмжээ нь мэдэгдэж байгаа 4% формалины уусмалд уснаас нь сайтар шүүсэн хөвөгч амьтныг хийснээр шингэний эзлэхүүн өөрчлөгддөг. Харин эзлэхүүний хэмжээс бүхий шил саванд дээжийг хийхэд дээж ёроолд нь тунадаг. Энэ тунадасны дээд хэсгээр эзлэхүүнийг хэмждэг. Тунасан эзлэхүүнийг тогтоохоос өмнө дээжийг хамгийн багадаа 24 цаг хөдөлгөөнгүй байлгах хэрэгтэй.

Мөн дараах аргаар зүйлийн нягтшилыг тооцож болно. 1 м^3 усанд агуулагдах нийт зүйлүүдийн тоог олно. Үүний тулд:

1. Планктоны тороор шүүсэн усны эзлэхүүнийг мэдэх
2. 1 миллилитр усан дах зүйл бүрийн дундаж тоог мэдэх
3. Дээжийн саван дах миллилитр ба нийт бодгалийн тоог мэдэх

Олох гэж буй зоопланктоны төрөл, зүйлийн нягтшил:

$$\text{ангилал зүйн нэршил/мЗ} = \frac{(n)(V_s)}{V_m} \quad (1)$$

n – 1мл дээжинд дэх организмын дундаж тоо

V_s – планктоны дээжийн эзлэхүүн

V_m – планктоны тороор шүүгдсэн усны эзлэхүүн

2. **Жингийн арга** (чийгтэй жин, хуурай жин, үнсний жин): Жингийн аргаар зоопланктоны бүтээмжийг лабораторид хэмждэг. Илүүдэл усыг уудаг цаасанд шингээж авна. Цаасанд усыг шингээж байх явцад хүчтэй шахалт өгч амьтныг гэмтээхээс болгоомжлох хэрэгтэй. Урьдчилан тогтоосон эсвэл хэмжсэн шүүгч цаас эсвэл тугалган цаасан дээр зоопланктоныг байршуулж жинг авна. Нойтон жинг миллиграмаар тогтоож тооцно. Хуурай жингийн арга нь планктоны органик бүрэлдэхүүнээс хамаардаг учир цахилгаан хатаагч шүүгээний 60°C -т зоопланктоны дээжийг хатаасны дараагаар жигнээд хуурай жинг миллиграмаар гаргана.

3. **Химийн арга:** Зоопланктоны дээжийг усгүйгээр хөлдөөж шинжлэхийн өмнө

дээжийг нэрсэн усанд зайлаад нүүрстөрөгч, азот, фосфор болон биохимийн элемент уураг, тос, нүүрсүстөрөгч зэрэг элементийн агууламжийг хэмждэг. Зарим тохиолдолд зүйлүүд болон бүлгэмдлийн биохимийн үзүүлэлтээр идэш тэжээлийн дээд түвшинд энергийн хувирлыг тогтооход ашигладаг. Планктоны илчлэг чанарын үзүүлэлтийг зоопланктоны биомассын илтгэлцүүр болгодог.

Зүйлийн олон янз байдал: Тухайн усан сангийн бүлгэмдлийн бүтцэд байх зүйлийн олон янз байдлыг дараах хэд хэдэн төрлийн индексүүдээр (2 дугаар хүснэгт) тооцож болно. 2 дугаар хүснэгт. Зүйлийн олон янз байдлыг тооцоолдог индексүүд

Индекс:	Томъёо:
Шэннон Уинерийн индекс (Shanon and Wiener: Shanon index H')	$H = \sum_{i=1}^s n_i/n * \ln n_i/n \quad (2)$
Маргалефын индекс D (Margalef index D)	$D = \frac{s-1}{\log N} \quad (3)$
Симпсоны индекс D (Simpson Index D)	$D = \sum_{i=1}^s n_i(n_i - 1) \quad (4)$
Жигд байдлын индекс E [2] Eveness E	$E = \frac{H}{H_{\max}} \quad (5)$

Тайлбар: S –зүйлийн тоо, N –бүх зүйлийн бодгалийн тоо, n –тухайн дээж дэх бүх бодгалийн тоо, n_i –дээжид байгаа i -зүйлийн бодгалийн тоо. H' -Шэннон Уинерийн зүйлийн олон янз байдал.

Тухайн төрөл, зүйлийн дээжид эзлэх хувь буюу харьцангуй арвийг дараах томъёогоор олдог [7].

$$N\% = \frac{n_i}{N} \times 100 \quad (6)$$

n_i – i-зүйлийн тоо

N – ерөнхий тоо

> 70% бол давамгай зүйл

70% - 40% -элбэг тархсан

40% - 10% -элбэг бус

<10% - ховор байна.

Тухайн төрөл, зүйлийн дээж дэх биомассын эзлэх хувийг :

$$B\% = \frac{b_i}{B} \times 100 \quad (7)$$

b_i - i-зүйлийн биомасс

B – ерөнхий биомасс

Сапроб индекс буюу бохирдлыг үнэлэх: Аж үйлдвэржилт, хотжилт эрчимтэй хөгжиж эхэлснээр байгаль орчинд ялангуяа томоохон хот суурин газруудаар дамжин өнгөрөх голууд, түүнд амьдрах амьтан, ургамал нь хаягдал ус зайлуулалт болон бусад эх үүсвэрээс ихээхэн бохирдох болсон. Анх сапроб индексийн тухай ойлголтыг Германы судлаач Kolkwitz болон Marsson нар хэрэглэж эхэлсэн бөгөөд Pantle, Buck болон Liebmann нар сапроб систем болгож улам хөгжүүлснээр одоо үед практикт усны чанарыг биологийн

организмуудаар үнэлэхэд өргөн ашигладаг [3]. Голын дагуу судалгааны цэгүүдээс дээж авч түүнд тохиолдох биологийн организмуудын өөрчлөлтийг ажиглаж бохирдлыг үнэлэхэд энэ аргын ач холбогдол оршдог. Сапроб индексийн аргаар усны чанарыг үнэлэхдээ экологийн талаас нь хандаж, тухайн усан санд амьдрах бүлгэмдлүүдийг төрөл, зүйлээр нь ангилж, амьдрах орчинд нь ажиглалт хийж, холбон судалдаг.

Сапроб систем нь аажмаар өөрийгөө цэвэршүүлэх 4-н бүсэд хуваагддаг байна. Үүнд:

1. Полисапробик бүс (маш их бохирдолтой): амьдрах орчин маш их доройтсон, усан сангийн ёроолын хурдсанд лаг, ялзрал ихтэй, хүчилтөрөгчгүй орчин давамгайлсан байна. Уургийн задралын бүтээгдэхүүнүүд болох пептон, пептид их байна. Хүхэрт устөрөгч (H_2S), аммони (NH_3), нүүрстөрөгчийн давхар исэл (CO_2) мөн байна. Полисапробик ус нь ялзарсан үнэртэй, саарал өнгөтэй, их хэмжээний бактериатай байдаг. Ихэнхдээ голын ёроолын хурдасны чулуу төмрийн сульфидаар (FeS) бүрхэгдсэн хар өнгөтэй, өнгөр тогтдог. Ийм усанд олон төрлийн хөх ногоон замаг, шилбүүртэн амьтад, сормууст нэг эстэн амьтад болон хүхэрт устөрөгчтэй орчинд дассан бактериуд давамгайлдаг байна.
2. α – мезосапробик бүс (бохирдолтой): амин хүчил болон тэдгээрийн задрал бүтээгдэхүүнүүд, тосны хүчил ихээр агуулсан ус байна. Энэ төрлийн ус бараан саарал өнгөтэй, эвгүй үнэртэй, уургийн тунадастай, нүүрс устөрөгчийн фермент агуулсан байна. Энэ бүсэд муу усны мөөгөнцөр, ялангуяа *Sphaerotilus natans* бактери элбэг байдаг байна. Мөн задралын явцад голын ёроолоос хийн бөмбөлгүүд үүсэх ба усны урсгалаар, усны босоо баганын дагуу саарал биетүүд хөвж байдаг ба голын хурдсыг бүхэлд нь бүрхдэг. Энэ мөөгөнцрүүд нь нүүрс устөрөгч элбэг хаягдал ус зайлуулах шугам хоолойн бохир ус болон саахар, мод боловсруулах үйлдвэрүүдээс үүсдэг.
3. β – мезосапробик бүс (бага зэргийн бохирдолтой): хүчилтөрөгч хангалттай, задралын процесс хангалттай явагддаг тул уургийн бүтээгдэхүүнүүд болох амин хүчил, тосны хүчил, аммоны усан дах хэмжээ маш бага байна. Ийм ус нь үнэргүй, ямар нэг өнгөгүй, тунгалаг, эргийн болон усны ургамалтай, макро сээр нуруугүйтэйн буюу усны шавж, зоопланктон, мөргийн овгийн загас зонхилдог байна.
4. Олигосапробик бүс (бохирдолгүй буюу маш бага зэргийн бохирдолтой): хүчилтөрөгчөөр баялаг, бохирдолд мэдрэмтгий усны амьтад элбэг тохиолдоно. Хулдын овгийн загас зонхилдог байна.

Дээрх 4-н төрлийн бүсээс дээж цуглуулж боловсруулалт хийж байгаа амьд организмууд болон зоопланктоны зүйлүүдийг хооронд харьцуулах байдлаар усан орчны чанарыг үнэлнэ.

Дээж авч байгаа цэгүүдэд зүйл болгоны давтамж болон индикатор зүйлийн сапроб утга нь тоогоор илэрхийлэгдэнэ. Зүйл тохиолдох давтамжийн хэмжээ буюу арви нь (a) бөгөөд:

Санамсаргүй тохиолдох	a=1
Давталттай тохиолдох	a=3
Их хэмжээгээр тохиолдох	a=5

Харин зүйлийн сапробик утгыг тоогоор илэрхийлж байгаа нь s –байна. S нь:

олигосапробик	s=1
β – мезосапробик	s=2
α – мезосапробик	s=3
полисапробик	s=4

i – зүйл, a_i – i зүйлийн тохиолдож байгаа бодгалийн тоо, s_i – сапробик орчныг тоогоор

илэрхийлсэн байдал, S_i – зүйлийн сапроб утга. Жишээ нь: $S_i = a_i \cdot s_i$

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i \cdot a_i)}{\sum_{i=1}^n (a_i)} \quad (8)$$

Сапроб индекс S – нь 1-ээс 4-ийн хооронд утгатай байна.

- $S = 1.0 - < 1.5$ олигосапроб
- $S = 1.5 - < 2.5$ β - мезосапроб
- $S = 2.5 - < 3.5$ α - мезосапроб
- $S = 3.5 - 4.0$ полисапроб

Сапроб индексээр тодорхойлохын тулд зүйлийг тодорхойлохоос гадна тухайн зүйлийн экологийн онцлогийг судлах хэрэгтэй юм.

Судалгааны цэгүүдэд зарим зүйлүүд байхгүй байгаа нь шууд бохирдлыг илэрхийлэхгүй. Жишээ нь: хүчтэй үер голын ёроолд их хэмжээний хагшаадаас, хурдас зөөвөрлөн авчирч ургамалд дарагдсанаар амьдрах орчин өөр болж улмаар тэнд байсан зүйлийн бүрдэл өөрчлөгдөж болно.

Зоопланктоныг тодорхойлоход ашиглах таних бичиг:

1. Дашдорж А., Цэндсүрэн А., Дулмаа А., Монгол орны усны амьтныг тодорхойлох бичиг. Улаанбаатар. 1970.
2. Бенинг А.Л. *Кладацера Кавказа*. Тбилиси: Грузмедиздат, 1941.
3. Боруцкий Е.В., Определитель свободноживущих пресноводных веслоногих раков СССР и сопредельных стран по фрагментам в кишечниках рыб. М., издво АН СССР, 1960.
4. Кутикова Л. А., Коловратки *Rotatoria* фауны СССР. М.; Л.: Наука. 1970.
5. Мануйлова Е.Ф., Ветвистоусые рачки *Cladocera* фауны СССР. М.; Л.: Наука, 1964.
6. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (*планктон и бентос*). Л.: Гидрометеиздат, 1977.
7. Рылов В.М., Пресноводные *Calanoida*. Фауна СССР. Пресноводная фауна. Вып. 1. Определители организмов пресных вод СССР. Л., 1930.
8. Рылов В.М., Ветвистоусые ракообразные *Cladocera*// *Жизнь пресных вод СССР*. Т. 1. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940.
9. Рылов В.М., Свободноживущие веслоногие ракообразные *Copepoda*// *Жизнь пресных вод СССР*. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. Т. 1.
10. Рылов В.М., *Cyclopoidea* пресных вод. Фауна СССР. Ракообразные. Т. 3. Вып. 3. М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1948.
11. Смирнов Н. Н., *Chydoridae* фауны мира. Фауна СССР. Ракообразные. Т. 1. Вып. 2. Л.: Наука, 1971
12. Смирнов Н.Н., *Macrothricidae* и *Moinidae* фауны мира. Фауна СССР. Ракообразные. Т. 1. Вып. 3. Л.: Изд-во Наука, 1976.
13. Унифицированные методы исследования качества вод. Атлас сапробных организмов. М. 1977. 227 с.
14. Hendrik Segers. Rotifera – *The Lecanidae (Monogononta)*. Guides to the Identification of the microinvertebrates of the continental waters of the World. Coordinating editor: H.J. F. Dumont. Vol.2. 1994.
15. Thomas Nogrady and Roger Pourriot. Rotifera – *The Notommatidae*. Guides to the Identification of the microinvertebrates of the continental waters of the World. Coordinating editor: H.J. F. Dumont. Vol.3. 1994.

16. Smet H. De., Rotifera – *The Proalidae (Monogononta)*. Guides to the Identification of the microinvertebrates of the continental waters of the World. Coordinating editor: H.J. F. Dumont. Vol.4. 1994.
17. Willem H. De. Smet., Roger Pourriot., Rotifera – *The Dicranophoridae (Monogononta)* and *The Ituridae (Monogononta)*. Guides to the Identification of the microinvertebrates of the continental waters of the World. Coordinating editor: H.J. F. Dumont. Vol.5. 1997.
18. Thomas Nogrady and Hendrik Segers. Rotifera – *The Asplanchnidae, The Gastropodidae, The Lindiidae, The Microcodidae, The Synchaetidae, The Trochosphaeridae and the Filinidae*. Guides to the Identification of the microinvertebrates of the continental waters of the World. Coordinating editor: H.J. F. Dumont. Vol.6. 1994.
19. Han Maosen Shu Yunfang, Liu Zhisheng Bi Yujie Yu Shigang. Atlas of freshwater biota in China. Beijing. 1995.

АШИГЛАСАН НОМ, ХЭВЛЭЛ

- [1] Жадин В.И., 1960. *Методы обработки планктона. Методы гидробиологического исследования*. Высшая школа. с.98-99.
- [2] Carlo H. R. Heip., Peter M. J. Herman., Karlina Soetaert., 1998. *Indices of Diversity and Evenness*. Oceanis Vol.24(4): p.61-87.
- [3] Deborah Chapman., 1996. *Water quality assessments – A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. 2nd edition. Chapter 5- The use of biological material. p195-199.
- [4] Downing, J. A., Frank H. R., 1984. *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters*. p.59-75.
- [5] Goswami, S. C., 2004. *Zooplankton methodology, collection and identification-a field manual*. National institute of oceanography, p.1-10.
- [6] Gannon., Stemberger., Evans., 1994. Standart operating procedure for zooplankton analysis. Grace analytical laboratory. Vol.3. p.397.
- [7] Olga Yurjevna Derevenskaya., Rezeda Myasumovna Umyarovg., 2016. *Zooplankton as an indicator of river ecological condition*. International journal of Pharmacy and Technology. ISSN: 0975-766X. Vol.8(2): 14567-14574.