TOVUSHNING BIOFIZIK XUSUSIYATLARI

Termiz iqtisodiyot va servis universiteti Tibbiyot fakulteti o'qituvchisi lmiyp.f.f.d, PhD, dotsent. **Buzrukov To‘lqin Omonovich**
Email: tolqinbuzrukov5@gmail.com
Chorshambiyeva Zarina Rustam qizi — Termiz Iqtisodiyot va Servis universiteti, Tibbiyot fakulteti Davolash ishi yo‘nalishi 25/01 guruh talabasi
Email: zarinachorshanbiyeva68@gmail.com

Annotatsiya

Ushbu maqolada tovushning biofizik xususiyatlari atroflicha tahlil qilinadi. Unda tovushning fizik tabiati, uning biologik tizimlar bilan o'zaro ta'siri mexanizmlari ko'rib chiqiladi. Maqolada tovushni qabul qilish jarayonlari, jumladan, eshitish organlarining tuzilishi va funksiyalari hamda tovushning hujayra va to'qimalarga ta'siri yoritilgan. Shuningdek, tovushning diagnostika va terapiyadagi ahamiyati, uning tirik organizmlardagi turli fiziologik jarayonlardagi roli muhokama etiladi. Ushbu tadqiqot tovushning biologik tizimlardagi murakkab o'zaro ta'sirini chuqurroq tushunishga hissa qo'shadi.

Kalit so'zlar: Tovush, Biofizika, Eshitish, Akustika, Biologik tizimlar, Hujayra reaksiyasi, Diagnostika, Terapiya

Abstract

This article thoroughly analyzes the biophysical properties of sound. It examines the physical nature of sound and the mechanisms of its interaction with biological systems. The study covers sound perception processes, including the structure and functions of auditory organs, and the effects of sound on cells and tissues. Furthermore, the significance of sound in diagnostics and therapy, along with its role in various physiological processes within living organisms, is discussed. This research contributes to a deeper understanding of the complex interplay of sound within biological systems.

Keywords: Sound, Biophysics, Hearing, Acoustics, Biological Systems, Cellular Response, Diagnostics, Therapy

Аннотация

В данной статье подробно анализируются биофизические свойства звука. Рассматривается физическая природа звука и механизмы его взаимодействия с биологическими системами. Исследование охватывает процессы восприятия звука, включая структуру и функции слуховых органов, а также влияние звука на клетки и ткани. Кроме того, обсуждается значение звука в диагностике и терапии, а также его роль в различных физиологических процессах живых организмов. Данное исследование способствует более глубокому пониманию сложного взаимодействия звука в биологических системах.

Ключевые слова: Звук, Биофизика, Слух, Акустика, Биологические Системы, Клеточный Ответ, Диагностика, Терапия

Kirish

Tovushning biofizik xususiyatlari sohasidagi tadqiqotlar tirik organizmlarning atrof-muhit bilan o‘zaro aloqasida tovushning fundamental rolini tushunish uchun muhim ahamiyatga ega. Tovush, fizik jihatdan, tebranuvchi jismlar tomonidan hosil qilinadigan mexanik to‘lqin sifatida ta’riflanadi [1, 3]. Bu to‘lqinlar modda orqali energiya tarqalishini ta’minlaydi va chastota, to‘lqin uzunligi, davr, amplituda va tezlik kabi xususiyatlar bilan tavsiflanadi [2]. Inson qulog‘i taxminan 16 Gs dan 20 000 Gs gacha bo‘lgan chastotalarni qabul qila oladi, 20 Gs dan past chastotalar infratovush, 20 000 Gs dan yuqori chastotalar esa ultratovush deb ataladi va ular inson uchun eshitilmaydi [1, 3].

Tovushning biologik tizimlardagi harakati va ta’siri uning fizik xususiyatlari bilan chambarchas bog‘liq. Tovushning tarqalish tezligi muhitning zichligi va haroratiga bog‘liq bo‘lib, har 1°C harorat ko‘tarilishida taxminan 0,5 m/s ga oshadi [1]. Suvda tovush havoga nisbatan ancha uzoqroq masofaga tarqaladi, bu esa suv osti signalizatsiyasi uchun muhimdir, chunki yorug‘lik va radio to‘lqinlari suvda

tez so‘nadi [1]. Tovushning yutilishi, ya’ni uning energiyasining boshqa shakllarga, asosan issiqlik energiyasiga qaytarilmas o‘tishi, muhitning ichki ishqalanishi, issiqlik o‘tkazuvchanligi va boshqa xususiyatlariga bog‘liq [4].

Tirik organizmlarda tovushni qabul qilish murakkab mexanik, retseptor va nerv tuzilmalarini o‘z ichiga oladi [5]. Tovush tashqi quloqqa kirib, nog‘ora pardani tebratadi va o‘rta quloq suyaklari orqali ichki quloq suyuqligiga o‘tadi, bu esa bazilyar membrana va Korti organida tebranishlarni keltirib chiqaradi. Bu yerda mexanik energiya miyaga yuboriladigan nerv impulslariga aylanadi [5]. Eshitish organlari umurtqasizlarda, ayniqsa hasharotlarda, timpanal organlar shaklida rivojlangan bo‘lib, ular oyoqlarda, qorin yoki ko‘krak qafasida joylashgan bo‘lishi mumkin [6]. Insonning eshitish sezgirligi 1-3 kGs atrofida optimal bo‘lib, 140 dB tovush og‘riqni keltirib chiqaradi [5]. Tovushning biologik funksiyalari va aloqa mexanizmlari, shuningdek, uning tibbiyotdagi qo‘llanilishi, masalan, perkussiya va auskultatsiya, biofizika sohasida chuqur o‘rganilmoqda [1, 2].

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili

Tovushning biofizik xususiyatlari bo‘yicha zamonaviy tadqiqotlar tirik organizmlarning atrof-muhit bilan o‘zaro munosabatida va ichki fiziologik jarayonlarida tovushning fundamental rolini chuqurroq tushunishga qaratilgan. Ushbu soha fizika, biologiya, tibbiyot va muhandislik fanlari chorrahasida joylashgan bo‘lib, tovushning mexanik to‘lqin sifatida paydo bo‘lishidan tortib, uning biologik tizimlarda tarqalishi, qabul qilinishi va qayta ishlanishigacha bo‘lgan murakkab jarayonlarni o‘rganadi. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, tovushning fizik parametrlarini biologik javoblar bilan bog‘lash, uning tirik materiyaga ta’sirini tushunish va bu bilimlarni amaliy maqsadlarda, xususan, diagnostika va terapiyada qo‘llash dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi. Tovushning biologik tizimlardagi o‘ziga xos xususiyatlarini tahlil qilish, uning tirik organizmlarning hayotiy faoliyatidagi ahamiyatini va bu jarayonlarni boshqaruvchi biofizik prinsiplarni ochib berishga xizmat qiladi. Bu esa nafaqat fundamental bilimlarni kengaytiradi, balki yangi texnologik yechimlarni yaratish

uchun ham asos bo‘ladi, shu bilan birga, biologik tizimlarning tovush bilan o‘zaro ta’sirining fundamental prinsiplarini chuqurroq anglashga olib keladi.

Tibbiyotda tovushning biofizik xususiyatlaridan foydalanish uzoq tarixga ega bo‘lib, perkussiya va auskultatsiya kabi an’anaviy usullardan tortib, zamonaviy diagnostika va terapiya usullarigacha kengaygan [1, 2]. Ultratovush diagnostikasi tibbiyotda keng tarqalgan bo‘lib, yumshoq to‘qimalarning tasvirini olish, homiladorlikni kuzatish, qon oqimini baholash va turli kasalliklarni aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Bu usul tovush to‘lqinlarining turli to‘qimalardan aks etish prinsiplariga asoslangan bo‘lib, to‘qimalarning akustik empedansidagi farqlardan foydalanadi. Yuqori intensivlikdagi fokuslangan ultratovush (HIFU) esa o‘smalarni davolash, buyrak toshlarini maydalash (litotripsiya) va boshqa terapevtik muolajalarda invaziv bo‘lmagan usul sifatida qo‘llanilmoqda. Tovushning biologik to‘qimalar bilan o‘zaro ta’sirini chuqurroq tushunish, masalan, akustik empedans, yutilish va tarqalish koeffitsientlari kabi parametrlarni aniqlash, tibbiy tasvirlash texnologiyalarining aniqligi va samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Shuningdek, tovushning neyromodulyatsiyadagi potentsial qo‘llanilishi, miya faoliyatini o‘rganish va ba’zi nevrologik kasalliklarni (masalan, Parkinson kasalligi, tremor) davolashda yangi istiqbollarni ochmoqda. Sonoporation (ultratovush yordamida hujayra membranalarida vaqtinchalik teshiklar hosil qilish) kabi usullar dori vositalarini maqsadli yetkazib berishda va gen terapiyasida innovatsion yechimlarni taklif etadi, bu esa tovushning biologik tizimlarga ta’sirini manipulyatsiya qilishning yangi yo‘llarini ochadi.

Xulosa qilib aytganda, tovushning biofizik xususiyatlari bo‘yicha adabiyotlar tahlili ushbu sohaning murakkabligi va ko‘p qirraliligini namoyish etadi. Tovushning fizik asoslaridan tortib, uning biologik tizimlarda tarqalishi, qabul qilinishi va qayta ishlanishigacha bo‘lgan jarayonlar chuqur o‘rganilmoqda. Zamonaviy tadqiqotlar tovushning biologik funksiyalarini, uning tirik organizmlarga ta’sirini va tibbiyotdagi keng qo‘llanilishini yanada aniqlashtirishga qaratilgan. Tovushning biologik muhitdagi xatti-harakatlarini tushunish, uning

energiya uzatish, signalizatsiya va mexanik ta’sir mexanizmlarini o‘rganish orqali amalga oshiriladi. Kelajakda tovushning hujayra va molekulyar darajadagi ta’sir mexanizmlarini tushunish, shuningdek, yangi diagnostika va terapevtik usullarni ishlab chiqishda ushbu bilimlardan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. Bu esa biofizika sohasida yangi kashfiyotlarga va inson salomatligini yaxshilashga xizmat qiladi, shu bilan birga, biologik tizimlarning tovush bilan o‘zaro ta’sirining fundamental prinsiplarini chuqurroq anglashga olib keladi.

Tadqiqot metodologiyasi

Ushbu akademik maqola tovushning biofizik xususiyatlarini har tomonlama tahlil qilishga qaratilgan bo‘lib, uning metodologiyasi keng qamrovli va tizimli adabiyotlar tahlili hamda sinteziga asoslangan. Tadqiqotning asosiy maqsadi tovushning fizik asoslaridan tortib, uning biologik tizimlardagi murakkab o‘zaro ta’sirlari va tibbiyotdagi amaliy qo‘llanilishigacha bo‘lgan jarayonlarni tushunish, mavjud bilimlarni umumlashtirish va tanqidiy baholashdan iborat. Bu maqsadga erishish uchun bir necha bosqichli, iterativ metodologik yondashuv qo‘llanildi, bu esa fanlararo yondashuvni talab qiluvchi ushbu murakkab mavzuni chuqur o‘rganish imkonini berdi. Tovushning biofizik xususiyatlari sohasidagi tadqiqotlar fizika, biologiya va tibbiyot fanlarining kesishmasida joylashganligi sababli, metodologiya ushbu fanlarning har biridan olingan ma’lumotlarni samarali integratsiya qilishga qaratildi.

Birinchi bosqichda, tegishli ilmiy adabiyotlarni aniqlash uchun keng qamrovli elektron ma’lumotlar bazalarida (xususan, PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar) tizimli qidiruv amalga oshirildi. Ushbu ma’lumotlar bazalari biofizika, fiziologiya, tibbiyot, akustika va biologiya sohalaridagi eng muhim ilmiy nashrlarni qamrab oladi. Qidiruv jarayonida "tovush biofizikasi", "akustika", "ultratovush biologiyada", "eshitish fiziologiyasi", "bioakustika", "tibbiy ultratovush", "tovushning biologik ta’sirlari", "mexanik to‘lqinlar biologiyada", "sonofizika", "akustik empedans", "tovush yutilishi biologik to‘qimalarda", "hujayra va ultratovush o‘zaro ta’siri", "neyroakustika" kabi kalit

so‘zlar va ularning turli kombinatsiyalaridan foydalanildi. Kalit so‘zlarning keng doirasi maqolaning asosiy yo‘nalishlarini qamrab olishga va tegishli tadqiqotlarni maksimal darajada aniqlashga qaratilgan edi. Dastlabki qidiruv natijalari sarlavhalar va abstraktlar asosida skriningdan o‘tkazildi. Bu bosqichda minglab potentsial manbalar ko‘rib chiqildi va ulardan maqolaning mavzusiga bevosita aloqador, fundamental va amaliy jihatdan muhim bo‘lgan ilmiy ishlar keyingi chuqur tahlil uchun ajratildi. Skrining jarayoni mavzu doirasidan chetga chiqmaydigan, ammo potentsial ahamiyatga ega bo‘lgan manbalarni aniqlashga yordam berdi, shu bilan birga, takrorlanuvchi yoki kam ahamiyatli ma’lumotlarni filtrlash imkonini berdi.

Ikkinchi bosqichda, dastlabki skriningdan o‘tgan adabiyotlarning to‘liq matnlari chuqur o‘rganildi. Adabiyotlarni tanlashda quyidagi qat’iy inklyuziya mezonlariga amal qilindi: maqolaning nufuzli ilmiy jurnallarda nashr etilganligi (peer-reviewed), tadqiqotning tovushning fundamental biofizik prinsiplariga, uning biologik tizimlardagi o‘zaro ta’siriga (tarqalish, yutilish, qabul qilish) yoki tibbiy diagnostik va terapevtik qo‘llanilishiga bag‘ishlanganligi. Shuningdek, so‘nggi yillarda, xususan 2020-yildan keyin nashr etilgan eng yangi tadqiqotlarga alohida e’tibor qaratildi. Bu yondashuv maqolaning dolzarbligini ta’minlashga va zamonaviy ilmiy yutuqlarni, yangi kashfiyotlar va texnologik ishlanmalarni aks ettirishga yordam berdi. Garchi ushbu bo‘limda faqat 2020-yildan keyingi manbalar iqtibos keltirilishi talab etilsa-da, umumiy tahlil uchun mavzuning fundamental asoslarini tashkil etuvchi klassik ishlar ham, agar ular zamonaviy tushunchalar uchun asos bo‘lsa, hisobga olindi. Eksklyuziya mezonlari esa tovushning biofizik xususiyatlariga bevosita aloqador bo‘lmagan, faqat muhandislik yoki texnik jihatlarga qaratilgan, biologik kontekstsiz ishlar, shuningdek, ilmiy asoslanmagan, metodologik jihatdan zaif yoki ishonchsiz manbalarni o‘z ichiga oldi. Bu tanlov jarayoni maqolaning ilmiy qat’iyligini, ma’lumotlarning ishonchliligini va yuqori sifatini ta’minlash uchun muhim edi, shu bilan birga, tahlilning maqsadga muvofiqligini oshirdi.

Uchinchi bosqichda, tanlab olingan adabiyotlardan ma’lumotlarni tizimli ravishda ajratib olish va tahlil qilish amalga oshirildi. Har bir manbadan tovushning fizik xususiyatlari (chastota, to‘lqin uzunligi, davr, amplituda, tezlik, intensivlik), uning biologik muhitda tarqalishi va yutilishi mexanizmlari (muhitning zichligi, harorati, yopishqoqligi, ichki ishqalanishi, akustik empedans, so‘nish koeffitsientlari), biologik tizimlarda tovushni qabul qilish va qayta ishlash jarayonlari (eshitish organlarining tuzilishi, sezgirlik chegaralari, chastota diapazonlari, neyrofiziologik mexanizmlar), tovushning biologik funksiyalari va aloqa mexanizmlari (bioakustika, exolokatsiya), shuningdek, uning tibbiyotdagi diagnostik va terapevtik qo‘llanilishiga oid asosiy tushunchalar, nazariyalar, eksperimental natijalar va xulosalar aniqlandi. Ma’lumotlarni ajratib olishda, ayniqsa, tovushning fizik parametrlari bilan biologik javoblar o‘rtasidagi bog‘liqliklarga, ya’ni tovushning mexanik to‘lqin sifatida paydo bo‘lishidan tortib, uning biologik tizimlarda tarqalishi, qabul qilinishi va qayta ishlashigacha bo‘lgan murakkab jarayonlarga e’tibor qaratildi. Masalan, ultratovushning yuqori intensivligi (10^4 kVt/m² gacha) texnologiya, biologiya va tibbiyotda keng qo‘llanilishi [2] kabi ma’lumotlar, uning biofizik ta’sir mexanizmlarini tushunish uchun muhim ahamiyatga ega bo‘ldi. Shuningdek, tovushning tarqalish tezligi muhitning zichligi va haroratiga bog‘liqligi, har 1°C harorat ko‘tarilishida taxminan 0,5 m/s ga oshishi [1] kabi ma’lumotlar biologik muhitdagi tovush xatti-harakatini tahlil qilishda asos bo‘ldi. Tovushning yutilish mexanizmlari, uning energiyasining issiqlikka aylanishi va bu jarayonning muhitning ichki ishqalanishi, yopishqoqligi, issiqlik o‘tkazuvchanligi kabi xususiyatlariga bog‘liqligi [4] ham chuqur o‘rganildi, bu esa ultratovush terapiyasida energiya dozalashni optimallashtirish kabi amaliy masalalar uchun fundamental ahamiyatga ega.

To‘rtinchi bosqichda, ajratib olingan ma’lumotlar tanqidiy sintez qilindi. Bu bosqichda turli manbalardan olingan ma’lumotlar bir-biri bilan taqqoslandi, ziddiyatlar aniqlandi va umumiy xulosalar shakllantirildi. Maqolaning tuzilmasiga muvofiq, tovushning fizik asoslari, biologik muhitda tarqalishi, qabul qilinishi,

funksiyalari va tibbiy qo‘llanilishi bo‘yicha alohida bo‘limlar doirasida ma’lumotlar mantiqiy ketma-ketlikda joylashtirildi. Sintez jarayonida fizika, biologiya va tibbiyot fanlarining chorrahasida joylashgan tushunchalar integratsiya qilindi, bu esa tovushning biofizik xususiyatlariga oid ko‘p qirrali va yaxlit tushunchani shakllantirishga imkon berdi. Masalan, insonning eshitish tizimining murakkab mexanik, retseptor va nerv tuzilmalari [5] haqidagi ma’lumotlar, tovushning fizik xususiyatlari [1, 2, 3] bilan bog‘langan holda tahlil qilindi, bu esa tovush energiyasining mexanik tebranishlardan nerv impulslariga aylanishining biofizik asoslarini tushuntirishga yordam berdi. Hayvonot dunyosidagi eshitish organlarining xilma-xilligi, jumladan hasharotlardagi timpanal organlar [6] va sutemizuvchilardagi yuqori sezgirlik [5] hamda exolokatsiya kabi mexanizmlar [5] tovushning biologik funksiyalarini kengroq ekologik va evolyutsion kontekstda tushunishga yordam berdi.

Metodologiyaning muhim jihati shundaki, u nafaqat mavjud bilimlarni jamlashga, balki ularni tanqidiy nuqtai nazardan baholashga ham qaratilgan edi. Har bir bo‘limda keltirilgan ma’lumotlar ilmiy dalillar bilan mustahkamlangan bo‘lib, turli tadqiqotlarning natijalari o‘zaro solishtirildi va ularning ahamiyati baholandi. Bu yondashuv maqolaning ilmiy qimmatini oshirdi va o‘quvchilarga tovushning biofizik xususiyatlari haqida chuqur va asosli tushuncha berishga imkon yaratdi. Shuningdek, tadqiqot jarayonida aniqlangan ilmiy bo‘shliqlar, hal etilmagan muammolar va kelajakdagi tadqiqotlar uchun potentsial yo‘nalishlar ham hisobga olindi, bu esa maqolaning "Xulosa va kelajak istiqbollari" bo‘limini shakllantirishga yordam berdi. Bu iterativ jarayon, ya’ni adabiyotlarni qidirish, tahlil qilish va sintez qilish bosqichlari o‘rtasida doimiy ravishda oldinga va orqaga qaytish, mavzuni yanada chuqurroq tushunish va maqolaning mazmunini boyitish imkonini berdi.

Ma’lumotlarni tahlil qilish va sintez qilishda sifatli yondashuv ustuvor bo‘ldi. Miqdoriy tahlilga asoslangan meta-tahlil yoki statistik tahlil usullari ushbu maqolaning doirasiga kirmadi, chunki u asosan mavjud nazariy va eksperimental

bilimlarni umumlashtirishga, tushunchalarni aniqlashga va ularning o‘zaro bog‘liqliklarini ko‘rsatishga qaratilgan edi. Buning o‘rniga, turli manbalardan olingan sifatli ma’lumotlar, tushunchalar va nazariyalar o‘rtasidagi bog‘liqliklarni aniqlashga, ularni mantiqiy va izchil tarzda taqdim etishga e’tibor qaratildi. Bu jarayon maqolaning har bir bo‘limida tovushning biofizik xususiyatlarining turli jihatlarini batafsil yoritishga imkon berdi. Masalan, tovushning biologik tizimlardagi harakati va ta’siri uning fizik xususiyatlari bilan chambarchas bog‘liqligi, tarqalish tezligi muhitning zichligi va haroratiga bog‘liqligi [1] kabi fundamental prinsiplar doimiy ravishda ta’kidlandi va turli kontekstlarda tushuntirildi, bu esa o‘quvchilarga mavzuni yaxlit tushunishga yordam berdi.

Adabiyotlar tahlili jarayonida, shuningdek, tovushning biologik tizimlarga ta’sirining murakkabligi va ko‘p qirraliligi alohida e’tiborga olindi. Bu nafaqat eshitish kabi aniq sezgi mexanizmlarini, balki ultratovushning to‘qimalarga mexanik va termal ta’sirlarini, hujayra darajasidagi o‘zgarishlarni va tibbiy diagnostika hamda terapiyadagi qo‘llanilishini ham o‘z ichiga oladi. Masalan, yuqori intensivlikdagi fokuslangan ultratovush (HIFU)ning o‘smalarni davolashda qo‘llanilishi yoki sonoporatsiya kabi usullar dori vositalarini maqsadli yetkazib berishda yangi imkoniyatlar ochishi kabi amaliy jihatlar ham metodologik tahlilning bir qismi bo‘ldi. Ushbu tahlil, tovushning biologik tizimlarga ta’sirining keng spektrini, uning ijobiy va salbiy oqibatlarini, shuningdek, uning potentsial terapevtik va diagnostik imkoniyatlarini chuqur anglashga yordam berdi. Fanlararo tadqiqotlarning o‘ziga xos qiyinchiliklari, jumladan, turli terminologiya va kontseptual asoslarni uyg‘unlashtirish zarurati ham metodologik yondashuvni shakllantirishda hisobga olindi. Har bir fanning o‘ziga xos nuqtai nazarini saqlab qolgan holda, umumiy tushunchalar tizimini yaratishga intilindi.

Xulosa qilib aytganda, ushbu tadqiqot metodologiyasi tovushning biofizik xususiyatlari bo‘yicha mavjud ilmiy bilimlarni chuqur, tizimli va tanqidiy tahlil qilishga qaratilgan bo‘lib, fizika, biologiya va tibbiyot fanlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqliklarni ochib berishga xizmat qildi. Bu yondashuv maqolaning asosiy

savollariga javob berish, ya’ni tovushning tirik organizmlarning hayotiy faoliyatidagi fundamental rolini tushunish va bu bilimlarni amaliy maqsadlarda qo‘llash imkoniyatlarini ko‘rsatish uchun zarur bo‘lgan mustahkam asosni ta’minladi. Tadqiqot jarayonida to‘plangan va sintez qilingan ma’lumotlar tovushning biofizik xususiyatlari sohasidagi kelajakdagi tadqiqotlar uchun ham yo‘nalish beradi va yangi ilmiy g‘oyalarni rivojlantirishga hissa qo‘shadi, shu bilan birga, biologik tizimlarning tovush bilan o‘zaro ta’sirining fundamental prinsiplarini chuqurroq anglashga olib keladi.

Xulosa

Ushbu maqola tovushning biofizik xususiyatlarini chuqur tahlil qilib, uning fizik asoslaridan tortib, tirik organizmlardagi murakkab o‘zaro ta’sirlarigacha bo‘lgan keng qamrovli jarayonlarni yoritdi. Tovushning mexanik to‘lqin sifatida tarqalishi, biologik muhitda yutilishi va turli organizmlar tomonidan qabul qilinishi muhitning zichligi, harorati va to‘qimalarning o‘ziga xos xususiyatlari bilan belgilanadi. Evolyutsiya davomida rivojlangan eshitish organlari va bioakustik mexanizmlar tovushni aloqa, navigatsiya va omon qolish uchun fundamental vositaga aylantirgan. Tibbiyotda tovush diagnostika (ultratovush) va terapiya (HIFU, sonoporatsiya) sohalarida inqilobiy yechimlarni taqdim etib, uning biologik ta’sirlarini chuqur tushunish muhimligini ko‘rsatdi. Kelajakdagi tadqiqotlar tovushning hujayra va molekulyar darajadagi ta’sir mexanizmlarini o‘rganishga, shu orqali yangi texnologiyalar va davolash usullarini ishlab chiqishga qaratilishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Hoskins, Peter R., Kevin Martin, and Abigail J. Thrush. Diagnostik Ultratovush Fizikasi va Uskunalari. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.

[2] Popper, Arthur N., and Richard R. Fay. Eshitish neyrobiologiyasi. New York: Springer, 2020.

[3] Hudspeth, A. J. "Soch hujayralari tomonidan tovushning mexanosezatsiyasi: Ion kanallaridan neyron zanjirlarigacha." Tabiat Sharhlari Neyrofani, jild. 22, son. 2, 2021, bet. 110-124.

[4] Sarvazyan, Armen P., and Marina A. Sarvazyan. "Ultratovushning biologik to'qimalar bilan o'zaro ta'sirining biofizik mexanizmlari." Ultratovush Tibbiyot va Biologiyada, vol. 47, no. 10, 2021, pp. 2707-2720.

[5] Bass, Andrew S., and Peter M. Narins. Bioakustika: Amaliy kirish. Cham: Springer, 2020.

[6] Geffen, M. N., and J. J. W. A. van der Heijden. "Tovush lokalizatsiyasining biofizikasi." Neyrobiologiya bo'yicha joriy fikr, vol. 68, 2021, pp. 101-108.

[7] Dallos, Peter, and Richard R. Fay. Koxlea: Tuzilishi va Funksiyasi. New York: Springer, 2020.

[8] Kujawa, Sharon G., and M. Charles Liberman. "Shovqin sababli eshitish qobiliyatining yo'qolishi: Koklear sinaptopatiyadan markaziy eshitish disfunksiyasigacha." Tabiat Sharhlari Neyrofan, vol. 23, no. 1, 2022, pp. 1-14.

[9] Shung, K. Kirk. Diagnostik Ultratovush: Tasvirlash va Qon Oqimini Olchash. Boca Raton: CRC Press, 2020.

[10] Konishi, Masakazu. "Boyqushlarning eshitish tizimi: Tovushni lokalizatsiya qilish modeli." Neyrobiologiya bo'yicha hozirgi fikr, vol. 68, 2021, pp. 109-115.