

## YER YUZIDA TABIIY RO‘Y BERADIGAN ZARBLI TO‘LQINLAR

**Baxora Baxodirovna Muratova**

“TIQXMMI” Milliy tadqiqotlar universitetining Qarshi irrigatsiya va agrotexnologiyalar insituti,  
“Matematika va tabiiy fanlar” kafedrasida assistenti.

### ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada kuchli zarbli to‘lqinlar, yer qimirlash o‘chog‘i, zarbli to‘lqinning tarqalish jarayoni, solitonlar, sun‘iy ravishda Yerda hosil qilingan zarbli to‘lqinlar, tovushdan tez uchar samolyot hosil qiladigan zarbli to‘lqinlari keltirilgan.

**Kalit so‘zlar:** Sferikfront, yer qimirlash o‘chog‘i, tez uchar samolyot, solitonlar, kotoastrofik oqibatlar, aylanma va yupqa to‘lqin fronti, Rixter shkalasi, porox va kimyoviy portlovchi moddalar, ovozi zarba, gipomarkaz.

Zarbli to‘lqin nima? [1] kitobda muallif uni aylanma va yupqa to‘lqin fronti (yo‘li) kabi tasovvur qilishni taklif etadi. "yupqa" deganda dengiz sathidagi havoda zarbli to‘lqinni qalinligi 0.025 mkm bo‘lgan to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalishi tushuniladi. Bu kattalik ko‘rinadigan yorug‘lik to‘lqini (0.4-0.76 mkm) dan 15-30 marta kichik. Kuchli zarbli to‘lqin tarqalayotgan jismda oldingi tinch holatiga qaraganda bosim, temperatura va zichlik ko‘p marta ortib ketadi. Shu sababli bu ta‘sir sohada tushib qolgan insonlarning va hayvonlarninghalok, binolar va inshoatlarni vayron bo‘lishiga olib keladi. [1] kitobda yozilishicha Yer yuzida har yili o‘n olti milliondan ortiq momaqaldiroq bo‘lishi, atmosferada esa har sekundda yuzdan ortiq chaqmoq chaqishi ro‘y beradi. Bunda to‘lqin oqimi kanalidagi temperatura o‘n ming gradusga, tok kuchi esa yuz ming amperga erishishi mumkin. Bunday oqim yo‘lidagi jismlarni bir zumda qizdiradi, siqadi va havoni ionlashtiradi. [2] da chaqmoq chaqishi jarayoni yoritilgan, bu jarayon laboratoriyada modellashtirilgan. Tajribada diametri 0.05 mkm bo‘lgan mis o‘tkazgich olinib, unga kondensator yordamida 2000 V kuchlanishli tok berilgan. Natijasida portlash bo‘lib o‘tkazgich nurli ionlashtirilgan kanal oqimini hosil qilib parlanib ketgan, ya‘ni ionlashgan mis bug‘lari kengayib, atrofga zarbli to‘lqin hosil qilgan. U momaqaldiroqni eslatadigan tovish to‘lqiniga aylanib, asta-sekin so‘ngan. [2] da muallifining fikriga ko‘ra, bu kanalni momaqaldiroq paytidagi chaqmoqni uzun kanal oqimi yo‘li analogi deb hisoblash mumkin. Zarbli to‘lqin hosil qiladigan ko‘p tarqalgan yana bitta tabiat hodisasi, bu yer qimirlashi. Har yili Yerda bir necha yuz ming yer qimirlashi yuz beradi. Ammo ko‘pchiligi kuchziz bo‘lib, oz qismigina katastrofik oqibatlarga olib keladi. Hozirgi zamon ifodalanishlarga ko‘ra Yerning ichki

qismi quyidagicha tuzilgan. Yer yadrosi radiusi yer shari radiusini yarmidan ozgina ko‘p ( 3500 km atrofida) va u nikel va temir aralashmasidan tuzilgan. Yadroning radiusi taxminan 1200 km bo‘lgan ichki kichik qismi qattiq va temperaturasi  $\sim 4150^{\circ}\text{C}$ . Yadroning tashqi qismi aftidan suyuqlikdan iborat. Albatta, qat‘iy aytadigan bo‘lsak, bunday yuqori temperaturadagi va bosimdagi ( $3 \cdot 10^{11}$  Pa tartibda) moddani suyuqlik deb atash mumkin emas. Har holda yadroda modda o‘zini suyuqlik kabi tutadi. Yerning qolgan deyarli barcha qismi (qalinligi) temperaturasi  $\sim 3900^{\circ}\text{C}$  bo‘lgan qattiq mantiyadan iborat. Nihoyat, tashqi eng yuza yuqa qismi qobiq deb ataladi. Uning qalinligi 5 – 8 km (okean ostidagi qalinligi) dan 60 – 80 km (Povir va Himolayning eng baland tog‘ tizmalari ostidagi qalinligi). Katta bosim ta‘sirida Yer ostida uzoq vaqt davomida mexanik kuchlanish to‘planadi. Masalan, Rixter shkalasi bo‘yicha 5 ball kuchga ega bo‘lgan yer qimirlashi 1 kt trotilni porlashiga ekvivalent, 7 ball – 1 Mt, 9 ball – 1000 Mt. Bunday katta miqdordagi energiyaning ajralib chiqishi so‘nishida har xil turdagi siysmitik to‘lqinlarni paydo qiladigan zarbli to‘lqinlarni hosil qiladi: ko‘ndalang, gorizontal (uzunasiga va ko‘ndalang) hajmli to‘lqinlar, hamda qobiq bo‘ylab tarqaladigan sirtli to‘lqinlar. Bu to‘lqinlar sirt chayqalishini va yer qobig‘ini portlashini keltiri chiqarib, o‘pirilishlarga va insonlarni o‘limiga olib keladi.

Yer qimirlash o‘chog‘i (gipomarkazi) 30 km dan 70 km chuqurlikkacha bo‘lishi mumkin. Hozirgi zamon faniga asosan yer qimirlashlari mantiyaga paydo bo‘ladi (avvallari yer qobig‘ida paydo bo‘ladi deb hisoblanardi). Tushunarliki, juda chuqur yer qimirlashi kam miqdordagi vayronaliklarni keltirib chiqaradi. Biroq, har bir yer qimirlashi zarbli to‘lqinni hosil qilishi haqida qat‘iy aniq ma‘lumot mavjud emas, chunki ajralib chiqqan energiya katta hajmdaga tarqaladi. Suv ostida bo‘lgan yer qimirlashi natijasida ulkan to‘lqinlar – sunamilar hosil bo‘lib, qirg‘oqlarda dahshatli vayronaliklarni sodir qiladi. Lekin sunamilar zarbli to‘lqinlarga kirmaydi, ular boshqa chiziqsiz to‘lqinlarga – dispersiya natijasida muhitlarda sodir bo‘ladigan *solitonlarga* misol bo‘ladi.[1].

Zarbli to‘lqin meteorit tushushida ya‘ni planetalar orasidagi fazodan toshli yoki temirli jismlarni yer atmosferasida bosqinchi tushushida sodir bo‘ladi. Ravshanki, meteoritlarning harakat tezligi ikkinchi kosmik tezlik ( $11,2 \text{ km/s}$ ) dan, massasi ham yetarli katta bo‘lib, bir necha o‘n tonnadan ortiq bo‘lishi mumkin.

Qisqa vaqt ichida atmosferada juda katta  $E$  energiya ajralib chiqsin. To‘lqin tarqalishini shunday holatini qaraymizki, uning frontida bosim atmosfera bosimidan ko‘p (marta) katta, tezligi esa tovush tezligidan ko‘p katta bo‘ladi. Zarbli to‘lqin harakati qonunini topamiz, ya‘ni  $r(t)$  bog‘liqlikni, bu yerda  $r(t)$  – to‘lqin frontidan portlash markazigacha bo‘lgan masofa,  $t$  –

vaqt.  $r$  ni  $t$  ni funksiyasi sifatida izlaymiz,  $E$  portlash energiyasi, hamda atrof muhitning zichligi  $\rho$ . Harakat qonuni quyidagi ko‘rinishda bo‘lsin

$$r = CE^\alpha \rho^\beta t^\gamma \quad (1)$$

Bu yerda  $C$  – o‘lchovsiz o‘zgarmas,  $\alpha, \beta$  va  $\gamma$  topilishi lozim bo‘lgan daraja ko‘rsatgichlari, (1)munosabatda chap va o‘ng tomondagi o‘lchovlar mos tushishini talab qilamiz. U holda quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\begin{cases} 2\alpha - 3\beta = 1 \\ \alpha + \beta = 0 \\ \gamma - 2\alpha = 0 \end{cases}$$

Tenglamani ishlab  $\alpha, \beta, \gamma$  larni topamiz.

$$\begin{cases} 2\alpha - 3\beta = 1 \\ \alpha + \beta = 0 \\ \gamma - 2\alpha = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2\alpha - 3\beta = 1 \\ 2\alpha + 2\beta = 0 \end{cases} \quad \text{shu sistemadan } \beta = -\frac{1}{5} \text{ ga teng bo‘ladi. Shu } \beta \text{ ni}$$

tenglamaga qo‘ysak  $\alpha = \frac{1}{5}$  va  $\gamma = \frac{2}{5}$  ekanligi kelib chiqadi. Shunday qilib, zarbli to‘lqin harakati qonuni quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi

$$r = C \left( \frac{E}{\rho} \right)^{1/5} t^{2/5} \quad (2)$$

Zarbli to‘lqin harakati tezligini bunday topish mumkin

$$v \sim \frac{r}{t} = C \left( \frac{E}{\rho} \right)^{1/5} t^{-3/5} \quad (3)$$

Nisbatan aniq yozadigan bo‘lsak

$$v = \frac{dr}{dt} = \frac{2}{5} C \left( \frac{E}{\rho} \right)^{1/5} t^{-3/5}.$$

Hosil qilingan munosabat juda samarali bo‘lib, tajriba o‘tkazishdagi zo‘riqish va xarajatlarni iqtisod qildi. Haqiqatan ham, ma’lum  $E$  va  $\rho$  larda yagona portlash qilish, hamda to‘lqin qaysi  $r$  masofagacha qancha vaqtda borishini o‘lchash orqali o‘lchovsiz  $C$  koeffisientni aniqlash mumkin. Bunda albatta portlashlar bir xil turda (barcha portlashlarda  $C$  o‘zgarmas bir xil) bo‘lishi lozim. (2)va (3)formulalardagi daraja ko‘rsatgichlari tushunarsiz tuyulishi mumkin, bu ikkilanishni yo‘qotish uchun  $\rho v^2$  ni  $r^3$  ga o‘zgarmas aniqligida ko‘paytmasini topamiz (ravshanki, hosil qilingan miqdor energiya o‘lchovi aniqligida bo‘lishi lozim).Shunday qilib,

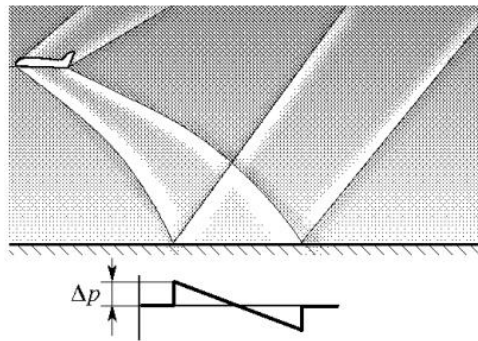
kutilgan  $\rho v^2 r^3 \sim E$  natijani hosil qilamiz.

Olingan formuladan foydalanib, zarbli to‘lqin bosimini baholash mumkin. Agar harakat qonuni (2) formula orqali berilsa  $t$  vaqtdagi energiya zichligini  $E / r^3$  kabi baholash mumkin. Bu miqdor bosim o‘lchoviga teng. Shu sababli, zarbli to‘lqin frontidagi bosimni uning biror xarakterlovchisi deb taxmin qilish mumkin. Shunday qilib,

$$p \sim \frac{E}{r^3} \sim E^{2/5} \rho^{3/5} t^{-6/5} \quad (4)$$

Zarbli to‘lqin bosimini hisoblash juda qiyin, chunki energiya sferik front bo‘ylab tekis taqsimlanmaydi. Ammo shunisi qiziqki, topilgan kombinatsiyada  $E, \rho$  va  $t$  larning aniq formulalari kiradi. (2) va (4) munosabatlar shuni ko‘rsatadiki, mavzu boshida keltirilgan sifatli ifodalanishida zarbli to‘lqinni harakatini sekinlashi va so‘nishi hech bir qonunga bo‘ysunmaydi. Shuni yana bir marta qayd etamizki, bu ifodalanish  $p$  bosim tashqi  $p_0$  bosimdan juda katta, tezligi  $v$  esa tovush tezligidan katta bo‘lgandagina o‘rinli.

Inson kuchli zarbli to‘lqinlarini paydo qilishni porox va zamonaviy kimyoviy portlovchi moddalarni ixtiro etgandan so‘ng o‘rgandi, keyin esa yadro qurolini ixtiro qilganida bilgan. Shu sababli biz tez-tez uchratib turadigan bir nechta kuchsiz zarbli to‘lqinlarni qaraymiz.



1-Rasm. Tovushdan tez uchar samolyot hosil qiladigan zarbli to‘lqinlari.

Barchaga tanish bo‘lgan zarbli to‘lqinga misol tovushdan tez uchar samolyot harakatida yuzaga keladigan ovozli zarba. Samolyot tovush tezligidan past tezlikda uchsa, u holda to‘lqinni bosimi barcha tomonga konsentrik doira shaklida tarqaladi, ya‘ni bu oqmay turgan suvda tosh tashlangan joydan konsentrik doira shaklida tarqalayotgan to‘lqinga o‘xshaydi. Tovushdan tez uchayotganda to‘lqin samolyotdan orqaga qoladi, va uning orqasidagi konussimon sirt ichiga jamlanadi. Max konusi deb ataladigan bu sirtida zaif bosim tebranishlari (buzilishlari) qo‘shilib, ikkita konik zarbli to‘lqin hosil bo‘lishiga olib keladi, ular bosh va quyruq zarbli to‘lqinlari. Ikkala to‘lqin ham yer sirtiga tushadi va atmosferaga teskari akslanadi. Bosh to‘lqin oldidagi fazo buzilgan emas, demak, tinch. Tovushdan tez uchar samolyot korinishi mumkin, ammo zarbli to‘lqin yerga yetib borgunicha undan qanday ovoz eshitilmaydi. Bu holat suvda

harakatlanayotgan ob`ektning oraqasidagi sirt to'liqini eslatadi. Konus yasovchisi va traektoriya

orasidagi burchak (Max burchagi)  $\sin \alpha = \frac{c_s}{v}$  munosabat bilan aniqlanadi, bu yerda  $c_s$  –

tovush tezligi,  $v$  – samolyot tezligi.  $v / c_s$  nisbat Max soni deyiladi  $M = \frac{v}{c_s}$

Bosh qismi to'liqini siqilish natijasi, ortdagi to'liqin esa bosim ostida hosil bo'ladi. Shunday qilib, lotincha  $N$  harfini eslatadi. Haqiqatda esa samolyotdan uzoq bo'lmagan masofada bosim tarqalishi juda murakkab ko'rinishda bo'ladi: u samolyotning har xil qismlari ta'sirida yuzaga kelgan bir necha sakrashlar bilan xarakterlanadi [2]. Biroq yerga tomon to'liqin tarqatuvchi ta'sir hisobida sozlanadi va natijada  $N$  – ko'rinishga keladi. Hozirgi zamon tovushdan tez uchar samolyot hosil qiladigan Yer sirtidagi bosim tushishi  $100 \text{ Па}$  dan oshmaydi.

Ma'lumki, zarbli to'liqlar paydo bo'lishi uni hosil qiladigan nochiqizli differensial tenglamalar yechimlarining xossalari bog'liq.[1]. Zarbli to'liqlar hayotimizda tez-tez uchrab turganligi sababli u haqida ma'lumotlar va tushunchalarga ega bo'lish barcha yoshdagi o'quvchilar uchun muhim ahamiyatga ega.

#### Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Н.М.Рыскин , Д .И.Трубецков. Нелинейные волны, 2010. 296 с.
2. Гласс И. И. Ударные волны и человек. М ..Мир, 1977. 194 с.
3. Эйби Дж. А. Землетрясения. М.: Недра, 1982.
4. Ферхутен Дж., Тернер Ф., Вейс Л., Вархафтинг К., Файф У. Земля. Введение в общую геологию. Т. 1,2. М.: Мир, 1974.
5. Дж.Уизем. Линейные нелинейные волны. М.: Мир, 1977. 622