FIZIKA

Quzratov Muxriddin Akram o‘g‘li (Qarshi davlat universiteti doktoranti;
e-mail: quzratovm95@gmail.com; DOI: https://orcid.org/0009-0009-9469-1853)

SIRT TO‘LQINLARI VA ULARNING TARQALISHI

Annotatsiya. *Ushbu maqolada sirt to‘lqinlarining fizikaviy xususiyatlari va ularning seysmologiyadagi ahamiyati tahlil qilinadi. Sirt to‘lqinlari mexanik obyektlarning sirtga ta’siri natijasida hosil bo‘lib, ular bo‘ylama va ko‘ndalang tebranishlarning kombinatsiyasidan tashkil topadi. Maqolada Reley va Love to‘lqinlarining xususiyatlari, tarqalish shartlari hamda ularning zilzila vaqtida Yer yuzasida qanday harakatlanishi batafsil bayon etilgan. Love to‘lqinlarining dispersiv xususiyati va Reley to‘lqinlarining zarrachalar harakati retrograd ellips shaklida ekanligi ta’kidlanadi. Shuningdek, maqolada zilzilalar vaqtida global sirt to‘lqinlarining Yer bo‘ylab tarqalishi va seysmik yozuvlarda ularning ahamiyati muhokama qilinadi.*

Kalit so‘zlar: *sirt to‘lqinlari, seysmologiya, Reley to‘lqinlari, Love to‘lqinlari, zilzila, tebranish, to‘lqin uzunligi, dispersiya, zarracha harakati, seysmik yozuvlar, P-to‘lqin, S-to‘lqin, teleseysmalar, global sirt to‘lqinlari, elastiklik nazariyasi.*

Кузратов Мухриддин Акрам оғли (Каршинский государственный университет, докторант)

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОЛНЫ И ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ

Аннотация. *В данной статье анализируются физические свойства поверхностных волн и их значение в сейсмологии. Поверхностные волны возникают в результате воздействия механических объектов на поверхность и представляют собой комбинацию продольных и поперечных колебаний. В статье подробно рассматриваются свойства волн Рэлея и Лава, условия их распространения, а также их движение по поверхности Земли во время землетрясений. Отмечается дисперсионный характер волн Лава и то, что движение частиц в волнах Рэлея имеет форму ретроградной эллиптической траектории. Кроме того, обсуждается распространение глобальных поверхностных волн по Земле во время землетрясений и их значение в сейсмических записях.*

Ключевые слова: *поверхностные волны, сейсмология, волны Рэлея, волны Лава, землетрясение, колебание, длина волны, дисперсия, движение частиц, сейсмические записи, P-волна, S-волна, телесейсмы, глобальные поверхностные волны, теория упругости.*

Quzratov Muxriddin Akram ugli (Karshi State University, PhD student).

SURFACE WAVES AND THEIR PROPAGATION

Annotation. *This article analyzes the physical properties of surface waves and their significance in seismology. Surface waves arise due to the interaction of mechanical objects with the surface and consist of a combination of longitudinal and transverse oscillations. The article provides a detailed explanation of the characteristics of Reley and Love waves, their propagation conditions, and their movement on the Earth's surface during an earthquake. The dispersive nature of Love waves and the retrograde elliptical motion of Reley wave particles are highlighted. Additionally, the article discusses the global propagation of surface waves during earthquakes and their importance in seismic recordings.*

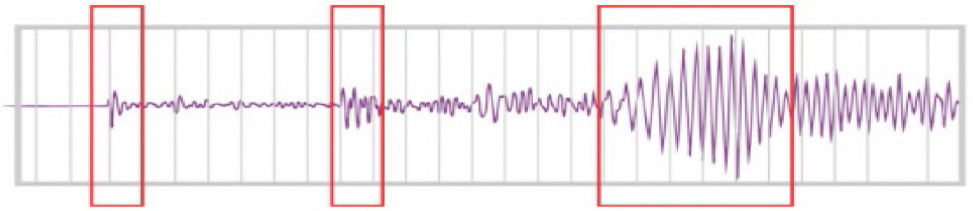
Keywords: *surface waves, seismology, Rayleigh waves, Love waves, earthquake, vibration, wavelength, dispersion, particle motion, seismic records, P-wave, S-wave, teleseisms, global surface waves, elasticity theory.*

Kirish. Fizika va texnikada sirt to‘lqinlari alohida o‘rin tutadi. Sirt to‘lqinlari sirt bo‘yicha tarqaladi. Sirt to‘lqinlari mexanik ob’ektlarning sirtga ta’siridan hosil bo‘ladi. Sirt to‘lqinlarida zarrachalar bir vaqtning o‘zida ham bo‘ylama, ham ko‘ndalang tebranishlarda bo‘lib, trayektoriyalari elliptik va bundan ham murakkabroq bo‘ladi. To‘lqinlarni harakterlovchi asosiy fizik kattaliklar – ularni to‘lqin uzunligi λ, tezligi v, davri T lardir. To‘lqinning to‘lqin uzunligi, deb bir xil fazada tebranuvchi ikki eng yaqin nuqta orasidagi masofaga aytiladi. To‘lqinning bir to‘la tebranishiga ketgan vaqt to‘lqin davri T deyiladi. Davrga teskari bo‘lgan qiymat bu chastota f hisoblanadi.

Tadqiqot metodologiyasi. Uzoq masofadagi zilzilalar (teleseysmalar)ning seysmik yozuvlarida, odatda, eng katta amplitudali to‘lqinlar Yer yuzasini kuzatib boradigan va uning ichki qismiga kirmaydigan yuzaki to‘lqinlardir. Istisno sifatida chuqur o‘choqli zilzilalarning seysmogrammalari ko‘rsatiladi, chunki ular yuzaki to‘lqinlarni samarali hosil qilmaydi va natijada ichki to‘lqinlar (tan to‘lqinlari) ko‘proq seziladi. Teleseysmik yozuvlarda yuzaki to‘lqinlarning ustunligi to‘lqinlarning geometrik tarqalish effektiga bog‘liq [1]. Bunda seysmik to‘lqinlari P-yoki S-to‘lqinlar sifatida tasniflanishi mumkin bo‘lsa, seysmik sirt to‘l-

qinlar ham ikki toifaga bo‘linadi. Ular ba’zan umumiy holda L-to‘lqinlar deb ataladi va Releу to‘lqinlari (RW) hamda Love to‘lqinlari (LW)ga bo‘linadi. Ushbu to‘lqinlar bir-biridan ularning to‘lqin frontlaridagi zarracha harakatining turiga ko‘ra farqlanadi [2].

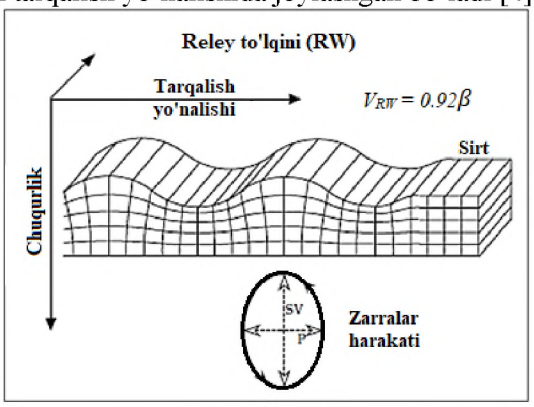
Sirt to‘lqinlarini tavsiflashda, to‘lqin frontidagi zarrachalarning harakati uchta o‘zaro perpendikulyar komponentga ajratiladi: nur yo‘nalishiga parallel bo‘lgan bo‘ylama tebranish (P-to‘lqin harakati), nur yo‘nalishini o‘z ichiga olgan vertikal tekislikdagi ko‘ndalang tebranish (vertikal kesish yoki SV-to‘lqin) va gorizontal ko‘ndalang tebranish (gorizontal kesish yoki SH-to‘lqin). Harakatning ushbu komponentlari faqat sirt qatlamlar bilan cheklangan bo‘lib, ikki xil sirt to‘lqinlarning zarracha harakati va xususiyatini ham belgilaydi [3].



1-rasm. Releу to‘lqinlari.

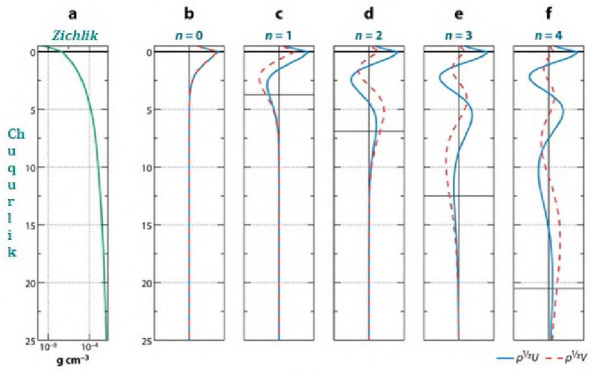
1885-yilda Lord Releу yarim cheksiz elastik yarim fazoning erkin sirtida tarqaladigan sirt to‘lqinini tasvirlab bergan. Releу to‘lqinining oldingi qismidagi zarrachalar vertikal tekislikda tebranish uchun qutblangan. Zarrachalarning harakati P-va SV-tebranishlarning kombinatsiyasi sifatida qaralishi mumkin.

Agar Releу to‘lqini tarqalish yo‘nalishi kuzatuvchining o‘ng tomoniga qarab bo‘lsa, zarrachalarning harakati vertikal tekislikda teskari yo‘nalishdagi (retrograd) ellipsni hosil qiladi. Ushbu ellipsning katta o‘qi vertikal, kichik o‘qi esa to‘lqin tarqalish yo‘nalishida joylashgan bo‘ladi [4].



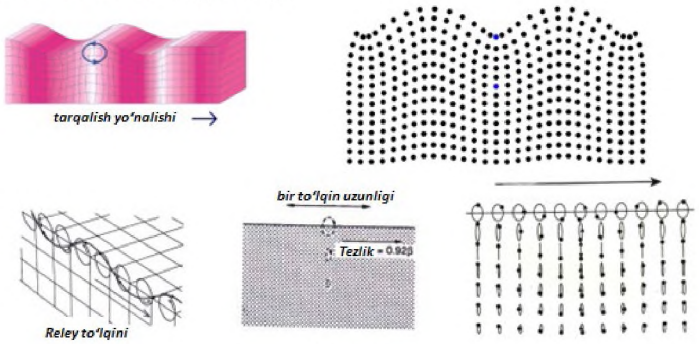
2-rasm.

Agar qattiq jismlar uchun Puasson munosabati bajarilsa (ya'ni, Puasson koeffitsienti ν=0.25), Reyli to‘lqinlari nazariyasi Reyli to‘lqinlari tezligi (V_{LR}) S-to‘lqinlar tezligi β ning 0.9194 qismiga teng bo‘lishini ko‘rsatadi. Yer sharoitida bu hol, taxminan, shunday:



3-rasm.

Zarrachalarning siljishi faqat muhit sirtida sodir bo‘lmaydi. Reyli to‘lqini o‘tishi natijasida erkin sirt ostidagi zarrachalar ham ta'sirlanadi; bir jinsli yarim fazoda zarrachalarning siljish amplitudasi chuqurlik ortishi bilan eksponensial ravishda kamayadi [3]. Sirt to‘lqini kirish chuqurligi odatda amplitudasi sirt qiymatining e_{-1} qismini tashkil qiladigan chuqurlik sifatida olinadi. To‘lqin uzunligi λ bo‘lgan Reyli to‘lqinlari uchun xos kirish chuqurligi taxminan 0.4 λ ga teng.



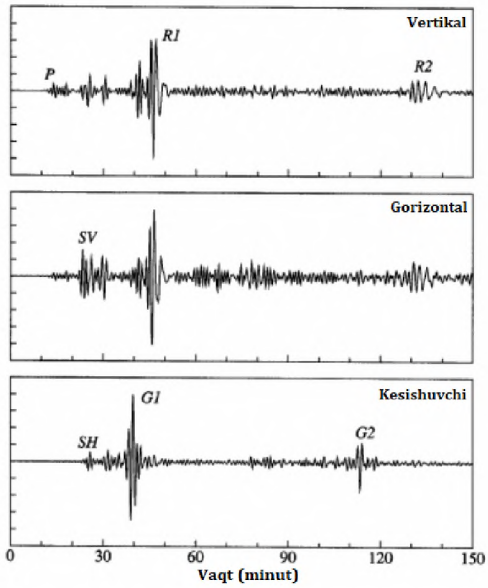
4-rasm.

Yarim cheksizning erkin yuzasida kuchlanish komponentlarini boshqaradigan chegara shartlari elastik yarim bo‘shliq SH to‘lqinlarining sirt bo‘ylab tarqalishini taqiqlaydi [5].

Biroq, elastiklik nazariyasi va seysmologiyaga o‘z hissasini qo‘shgan britaniyalik matematik 1911-yilda Augustus Edward Hough Love shuni ko‘rsatdiki, agar erkin sirt va cheksiz yarim faza o‘rtasida gorizontal qatlam joylashgan bo‘lsa, qatlam ichidagi SH-to‘lqinlar qatlamning yuqori va pastki chegaralaridan superkritik burchaklarda aks etib, konstruktiv interferensiya hosil qilishi mumkin va natijada zarrachalarning gorizontal harakati bilan sirt to‘lqini yuzaga keladi. Shu bilan matematik Love to‘lqinini nazariy jihattan kashf qilgan. Love to‘lqinlari elastik qatlamlarda, ayniqsa, Yer po‘stining ustki qismida tarqaladigan sirt to‘lqinlaridir. Ular, asosan, gorizontal siljish xarakteriga ega bo‘lib, zilzilalar vaqtida katta zarar yetkazishi mumkin [5].

S-to‘lqinlarning tezligi β_1 yaqin sirt qatlamida ostidagi yarim fazadagi tezlikdan β_2 kichik bo‘lishi kerak. Love to‘lqinlarining tezligi (VLQ) ushbu ikki chegaraviy qiymatlar orasida yotadi: β_1<VLQ<β_2 Nazariyaga ko‘ra, juda qisqa to‘lqin uzunligiga ega Love to‘lqinlari yuqori qatlamning sekinroq tezligi β_1 ga yaqin tezlikda tarqaladi, uzun to‘lqin uzunliklari esa quyi muhitning tezroq tezligi β_2 ga yaqin tezlikda tarqaladi. Tezlikning to‘lqin uzunligiga bog‘liqligi dispersiya deb ataladi.

Love to‘lqinlari har doim dispersivdir, chunki ular faqat tezlik qatlami mavjud bo‘lgan muhitda tarqala oladi. Love va Reyli to‘lqinlari Yer sharida katta doira yo‘llari bo‘ylab tarqaladi. Kuchli zilzilalardan kelib chiqqan sirt to‘lqinlari Yer atrofida bir necha marta aylanishi mumkin. Ular global sirt to‘lqinlari deb ataladi [6].



5-rasm.

Tahlil va natijalar. Epitsentral masofa D° bo‘lgan seysmik stansiyaga birinchi yetib keladigan sirt to‘lqinlar guruhi qisqaroq katta doira yo‘li bo‘ylab harakatlangan bo‘ladi, keyinchalik, yetib keladigan to‘lqinlar esa 360°-D° asosiy yoy yo‘li bo‘ylab harakatlangan bo‘ladi.

Ushbu yetib keluvchi guruhlar mos ravishda Reyli to‘lqinlari uchun R1, R2, R3, R4 va hokazo. Love to‘lqinlari uchun esa G1, G2, G3, G4 va hokazo deb ataladi. R3 (yoki G3) 360° + D° yo‘l bo‘ylab, R4 esa 720°- D° yo‘l bo‘ylab harakatlangan bo‘ladi.

5-rasmda P, SV, SH, R1, R2, G1 va G2 to‘lqinlarining uzoq muddatli yozuvlari misol tariqasida keltirilgan. Ushbu yozuvlar vertikal (Z) va ikki aylangan gorizontal komponentlarda (radial R va kesishuvchi T) ko‘rsatilgan. Kutilganidek, P-to‘lqinlar faqat Z va R komponentlarida paydo bo‘ladi, S-to‘lqinlar esa SV va SH energiyasiga ega. Love to‘lqinlar guruhlari G1 va G2 T-komponentida eng kuchli bo‘ladi va R1 dan oldin yetib keladi, R2 esa faqat R va Z komponentlarida ko‘rinadi.

Xulosa va takliflar. Ushbu maqolada sirt to‘lqinlarining fizik xususiyatlari, ularning tarqalish shartlari va seysmologiyadagi ahamiyati batafsil tahlil qilindi. Reley va Love to‘lqinlari yer yuzasi bo‘ylab harakatlanib, zilzilalar natijasida eng katta ta’sir ko‘rsatadigan to‘lqinlar hisoblanadi. Reley to‘lqinlari zarrachalarning retrograd ellips bo‘ylab tebranishi bilan tavsiflanadi, Love to‘lqinlari esa faqat gorizontal tebranishlar hosil qiladi. Ushbu to‘lqinlarning tezligi, dispersiv xususiyatlari va ularning global tarqalishi seysmik tadqiqotlar uchun muhim ahamiyatga ega. Zilzilalar vaqtida kuzatiladigan sirt to‘lqinlari yer po‘stining tuzilishini aniqlash va seysmik xavflarni baholashda muhim rol o‘ynaydi.

Foydananilgan adabiyotlar ro‘yxati:

(1). Lay, T.,& Wallace, T.C. (1995). Modern Global Seismology. Academic Press.

(2). Shearer, P.M. (2019). Introduction to Seismology. Cambridge University.

(3). Aki, K.,& Richards, P.G. (2002). Quantitative Seismology. University Science Books.

(4). Rayleigh, L. (1885). On Waves Propagated along the Plane Surface of an Elastic Solid. Proceedings of the London Mathematical Society, 17(1), p. 4–11.

(5). Love, A.E.H. (1911). Some Problems of Geodynamics. Cambridge University Press.

(6). Stein, S.,&Wysession, M. (2003). An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure. Blackwell Publishing.