

თხელი ფენის გავლენა ტალღურ სურათზე გარდატეხილი ტალღების მეთოდის გამოყენებისას

კიტოვანი დ.

*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
მიხეილ ნოდიას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი*

კრისტალური ფუნდამენტის კვლევა სეისმოიდეების ერთ-ერთ მთავარ ამოცანას წარმოადგენს, ვინაიდან მასთან არის დაკავშირებული სასარგებლო წიაღისეულის და აგრეთვე გაზის და ნავთობის საბადოების არსებობა. კრისტალური ფუნდამენტის შესწავლა გულისხმობს მისი ჩაწოლის სიღრმის და გეომეტრიის დადგენას, ტექტონიკური რღვევების გამოვლენას, მისი ლითოლოგიური შემადგენლობის განსაზღვრას.

გარდატეხილი ტალღების მეთოდს შეუძლია ამ ამოცანების წარმატებით გადაჭრა. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ის, რომ ამ მეთოდის საშუალებით შეიძლება განვსაზღვროთ ქვედა ფენაში (ანუ კრისტალურ ფუნდამენტში) მოცულობითი ტალღების გავრცელების სიჩქარეები, რაც წარმოდგენას გვაძლევს მის ნივთიერ შემადგენლობაზე. ამიტომ, გარდატეხილი ტალღების მეთოდმა მოიპოვა ფართო გავრცელება. თუმცა, ამ მეთოდის გამოყენებისას ზოგჯერ ვერ ხერხდება ზემოთ თქმული ამოცანების გადაჭრა სათანადო სიზუსტით. ამის ერთ-ერთი მთავარი მიზეზია მეთოდის ფიზიკური საფუძვლების არასაკმარისი დამუშავება, განსაკუთრებით რთულად აგებული გარემოებებისთვის (საქართველოს წიაღი სწორედ ასეთ გარემოს წარმოადგენს).

ამ სტატიის ამოცანაა თეორიული მოდელების საშუალებით მეთოდის როგორც ძლიერი, ისე სუსტი მხარეების ჩვენება.

მოდელი 1. (ვერტიკალური საფეხური)

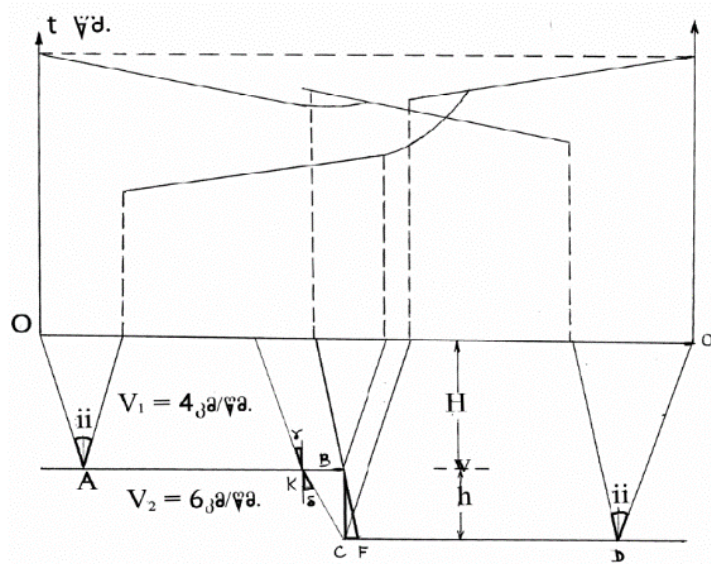
ვთქვათ გვაქვს ორფენიანი გარემო და მათში სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარეები მუდმივია. ჩავთვალოთ, რომ ფენები სქელია, ანუ სრულდება გეომეტრიული სეისმიკის კანონები და $V_2 > V_1$ სადაც V_1 და V_2 შესაბამის გარემოში ტალღების გავრცელების სიჩქარეებია ($V_1 = 4,0$ კმ/წმ $V_2 = 6,0$ კმ/წმ). დავუშვათ ასევე, რომ ამ ფენების გამყოფი ზედაპირი ბრტყელი და ჰორიზონტულია, მაშინ იმ ტალღების ჰოდოგრაფის განტოლებებს, რომლებიც დაიკვირვებიან პირველ შემოსვლებში, შემდეგი სახე ექნებათ:

$$\begin{aligned} t(OABx) &= 2H/V_1 \cos i + x_1/V_2 \quad 2Htgi \leq x_j \leq x_{BC} + Htgi \\ t(OA_1CDx) &= x_j - x_{BC} / V_2 + H/V_1 \cos \alpha + h/V_2 \cos \beta + (H+h) \cos i / V_1 \\ x_j &\geq x_{BC} + (H+h)tgi \\ t_{dif} (OABX_j) &= x_{BC} / V_2 + H \cos i / V_1 + \sqrt{H^2 + (x_j - x_{BC})^2} \\ t(O_1DFx_j) &= x_j / V_2 + 2(H+h) \cos i / V_1 \quad 2(H+h) tgi \leq x_j \leq x_{BC} + Htgi \end{aligned}$$

$$t(O_1DCKX_j) = x_{BC}/V_2 + (H+h) \cos i / V_1 + h/V_2 \cos \delta + h/V_1 \cos \gamma$$

$$x_j = x_{BC} + htg \delta + Htg \gamma \quad \sin \gamma = n \sin \delta$$

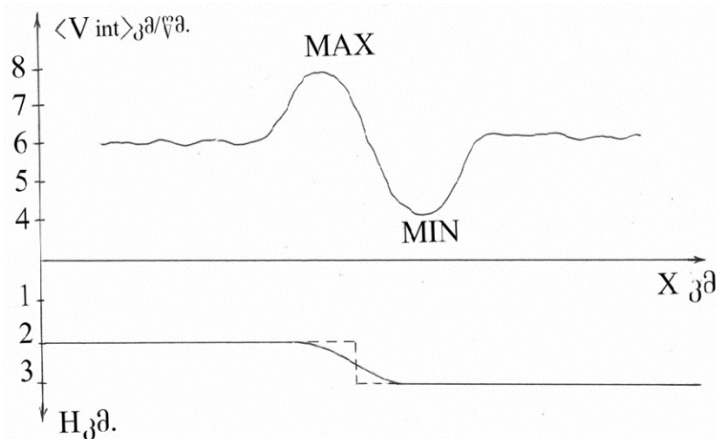
სადაც h არის ტექტონიკური საფეხურის ამპლიტუდა (ჩვენს შემთხვევაში $h = 1$ კმ) H – ქვედა ფენის ჩაწოლის სიღრმე ამოწეული ფრთის თავზე ($H=2$) X_j – მიმდინარე კოორდინატა, n – გარდატეხის მაჩვენებელი (დანარჩენი აღნიშვნები იხ. ნახაზი.1).



ნახ. 1.

ამ განტოლებების საშუალებით აგებულ ჰოდოგრაფებს ექნებათ შემდეგი სახე (ნახ. 1).

დროთა ველის მეთოდის გამოყენებით თუ ავაგებთ ინტერვალური საზღვრითი სიჩქარეების გრაფიკს, მივიღებთ შემდეგ სურათს (ნახ. 2.), რომლის ინტერპრეტაცია სირთულეს არ წარმოადგენს. ამ გრაფიკიდან ვხედავთ, რომ ვერტიკალური საფეხურის თავზე გვაქვს მაქსიმუმი (MAX), ხოლო დაწეული ფრთის თავზე კი მინიმუმი (MIN) ინტერვალური სიჩქარეების მნიშვნელობებში.



ნახ. 2.

პირდაპირი ჰოდოგრაფი შედგება სამი მონაკვეთისგან: პირველი მონაკვეთი, ისევე, როგორც მესამე, შეესაბამება მეწინავე ტალღას ($V_2 = 6.0$ კმ/წმ); მეორე მონაკვეთი შეესაბამე-

ბა დიფრაგირებულ ტალღას. იგი მდებარეობს ვერტიკალური საფეხურის დაწეული ფრთის თავზე ($V_{\text{დიფრ}} V_2$), ამიტომ დაწეული ფრთის თავზე გვაქვს მინიმუმი ინტერვალური სიჩქარეების მნიშვნელობებში.

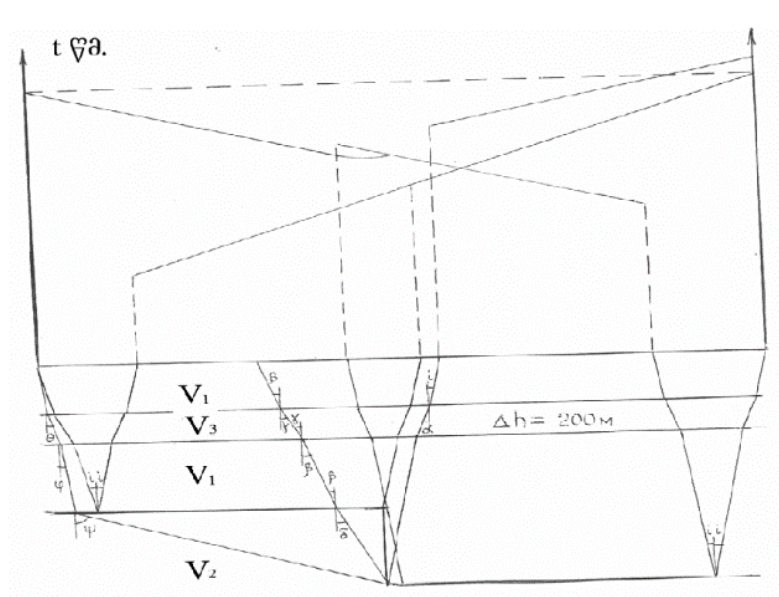
რაც შეეხება შებრუნებულ ჰოდოგრაფს, იგი შედგება ორი მონაკვეთისაგან: პირველი მონაკვეთი შეესაბამება მეწინავე ტალღას სიჩქარით $V_2 = 6.0 \text{ კმ/წმ}$, ხოლო მეორე მონაკვეთი არის დიფრაგირებული გამავალი ტალღის ჰოდოგრაფი, რომელიც ხასიათდება ცვალებადი სიჩქარით: უშუალოდ საფეხურის თავზე მოჩვენებითი სიჩქარე უსასრულოა (ტალღის ფრონტი დღიური ზედაპირის პარალელურია), ხოლო შემდეგ მისი მნიშვნელობა სწრაფად ეცემა და ხდება $V_2 = 6.0 \text{ კმ/წმ}$.

ყოველივე ზემოთქმულიდან შეიძლება დავასკვნათ:

1. გარდატეხილ ტალღათა მეთოდი იძლევა საშუალებას საკმაოდ მაღალი სიზუსტით განვსაღვროთ საკვლევი ჰორიზონტის, ჩაწოლის სიღრმე, ასევე მასში გავრცელებული ტალღის საზღვრითი სიჩქარე.
2. ამ მეთოდის საშუალებით შესაძლებელია აგრეთვე ტექტონიკური რღვევების გამოვლენა ანუ საზღვრის (გამყოფი ზედაპირის) გეომეტრიის დადგენა.

მოდელი 2 (თხელი ფენა მომატებული სიჩქარით)

დავუშვათ გვაქვს ისეთივე ორფენიანი გარემო იგივე პარამეტრებით, რაც პირველ მოდელში, ოღონდ იმ განსხვავებით, რომ პირველ გარემოში არსებობს თხელი ფენა, რომელშიც ტალღის გავრცელების სიჩქარე მომატებულია პირველ გარემოსთან შედარებით ($V_3 = 5.5 \text{ კმ/წმ}$). განსაზღვრება „თხელი ფენა“ ნიშნავს, რომ ფენის სისქე $\Delta h < \lambda/2$, სადაც λ იმ ტალღის სიგრძეა, რომელიც რეგისტრირდება საველე სამუშაოების დროს. ჩვენს შემთხვევაში ჩავთვალოთ, რომ $\Delta h = 200 \text{ მ}$. იმ შემთხვევაში, გარემოების გამყოფი საზღვარი თუ ჰორიზონტულია და ზედა გარემოში გვაქვს მომატებულ სიჩქარიანი თხელი ფენა, ამ დროს მის ქვემოთ მდებარე ფენების ეკრანირება არ ხდება, რადგან ტალღა თითქოს ვერ ხედავს არსებულ წინაღობას და თავისუფლად „გადაახტება“ მას.



ნახ. 3.

სიტუაცია ძირეულად იცვლება, როცა გარდამტეხი საზღვარი შეიცავს ტექტონიკურ საფეხურს.

პირველ შემოსვლებში დაკვირვებულ ტალღათა ჰოდოგრაფების განტოლებებს ექნებათ შემდეგი სახე (ნახ. 3)

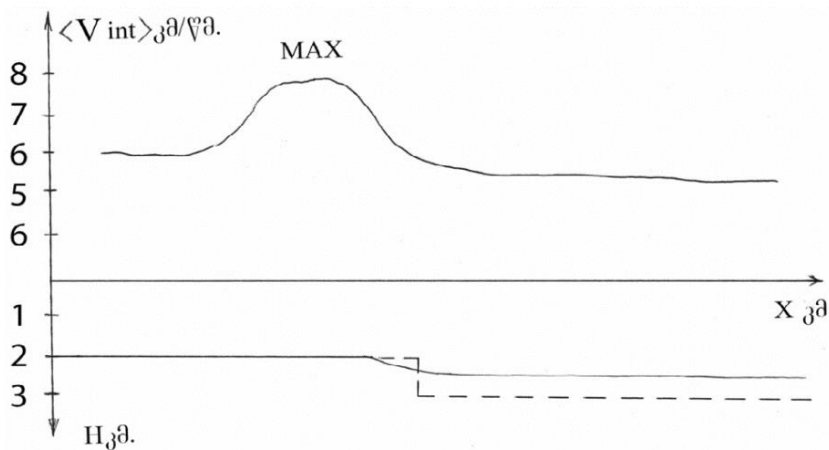
$$t_{1(\text{პირდაპირი})} = H - \Delta h / V_1 \cos i + \Delta h / V_3 \cos \alpha + \{ x_{BC} - [(H - \Delta h) \operatorname{tgi} + \Delta h \operatorname{tg} \alpha] \} / V_2$$

$$t_{2(\text{პირდაპირი})} = H - \Delta h / V_1 \cos \phi + \Delta h / V_3 \cos \theta + h / v_2 \cos \psi + H = h - \Delta h / V_1 \cos i + \Delta h / V_1 \cos \alpha + \{ 2x_{BC} - [(H - \Delta h) \operatorname{tg} \phi + \Delta h \operatorname{tg} \theta + (H + h - \Delta h) \operatorname{tgi} + \Delta h \operatorname{tg} \alpha] \} / V_2$$

$$t_{1(\text{შებრუნებული})} = 2(H + h - \Delta h) / V_1 \cos i + 2 \Delta h / V_3 \cos \alpha + \{ x_{BC} - [(H + 2h - \Delta h) \operatorname{tgi} + \Delta h \operatorname{tg} \alpha] \} / V_2$$

$$t_{2(\text{შებრუნებული})} = (H + h - \Delta h) / V_1 \cos i + \Delta h / V_2 \cos \alpha + \{ x_{BC} - [(H + h - \Delta h) \operatorname{tgi} - \Delta h \operatorname{tg} \alpha] \} / V_2 + h / v_2 \cos \delta + (H - \Delta h) / V_1 \cos \beta + \Delta h / V_3 \cos \gamma$$

t_1 (პირდაპირი), t_2 (პირდაპირი) და t_1 (შებრუნებული) წარმოადგენენ მეწინავე ტალღების განტოლებებს. ეს ტალღები ხასიათდებიან მუდმივი მოჩვენებითი სიჩქარით და რადგან ფენათა გამყოფი საზღვარი ჰორიზონტულია ამიტომ, $V(\text{მოჩვენებითი}) = V(\text{საზღვრითი}) = \text{const}$. ჩვენს შემთხვევაში (6.0 კმ/წმ) t_2 (შებრუნებული) დიფრაგირებული გამავალი ტალღის ჰოდოგრაფია. იგი ხასიათდება ცვალებადი სიჩქარით. საფეხურის თავზე სიჩქარე უსასრულოა (ტალღის ფრონტი დღიური ზედაპირის პარალელურია), ხოლო შემდეგ მცირდება და პროფილის ბოლოს $V(\text{მოჩვენებითი}) = V_2$. ჰოდოგრაფის ეს მრუდწრიული მონაკვეთი პასუხს აგებს მაქსიმუმზე ინტერვალური საზღვრითი სიჩქარის გრაფიკში ვერტიკალური საფეხურის თავზე (ანუ გვაქვს პირველი მოდელის ანალოგიური სიტუაცია) (ნახ. 4)



ნახ. 4.

ვერტიკალური საფეხურის ზემო წერტილში წარმოიშობა დიფრაგირებული ტალღა (ასეთივე ტალღა წარმოიშობა საფეხურის ქვედა წერტილში, მაგრამ იგი არ დაიშვრება პირველ შემოსვლებში ამიტომ, მას არ განვიხილავთ), რომლის მოჩვენებითი სიჩქარე ნაკლებია მეწინავე ტალღის სიჩქარეზე. ამიტომ, ჩვეულებრივ შემთხვევაში, საფეხურის დაწეული ფრთის თავზე ყალიბდება მინიმუმი ინტერვალურ სიჩქარეთა გრაფიკში.

მაგრამ თუ პირველ გარემოში გვაქვს მომატებულ სიჩქარიანი თხელი ფენა, სურათი ძირეულად იცვლება.

დიფრაგირებული ტალღის განტოლებას, რომელიც წარმოიშობა საფეხურის ზედა წერტილში და რომელიც განმსჭვალავს პირველ გარემოს (მათ შორის თხელ ფენასაც) შემდეგი სახე ექნება:

$$t_{difr} = H - \Delta h / V_1 \cos i + 2 \Delta h / V_3 \cos \alpha + (H - \Delta h) / V_1 \cos \mu + \Delta h / V_3 \cos \nu + \\ + \{ x_{BC} - [(H - \Delta h) \operatorname{tg} i + \Delta h \operatorname{tg} \alpha / V_2$$

თუ ზემოთმოყვანილი განტოლებების საშუალებით ავაგებთ ჰოდოგრაფებს, ვნახავთ, რომ t დიფრ. პროფილის მთელ სიგრძეზე დაიკვირვება პირველ შემოსვლებში და ახდენს მეწინავე ტალღის ეკრანირებას. ამის გამო ინტერვალურ სიჩქარეთა გრაფიკში არ გვექნება მინიმუმი. გარდა ამისა ტექტონიკური საფეხურის დაწეული ფრთის ჩაწოლის სიღრმის განსაზღვრისას გვექნება მნიშვნელოვანი ცდომილება (ნახ.4).

ყოველივე ზემოთქმულს აქვს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა, რადგან თუ გვაქვს სიტუაცია, რომელიც აღწერილია მეორე მოდელში, ადგილი ექნება ეკრანირების ეფექტს, რაც იწვევს კრისტალური ფუნდამენტის ჩაწოლის სიღრმის დადგენის საკმაო უზუსტობას.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Гамбурцев Г.А., Епинатьева А.М. и др. Корреляционный метод преломленных волн. М., Академиздат, 1952.
2. Епинатьева А.М., Невский М.В. Граничная скорость. Географический сборник АН УССР, Вып. 5. Киев, Наукова Думка, с.3-14.

თხელი ფენის გავლენა ტალღურ სურათზე გარდატეხილი ტალღების მეთოდის გამოყენებისას

კიტოვანი დ.

რეზიუმე

სტატიაში ნაჩვენებია, რომ თუ გარდამტეხი საზღვრის ზემოთ, რომელიც შეიცავს ტექტონიკურ საფეხურს, არსებობს თხელი ფენა, რომელშიც დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარე მომატებულია, ადგილი აქვს ქვემოთ მდებარე ფენის ეკრანირებას, რაც იწვევს მნიშვნელოვან ცდომილებას გარდამტეხი საზღვრის ჩაწოლის სიღრმის განსაზღვრის დროს.

საკვანძო სიტყვები: ტექტონიკური საფეხური, კრისტალური ფუნდამენტი, გარდატეხილი ტალღების მეთოდი, ეკრანირების ეფექტი.

SHIELDING EFFECT IN THE METHOD OF REFRACTION WAVES

Kitovani D.

Abstract

The article shows that if above the refractive border which contains tectonic step, the thin layer exists where the speed of resilient waves is increased, lower layer is screening, what causes the error during the determination of the depth of the refractive border.

Key words: tectonic step, crystalline basement, method of refraction waves, shielding effect.

ЭФФЕКТ ЭКРАНИРОВАНИЯ В МЕТОДЕ ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН

Китовани Д.

Реферат

В статье показано, что если в покрывающей толще присутствует тонкий слой с повышенной скоростью, то это приводит к эффекту экранирования нижележащего слоя при наличии вертикальной ступени в преломляющей границе, что приводит к существенной ошибке при определении глубины залегания кристаллического фундамента.

Ключевые слова: тектоническая ступень, кристаллический фундамент, метод преломленных волн, эффект экранирования.