

2-сурет.  $t = 1$ , а)  $x = -2$ , б)  $x = 2$ , в)  $x = 5$  үшін (2+1)-өлшемді КП-I теңдеуінің  $y$  өсі бойынша оңашаланған шешімі.

#### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Kadomtsev B.B., Petviashvili V.I. On the stability of solitary waves in weakly dispersing media // Sov. Phys. Dokl., 1970. T. 15. №6. С. 539-541.
2. Mulase M. Complete integrability of the Kadomtsev-Petviashvili equation // Advances in Math., 1984. T. 54. С. 57-66.
3. Ablowitz M.J., Clarkson P.A. Solitons, Nonlinear Evolution Equations and Inverse Scattering. London: Cambridge University Press, 1991. 516 с.
4. Hirota R. The Direct Method in Soliton Theory. London Cambridge University Press, 2004. 200 с.

### ЗОНД-12 ГЕОРАДАРЫНАН АЛЫНҒАН СИГНАЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ИНТЕПРЕТАЦИЯ ЕСЕБІН МОДЕЛЬДЕУДЕ ҚОЛДАНУ

**Кембай Әсел Серғазықызы**

*asel.kembay@mail.ru*

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Математикалық және компьютерлік модельдеу кафедрасының 2 курс магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан  
Ғылыми жетекшісі – Б.Г. Муканова

Электромагниттік толқындар арқылы зерттеу әдісі радиолокация амалында, материалды лазерлік өңдеуде орталардың құрылымын сыртынан зерттеу үшін өте маңызды. Бүгінгі таңда осындай зерттеулер гиперболалық теңдеулерде, табиғатта: медициналық сұраныстарда, сейсмология мен геофизикалық іздестіруде, радар технологиясында, электрлік желілерде және көптеген басқа да физикалық есептерде сұранысқа ие. Осыған орай, геофизикалық және геологиялық зерттеулердің тиімділігін арттыру мақсатында біртекті емес ортаға радарограммаларды интерпретациялаудың жаңа әдісін меңгеру және бағдарламалау үлкен талапқа ие болуда. Соңғы жылдары жер қойнауын Georadar арқылы зерттеу геофизикалық әдістер арасында маңызды орында тұр.

Бұл жұмыста Зонд-12 георадарының көмегімен алынған сигналдардың қасиеттері зерттелінді. Алынған сигналды радар арқылы зерттеу әдісінің интерпретация есебін модельдеуде қолдану жолы қарастырылды. [1] ғылыми мақалада ұсынылған қозу көзін анықтау алгоритмі сынақтан өткізілді.

Георадиолокациялық зерттеу кезінде қабылдағыш антенна сигналдарды жеке трассалар жиынтығы ретінде, сурет-1 (б) радарограмма түрінде тіркейді. Инженерлік есептерді шешу үшін сигнал амплитудасының оның тереңдігіне тәуелділігі болуы қажет, ал бастапқы радарограмма сигнал амплитудасының жүру уақытына тәуелділігі болып табылады. Сонымен қатар, сигналды әр түрлі шудан тазарту қажет. Осы мақсатта радарограммаларды өңдеу үшін амплитудаларды түзету қолданылды нәтижесі К-суретте көрсетілген.

Георадиолокацияның кері есебін шешу үшін ортаға түсетін сигналдың уақытына тәуелділігін білу қажет. Алайда, антенналардың ортамен күрделі өзара әрекеттесуіне байланысты, бұл функция сигнал өтетін ортаға байланысты. Сондықтан қолда бар георадар зондтау жүргізгенге дейін осындай ақпарат бермейді. Бұл жұмыста біртекті ортада жүргізілген тестілік эксперименттер негізінде көз функциясын анықтау ұсынылады.

Георадарлық зерттеудің негізгі мақсаты ортаның элетрлік қасиетін анықтау.[1] ғылыми мақалада ұсынылған модел бойынша ортаның  $\varepsilon(z)$  диэлетрлік өтімділігін анықтауымыз керек. Толқын қоздыру көзі  $\Phi(t)$  орта бетіндегі өріс кернеулігін өлшеу негізінде  $c(z)$  функциясын жуықтап табуға мүмкіндік береді. Яғни, осы функция арқылы  $\varepsilon(z)$  диэлетрлік өтімділікті анықтай аламыз. Бұл дегеніміз, жерге көмілген заттың диэлетрлік шамасы бойынша физикалық қасиетін біліп, нақты қандай дененің көмілгендігін анықтауға мүмкіндік береді.

Белгісіз толқын қоздыру көзі  $F(x)$  – ті идентификациялау кері есебінің толқындық теңдеуі:

$$\begin{cases} u_{tt} - c^2 u_{xx} = F(x)H(t - x/c), & c = \text{const} > 0, \\ (x, t) \in \Omega_T = \{(x, t) | x > 0, & -\infty \leq t \leq T\}; \\ (u_t - c_0 u_x)_{x=0} = 0, c_0 = \text{const} > 0, & u|_{t<0} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

қарастырылды. Шекаралық өлшенетін мәліметтер георадардан алынған деректер. [2]-де көрсетілгендей,  $\Phi(t)$ ,  $c^2(z)$  функцияларына қолданылатын шарттар (1) Коши есебінің шешімінің болуының және бірегейлігін (жалғыз болуын) қамтамасыз етеді. (1)-дегі тура есептің шешімін  $E_2(z, t) = U(z, t) + u(z, t)$  түрінде іздейміз, мұндағы  $U(z, t)$  Коши есебінің жалпы шешімі:

$$\begin{aligned} U_{zz} &= \frac{1}{c^{-2}(z)} U_{tt} + \mu_0 \Phi'(t) \delta(z), \quad (z \in R, t > -\infty), \\ U|_{t<0} &\equiv 0, \\ \bar{c}^2(z) &= \begin{cases} c_0^2, & \text{егер } z < 0, \\ c_1^2, & \text{егер } z \geq 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

Онда (2)-есебінің шешімі формула түрінде төмендегідей болады:

$$U(z, t) = -\frac{\mu_0 c_0 c_1}{c_0 + c_1} \begin{cases} \Phi(t + z/c_0), & z < 0, \\ \Phi(t - z/c_1), & z > 0. \end{cases} \quad (3)$$

$U(z, t)$  функциясы үзіліссіз және  $R_-^2 = \{(z, t) | z < 0, t \in R\}$ ,  $R_+^2 = \{(z, t) | z > 0, t \in R\}$  жарты жазықтықта екі рет үзіліссіз дифференциалданатындығын тексеруге болады. Сонымен қатар, оның  $z$  бойынша бірінші туындысы:

$$U_z(-0, t) = -\frac{\mu_0 c_1}{c_0 + c_1} \Phi'(t), \quad U_z(+0, t) = -\frac{\mu_0 c_0}{c_0 + c_1} \Phi'(t),$$

яғни,

$$U_z(+0, t) - U_z(-0, t) = \mu_0 \Phi'(t),$$

Соңғы формула бойынша екі рет  $U_{zz}$  туындысы  $\mu_0 \Phi'(t) \delta(z)$  түрінде өрнектеледі.

Біртекті жартылай кеңістіктің георадиолокациясы есептеріндегі өріс кернеулігі формуламен анықталады [2]:

$$g(t) = U(0, t) = \frac{\mu_0 c_0 c_1}{c_0 + c_1} \Phi(t), \quad (t > 0) \quad (4)$$

Георадарлық зерттеулерде көрсеткіштер қабылдау антеннасынан алынады. (4) формуладан қоздыру сигналы өріс ортасының шекарасында туындатады, онда айнымалы ток шақыратын қабылдау антеннасына әрекет етеді. Бұл құрал тіркейтін көрсеткіштер  $\Phi(t)$  функцияға пропорционалды болуы тиіс дегенді білдіреді.

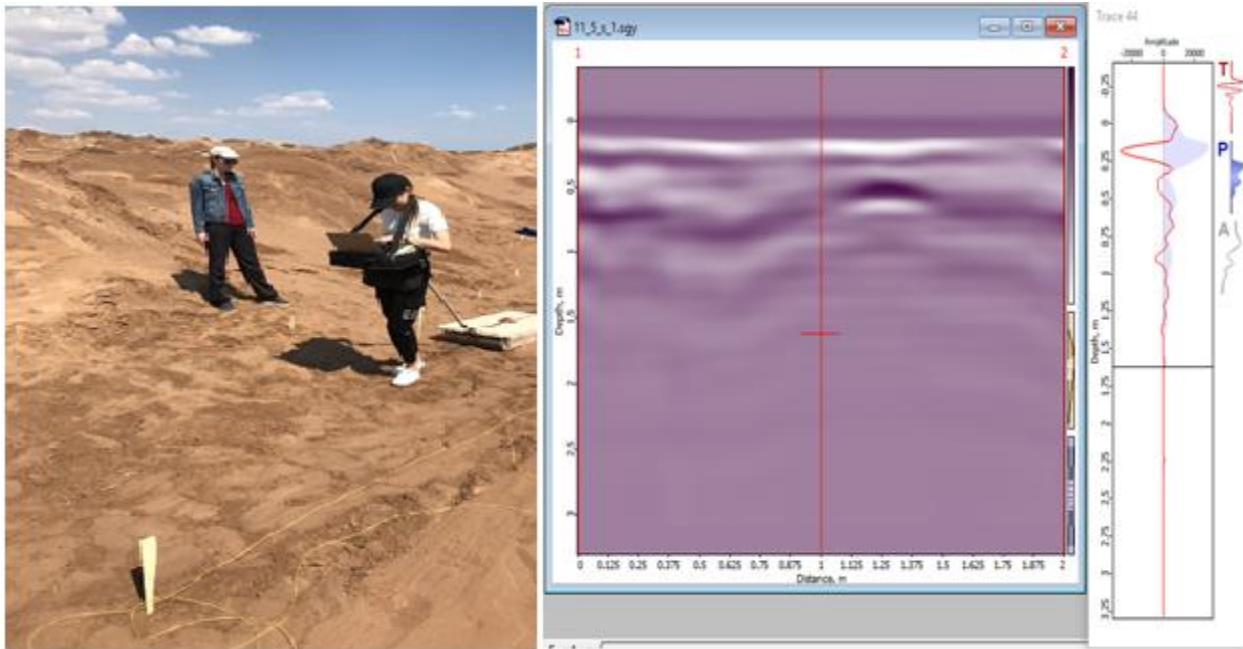
#### Сандық нәтижелер.

Зонд-12 георадарынан сигналдар 1.5 метр антеннамен 300 МГц жиілікпен алынды. Зонд-12 радарынан алынған сигналдар Лоза-В радарынан айырмашылығы сигналдар "Zond-12" сериясының георадарынан алынған "segy" форматында беріледі. Сигналды талдау және визуализациялау алу үшін "sgy" файлының бинарлық форматынан "txt" форматына өту қажет. SEG-Y форматындағы бұл деректер файлы Prism 2.60.01 радиолокациялық жүйелердің бағдарламалық қамтамасыз етуі жасалды.

Георадар Лоза-В, георадар Зонд 12е салыстыра отырып, іріктеме ретінде терминдер қолданылады (ағылш.: Sample), Трасса (ағылш.: Trace), Профиль (ағылш.: Profile).

1. Таңдау: белгілі бір уақыт кезінде көрсетілген сигнал амплитудасы бар мән.

2. Трасса: шағылысқан сигналдар туралы бір өлшемді ақпаратты қамтитын іріктемелердің жиынтығы. Трасса мысалдары 1-суретте келтірілген.

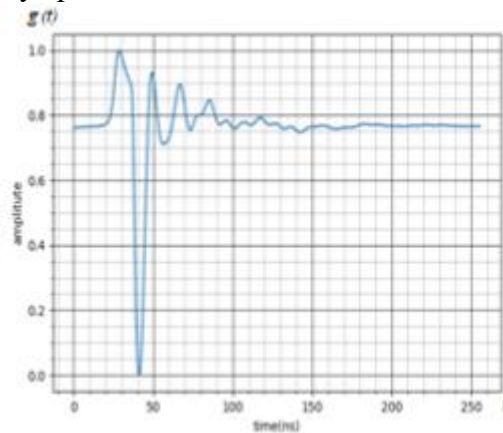


Зонд-12 георадары(а)

Радарограмма сұлбасы(б)

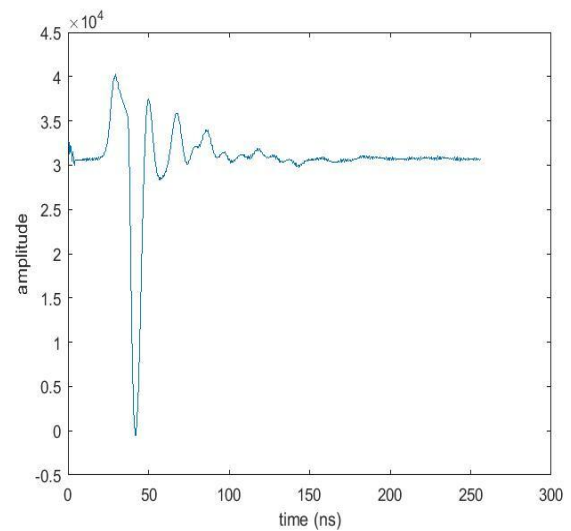
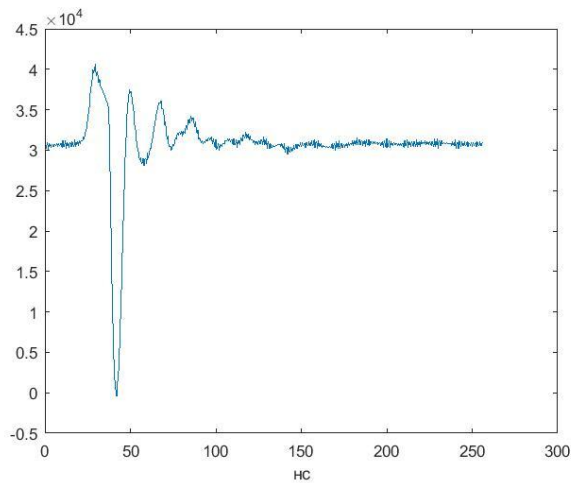
Сурет 1.

Бұл деректерді математикалық моделдеуде қолдана алмағандықтан, Prism2 бағдарламалық пакетінде .txt форматына көшірілді. Сигналдар әрбір трассада 512 мәнде жазылады. Әрбір мәннің қабылдау аралығы 0,5нс-1нс.



Сурет 2. Трасса сұлбасы

Графиктерден көрініп тұрғандай, сигнал амплитудасына әсер ететін радарограмманың негізгі спектрлік компоненттері георадар антеннасының орталық жиілігінде орналасқан. Жер қойнауы туралы негізгі ақпарат сигналды қабылдау уақытына сәйкес келетін сигналдың амплитудасында болады.



Сурет 3. Сол жақтағы график қабылдағыштан алынған сигнал. Оң жақтағы график өңделген сигнал.

(4) формуласынан, төмендегіні анықтаймыз

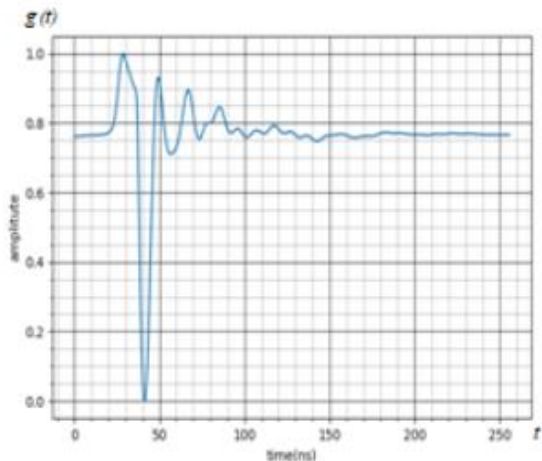
$$\Phi(t) = g(t) / \kappa,$$

мұндағы  $\kappa = \frac{\mu_0 c_0 c_1}{c_0 + c_1}$ ;  $c_0$  ауадағы сигналдың таралу жылдамдығы  $c_0 = 0,3 \frac{M}{нс}$ , ал  $c_1$  радиотолқынның құмдағы таралу жылдамдығы  $c_1 = 0,122 \frac{M}{нс} - 0,15 \frac{M}{нс}$ , құмдағы магнит өтімділігі  $\mu_0 = 1$ .

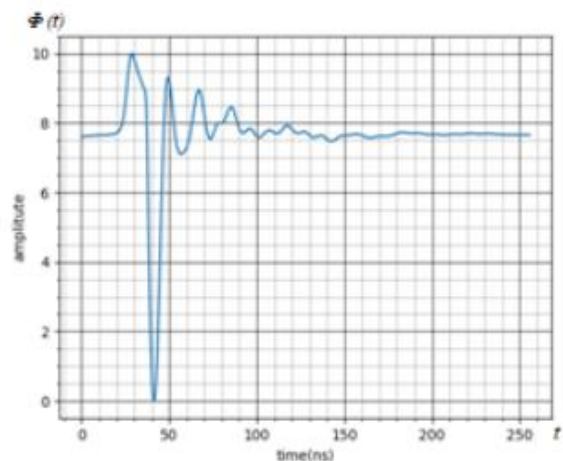
Олай болса,

$$\kappa = \frac{0,3 \cdot 0,15}{0,45} = 0,1 \frac{M}{нс}$$

Ортаның кері әсер көзі төмендегідей болады:



Кері әсер көзі



Сигнал

**Қорытынды:** Бұл жұмыста ортаның кері әсері Зонд-12е сериялы GPR нақты деректері негізінде модельденді. Зерттеу тереңдігіне байланысты көздің кері әсерге пропорционалды екенін көрсетілді. Сигналдың графикалық визуализациясы ұсынылды, кедергілерден және шулардан өңделген сигнал түрі көрсетілді, оның спектрлік талдауы да зерттеледі.

#### **Қолданылған әдебиеттер тізімі**

1. Mukanova B.G. Inverse source problem for wave equation and GPR data interpretation problem /B.G. Mukanova, V.G.Romanov // Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications. – 2016. – 4 – №3 – P. 15-28.
2. Mathematical modeling of the source and response of environment for the equation of geoelectrics / Iskakov K.T., Mukanova B.G., Berdyshev A.S., Kembay A.S., Tokseit D.K.// Bulletin of the Karaganda University. – 2019. – 2 – №2(94) – P.129-141.
3. К.Т. Искаков, С.А. Боранбаев, Д.К. Токseit, Б.Б. Шолпанбаев. Экспериментальные исследования для моделирования источника // «Вестник Государственного университета имени Шакарима города Семей». - г. Семей, 2019. – С. 81-85
4. Искаков К.Т., Баранчук К., Кембай А. С., Токсейт Д.К. Изучение свойств отраженных сигналов по данным георадара Зонд-12 // Материалы международной научной конференции «Теоретическая и прикладные вопросы математики, механики и информатики» - г. Караганда, 2019. – С. 135

УДК 517.977.56

### **ДЕНДРИТТИ АҒАШ-ГРАФТАҒЫ ТЕРІГЕ ЖЕРГІЛІКТІ ТІТІРКЕНДІРГІШТІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ**

**Күзембай Шолпанай Бақытбекқызы, Нұрғали Айнұр Кенжебекқызы**  
[sholpanai23@gmail.com](mailto:sholpanai23@gmail.com), [ainura.1799@mail.ru](mailto:ainura.1799@mail.ru)

Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Механика-математика факультеті, Математикалық және компьютерлік модельдеу кафедрасының студенттері, Нұр-Сұлтан, Қазақстан  
Ғылыми жетекші – К. Б. Нуртазина

Жүйке жүйесі әртүрлі өзара байланысты құрылымдардың тұтас функционалдық жиынтығы ретінде қарастырылады, ол ағзаның барлық құрылымдарының қызметін өзара байланысты реттеуді, ішкі және сыртқы орта жағдайларының өзгеруіне реакцияны қамтамасыз етеді. Нейрондар басқа нейрондарды жабатын аксон терминалдарынан сигналды жинайды. Олар көптеген басқа нейрондардан синапстармен (байланыстармен) жабылады және олар осы синапстардан алатын сигналдарды біріктіреді.

Терінің құрылымдық модельдері микроқұрылымдық элементтерден тұратын материал болып табылады. Осы құрылымдық элементтердің өзара әрекет ету тәсілі тиісті теңдеулерді жасау арқылы анықталуы мүмкін. Бұл жағдайда алыс тармақталған дендрит ағашы ескеріледі. Барлық тармақтар біртекті пассивті мембранасы бар цилиндрлер болып табылады, сондықтан әрбір тармақтың ұзындығы бойынша мембраналық потенциалды бөлу кабелдік теңдеуге сәйкес келеді.