

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ
УНИВЕРСИТЕТІ

Г.Г. Самарханов

ЭЛЕКТРЛІК БАРЛАУ ӘДІСТЕРІ

Университеттің Ғылыми - әдістемелік кеңесі
оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2010

ЖОК 621. 316 (075.8)
ББК 32. 88 я73
С 19

С 19 Самарханов Г.Г. Электрлік барлау әдістері. Оқу құралы
– Алматы: ҚазҰТУ. 2010. 270 бет.
Сурет – 108. Кесте – 4. Әдебиеттер тізімі – 28 атау.

ISBN 978–601–228–201–6

Оқу құралы – «Электрлік барлау әдістері» тау жыныстарының электро-магниттік, электрохимиялық қасиеттері және оларға сәйкес өрістердің сипаттамалары келтіріліп, электрлік барлау әдістері теориясының физика-математикалық, геологиялық негіздері, жұмыс жүргізу технологиясы, аспаптары мен құрал-жабдықтарынан мәліметтер берілген. Профильдеу, зондылау және көлемдік әдістерінде, қолдануға арналған, электрлік барлау әдістерінің, төте және кері есептерін шешудің әдістемесімен таныстырып, мысалдар келтірілген. Бұл оқу құралы – оқу бағдарламасының типтік және мемлекеттік білім стандартына сәйкес жоғары оқу орнының «050706 Геология және пайдалы қазбалар кенорындарын барлау» саласының мамандарына арналып жазылған.

ЖОК 621. 316 (075.8)
ББК 32. 88 я73

Пікір жазғандар:

*Д. Ш. Садыков – геол.- минер. ғыл. докт., профессор;
А. Сыдыков – физ.- мат. ғыл. докт., профессор;
М.М. Рахымбаев – геол.- минер. ғыл. докторы;
А.К. Халелов – геол.- минер. ғыл. канд., доцент.*

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің
2010 жылғы жоспары бойынша басылды

ISBN 978–601–228–201–6

© Самарханов Г., 2010.
© ҚазҰТУ, 2010.

Кіріспе

Электрлік барлау әдістері барлау геофизикасындағы негізгі әдістердің бірі. Электрлік барлау әдісінің мақсаты – пайдалы қазбаларды іздеу және барлауда әр түрлі геологиялық және инженерлік мәселелерді шешудегі ерекше орнымен анықталады. Электрлік барлау әдістері геофизикалық барлау әдістерінің ішіндегі жердің жоғарғы қабаттарының геологиялық құрылысын зерттеуде нақтылы мәліметтерді шешуге негізделген. Тереңдік әдістері (10–100 км тереңдіктерді), электромагниттік зондылау әдістері жердің жоғарғы қабаттарымен қоса, жоғарғы мантияны зерттеуде кеңірек қолданылады. Сонымен қатар, электрлік барлау әдістерін мұнай мен газ кенорындарын іздестіруде де пайдалынады.

Жоғарғы оқу орнының студенттері геофизика саласында істейтін болашақ мамандар әдістің теориялық негіздерінен, дала жұмысының әдістемесі мен техникасынан мәліметтер алады. Ұсынылып отырған оқу құралы негізінде дала жұмыстарының материалдарын интерпретациялау жұмыстарымен қатар, әдістердің физикалық мәнін ашуға арналған. Дала жұмыстарының материалдарын өңдеу, талдау әдістерін, бақылау нүктесінде жұмыс жүргізу технологиясын арнаулы оқу–тәжірибелік полигонында үйренеді.

Электрлік барлау – бұл жер қыртысын зерттеуге және пайдалы қазбаларды барлауға арналған физикалық әдістер. Жердің табиғи және жасанды, тұрақты немесе айнымалы, электрлік, электромагниттік өрістерін зерттеуге негізделген. Қалыптасқан және қалыптаспаған (ток көзін қосып ажырату арқылы мәжбүрлі түрде туындайтын) өрістерде қолданылады.

Табиғи өрістерге: ғарыштық, атмосфералық және электрохимиялық құбылыстарынан пайда болатын өрістермен қоса, табиғи айнымалы электромагниттік өрістер кіреді.

Жасанды өрістер: батареялар мен әр түрлі генераторлар көмегімен жерге гальваникалық және индуктивтік, аралас тәсілдермен тұйықталған электродтардың тізбегінен туындайды.

Индуктивтік тәсілдер – жермен тұйықталмайтын ілмек (дөңгелек, квадрат, төрт бұрышты рамалар), сияқты, түрлерінің көмегімен туындайтын өрістер. Сонымен қатар, соңғы кезеңдерде қолданысқа енген геофизикалық, магнитодинамикалық МГД генераторының, электромагниттік өрісі үлкен тереңдікке таралып, жер бетінің өте үлкен территориясын қамтиды. Осыған байланысты МГД генераторымен жұмыс жүргізу технологиясы да айтарлықтай өзгеше мәнге ие болған. Яғни, МГД генераторының көмегімен далалық геофизикалық зерттеулерді, жер бетінің бірнеше нүктелерінде, бір мезгілде жүргізуге болады.

Аралас тәсілдер – (индуктивтік, гальваникалық) соңғы ұштары (жақтары) Жермен тұйықталған (ұзындығы 2–3 км өткізгіш сымдар орамы) – кабель немесе Жермен тұйықталмаған айнаымалы токпен коректендірілетін ілмек көмегімен туындайды.

Электрлік барлау әдістерінде кез келген жиіліктер пайдаланылады: квази – төменгі 10^{-3} Гц, миллигерц жиіліктен, өте жоғарғы петагерцке 10^{15} Гц – ке дейінгі. Электромагниттік өрістің құрылымы мен қарқындылығы, өрістің табиғаты мен өрісті туындатудың тәсілдеріне, геоэлектрлік қимасына, пайдалы қазба мен таужыныстары қабаттарының электромагниттік қасиеттеріне байланысты.

Электрлік барлау әдістерінің көпшілігінде кондуктивтік (аномалиялар) ауытқулар басым келеді. Олар әр түрлі өткізгіштігі бар таужыныстарының жапсарларына зарядтармен әсер еткенде, олардың қарқындылығы таужыныстарының электр – өткізгіштігінің карама-қарсы болуымен айқындалады. Төменгі жиіліктегі әдістер де индуктивті тәсілдермен туындайтын өрістердің индуктивті ауытқулары басым болады. Олар туыпды өрістердің, жекелеген кірікпелер мен өткізгіш дақтарда индукциялануынан пайда болды. Сондықтан, олардың қарқындылығы осы кірікпелер мен өткізгіш дақтардың абсолютті электр өткізгіштігіне пропорционал.

Магнит өтімділіктері әр түрлі орталардың жапсарларында магнит зарядтарының өрісі пайда болады. Осы зарядтардан туындаған магнит өрісінің ауытқуын магнитостатикалық деп атайды.

Электрохимиялық қарқындылығы және поляризациялануы жоғары объектілерде табиғи электр өрісі және жасанды поляризациялану (поляризацияланған аномалиялар) бақыланады.

Электрлік барлау әдістерінің 1-суретте топтастырылып, жіктелулері берілген. Бұл бір жағынан «табиғи» себебі, осы әдістердің негізі маңызды, әділетті сипаттамалар келесі жағынан жасанды субъективті, бұрыннан белгілі жіктеулерден тұрады (Забаровский, 1963; Хмелевской, 1970, 1971, 1975, 1979, Якубовский, 1980; «Электроразведка», 1980).

Жіктеу жоғарыда қарастырылған физикалық негіздерді және жұмыстарды жүргізу технологиясы мен электрлік барлау әдістерінің геология саласында қолданылуын ескере отырып, жасалған. Технологиялық кешендеу электрлік барлау әдістері жағдайларының ұқсастығына, жұмыс жүргізу орнына (ғарыштық, әуелік, түздік, акваториялық, жерасты мен ұңғымалық.); Өлшеу технологиясы (өлшеу, тіркеу құрал-жабдықтарының ұқсастығы, жұмыс әдістемесі және бақылау жүйелері), талдау (интерпретациялау) принциптері (түсірілім мәліметтерін өңдеудің физика – математикалық тәсілдерінің үйлесімділігі). Аномалияларды бөліп алып олардың табиғатын шешілетін геологиялық міндеттерге сай етіп түсіндіру.

Шешілетін геологиялық міндеттер. Табиғи ортаны зерттеу, геологиялық, құрылымдық, инженерлік – геологиялық карталау, пайдалы қазбаларды іздеу мен барлау сияқты шешілетін геологиялық міндеттерге сай етіп түсіндіру. Шешілетін геологиялық міндеттері мен қолданбалылық маңызына қарай мынандай салаларға бөлінеді: тереңдік геоэлектрлік, құрылымдылық, мұнай газдылық, карталау, іздестіру, рудалық, рудасыз, көмірлік, инженерлік – гидрогеологиялық электрлік барлау. Соңғысына тағы да тоң тану, гляциология (мұздақтарды зерттеу) топырақ тану, археология, т.б. кіреді. Электрлік барлаудың тәсілдері әр алуан

болғандықтан, кластарға, топтарға, әдістер мен олардың модификацияларына бөлінеді. Сонымен, электрлік барлаудың барлық әдістерін үш класқа бөлуге болады: 1. Профильдеу әдістері; 2. Зондылау әдістері; 3. Жерасты (көлемдік) электрлік барлау әдістері.

Электрлік барлау әдісі табиғи және жасанды электромагниттік өрістерді зерттеуге негізделген. Бақыланған өрістің қалыпты өрістен 3–4 есе, одан да көп болуын ауытқу зонасы деп атайды. Бұл зона геологиялық қабаттардың ерекшеліктеріне сәйкес келетін геоэлектрлік өзгерістерімен сипатталады. Барлаудың негізгі мақсаты – ішкі құрылымдардың геологиялық қиманың заттық құрамын болжау, кен байлықтарын іздеу және барлау. Барлау принциптеріне байланысты, электрлік барлаудың барлық модификациясы төмендегідей үш топқа немесе әдістерге бөлінеді: а) Электромагниттік зондылау; б) Электромагниттік профильдеу; в) Ұңғымалық электрлік барлау. Әрбір топ екіге бөлініп, тұрақты және айнымалы электромагниттік өрістерді зерттеуге негізделген.

Электромагниттік зондылау дегеніміз – геологиялық қабаттарды тігінен зерттеу тәсілі. Электр тогының жерастына таралу тереңдігін, жер бетінде бір нүктеде өрістің элементтерін өлшеп, тіркеу арқылы анықтайды. Зондылаудың мақсаты – геологиялық қабаттарды кезек – кезегімен жүйелі, әр түрлі электрлік қасиеттерімен орналасуын және олардың қалыңдығын, тереңдігін, тірек болар беткейін анықтау.

Электромагниттік профильдеу – профиль бойымен белгілі бағытта геологиялық қабаттарды зерттеу немесе белгілі бір тереңдікке таралған электр тогымен геоэлектрлік кима кедергілерінің өзгерісін зерттеу. Бұл қатарға айнымалы және тұрақты токпен электрлік профильдеу әдістерінің барлығы жатады: СЭП, ДЭП, КЭП әдістері бойынша (ЭП-СГ), (ЭП-ВП) және ЕП. Шағын топтары: (ДЭМП), НП, ДК, Инфратоменгі жиілік модификациясы (ИНФАЗ-ВП), МТП. Айнымалы табиғи электромагниттік өріс (ПЕЭМП) – модификациялары – Аэро-электрбарлау (АЭР).

Көптеген теориялық міндеттерді, электрлік барлау әдістерінің физика математикалық негіздерін қарастырғанда пайда болатын, екі үлкен сатыға бөлін қарастыруға болады: төте және кері есептері.

Электрлік барлау әдістерінің төте есебі мыналардан тұрады. Берілген геоэлектрлік қима моделінің көзінен туындаған электромагниттік өрісті анықтау.

Кері есебі геоэлектрлік модельді, кеңістіктің кейбір бөлімінде (жер бетінде, жер астында-шахтада және ұңғымада т.б. өлшенген электромагниттік өрістің, өріс көзінің геометриялық параметрлерін есептеп нысана-пішінін, қалыптастыру. Бұл жағдайда геофизиктер, құрылымның өріс көзі жайында, қосымша деректерге ие болуы қажет.

Электрлік барлау әдістерінің төте және кері есептерін (интерпретациялау) талдау теориясының математикалық құраушыларының негізі де осы тарауларда берілген.

1. ТҰРАҚТЫ ТОКПЕН ЖҰМЫС ІСТЕУГЕ АРНАЛҒАН ЭЛЕКТРЛІК БАРЛАУ ӘДІСТЕРІ

1.1. Электрлік барлау әдістері

Электрлік барлау әдістерінде қолданылатын тұрақты және айнымалы электромагниттік өрістер. *Электрлік барлау, дәлірек айтқанда электрлік, электромагниттік барлау (бұдан былайда «электромагниттік» – деп атаймыз, өйткені, бұл термин физика пәнінен белгілі, электромагниттік индукция заңына байланысты қалыптасқан.) Жердің геосферасындағы пайдалы қазбаларды іздеу мен барлау үшін электр және электромагниттік өрістердің жер қойнауында таралуын зерттеуге негізделген.*

Қолданылатын өрістер: қалыптасқан, яғни бір секундтан сәл көбірек уақытта туындайтын (тұрақты, айнымалы және гармониялық немесе квазигармоникалық миллигерцтен ($1\text{МГц} = 10^3$) петагерцке дейін ($1\text{ПГц} = 10^{15}$ Гц), қалыптаспаған импульстік, кідіріс ұзақтығы микросекундтан секундқа дейінгі диапазондағы импульстер. Әр түрлі аспаптармен тіркелетін, кернеуліктің электрлік (Е) және магниттік (Н) құраушыларының амплитудалары мен фазалары өлшенеді. Егер табиғи өрістердің кернеулігі мен құрылымы, олардың табиғатымен, қарқындылығы тағы да таужыныстарының электрлік, электромагниттік қасиеттерімен анықталса, жасанды өрістерді қолданғанда олар ток көзінің қуатына, жиілігі мен уақыттың кідіріс ұзақтығына және өріс көзін туындату тәсілдеріне байланысты болады.

Таужыныстарының негізгі электромагниттік қасиеттеріне: меншікті электр кедергісі (МЭК), электрохимиялық қарқындылық (α), поляризациялануы (η), диэлектрлік (ϵ), магниттік (μ) өтімділіктерін жатқызуға болады. Жарты кеңістікте, геологиялық ортаның электромагниттік қасиеттері мен кіріктіруші ортадағы, қабаттар (пластар) мен нысандардың геометриялық параметрлері геоэлектрлік қималарды тұрғызудың негізі болып табылады. Біртекті ортада, геоэлектрлік қиманың электромагниттік қасиеттері жарты кеңістік үстінде қалыпты өріс, ал әртекті ортаның

үстінде-ауытқу (аномальды) өрістерін туындатады. Осы ауытқуларды бөліп алып, ерекшелеу электрлік барлаудың негізі.

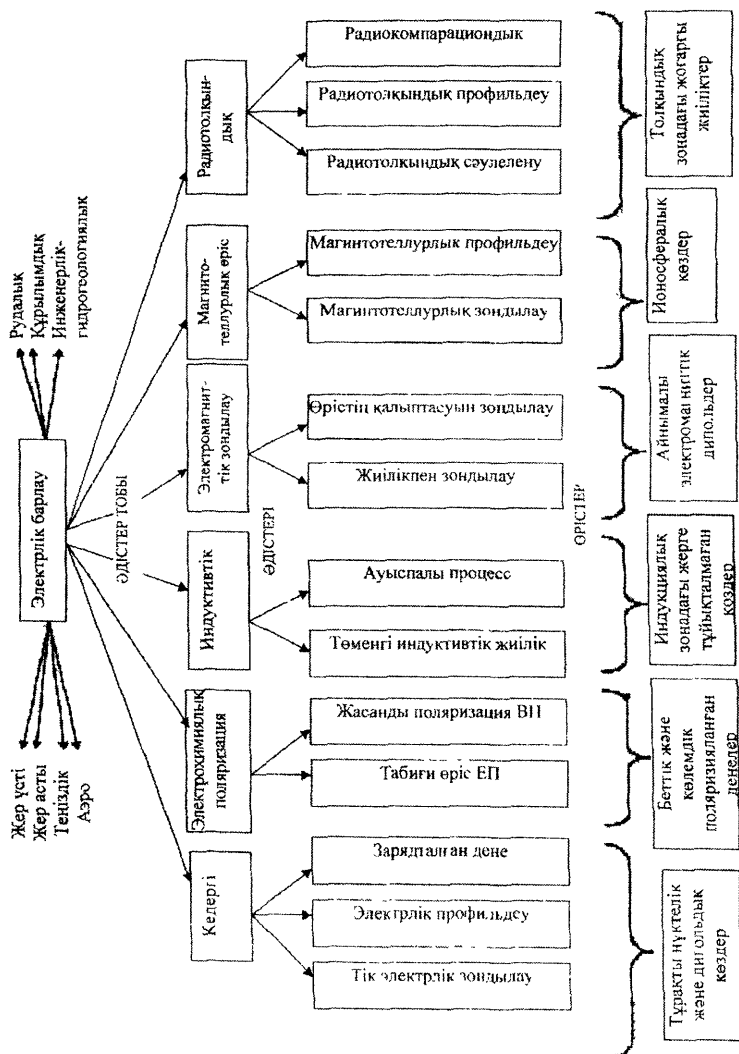
Электрлік барлау тереңдігінің өзгеруі өріс көзінің қуатына, жиілігі мен уақыт кідірісіне, тағы да өріс көзін туындату тәсілдеріне байланысты болады. Тереңдіктің өзгеруін басқару геометриялық (дистанция аралық) және әр түрлі жиіліктер мен жиілікті өзгертіп пайдалану тәсілдерімен де орындалады. Тіркелген өрістердің геологиялық ортадағы электрлік, магниттік параметрлерін анықтап, жер қойнауындағы таужыныстарының петрофизикалық қасиеттерін, литологиялық құрамы мен термодинамикалық, фазалық өзгерістер жайынан да өте қажетті деректер алуға болады.

Электрлік барлау әдістері мен барлау жұмыстары бүгінгі күнге дейін өте ұзақ жол жүрді. Тұрақты токпен жұмыс жүргізілетін (істелетін) қарапайым кедергі әдістерінен бастау алып, бүгінгі күнгі күрделі электромагниттік зондылау мен табиғи және өте қуатты жасанды өріс көздерін қолданатын әдістерге дейін жетілдірілді. Электрлік барлау әдісінің мақсаты көптеген пайдалы қазбаларды іздеуде, әр түрлі геологиялық және инженерлік барлауда, геологиялық картаға түсіру, гидрогеология, тау жұмыстары саласында, қолдану мақсатына байланысты түрлі масштабта жүргізіледі.

Табиғи электромагниттік өрістер табиғат құбылысының әр түрлі факторлары әсерінен, өздігінен пайда болса, жасанды электромагниттік өрістер, арнаулы мақсатпен жасалған генераторлар көмегімен жүзеге асырылады. Бұл әдістердің негізгі мақсаты – электромагниттік өрістердің сыңарларын (компоненттерін) өлшеуге негізделген (потенциал, градиент потенциал, электромагниттік өрістің электрлік, магниттік кернеуліктері т.б.) жер бетінде, ауада, ұңғымада, көлдердің, теңіздер мен мұхиттардың астында, үстінде де өлшенеді.

Өлшеудің нәтижесінде графиктер салынып, өріс элементтерінің жерастына таралу картасы салынады. Электромагнит өрісі өте үлкен жылдамдықпен жерге таралып, тереңдеп, көлемді мәліметтер алып келу қабілетімен ерекшеленеді. Сондықтан, графиктер мен карталар Жер

қойнауының ішкі құрылысын сипаттап таужыныстары мен рудалар құрамы жайында мәліметтерге бай болады.



1-сурет. Электрлік барлау әдістерінің өріс түрлеріне байланысты атаулары

Ең көлемді, елеулі мәліметтерді, өрістің ауытқу зонасынан (аномальды өріс зонасынан) алуға болады. Бұл зона геологиялық қиманың ерекшелігіне сәйкес келетін геоэлектрлік өрістермен сипатталады. Бұл ерекшеліктерді нақтылап тексеру үшін бақыланған өрістерді тиянақты зерттеп, бөлінген ауытқу көріністерін, қолда бар модельдермен салыстырып, физика – математикалық модельдеу көмегімен, белгілі геологиялық модельдерді пайдаланып, геологиялық қиманың әр түрлі варианттарын қолданып, іріктеу арқылы құрады (салады).

Барлаудың негізгі мақсаты – ішкі құрылымдарды, геологиялық қиманың заттық құрамын болжау, кен байлықтарын іздестіру және барлау. Ақырғы жылдары электрлік барлау әдістерінің нәтижелерін өңдеудің, интерпретациялаудың теориясы қарқынды дамып, интерпретациялау кезінде геоэлектрлік қималарды модельдеу де жоғары сатыға көтерілді. Бұрын бір өлшемді геоэлектрлік қима модельдері қолданылса, яғни ортаның электромагниттік параметрлері тереңдік функциясы ретінде қарастырылса қазіргі кезеңде электрлік барлау әдістерінің нәтижелерін өңдеу және талдау кезінде екі-үш өлшемді геоэлектрлік модельдер қолданылады.

Геоэлектрлік қима жөнінде түсінік. Электромагниттік, электрлік өрістердің жерге таралып қалыптасуына бірден-бір әсер ететін негізгі параметр – таужыныстарының меншікті электр кедергісі (МЭК). Нақты геологиялық кимада (МЭК) кедергісі тереңдікке таралып, бойлаған сайын өте тез өзгеріске ұшырайды. Себебі, оның құрамы әр түрлі шөгіндену жағдайы, ылғалдылығы, температурасы, қысымы т.б. сияқты түрлі жағдайда болғандықтан. Дегенмен, қиманың кейбір кесінділерінде электрлік қасиеттері тұрақты геоэлектрлік қима болуы мүмкін. Бұл жағдайларда геологиялық қиманы жекелеген қабаттардан тұрады деп есептеуге және олардың әрқайсысында (МЭК) кедергілері тұрақты деп санауға болады. Осындай жекелеген шектеулі қабаттардың әрбірінде өзіне тән (МЭК) жиынтығы геоэлектрлік қиманы құрайды.

Геоэлектрлік қима кейбір геологиялық кимаға жуықтау модель болып саналады. Бұл қиманың белгілі бір шартқа

байланысты болуы, біріншіден, оның құрамының өзгешелігі ал, таужыныстары кедергілерінің бірдей болғандары, бір жүйеге топтастырылады.

Керісінше, құрамы бірдей таужыныстары суға қанығулары әр түрлі деңгейде болғандықтан, екі түрлі кедергімен сипатталып, екі түрлі аумақ құрастырады. Сондықтан, геоэлектрлік қима маңызды геологиялық мәліметтерге, алдымен құрылымдық сипаттамаларға толы болады.

Геоэлектрлік модельдің ең қарапайым түрі – горизонтальды шекаралармен бөлінетін қабаттар. Олар жеткілікті мөлшердегі қалыңдықпен сенімді анықталатын геоэлектрлік қабаттардан тұратын кималар:

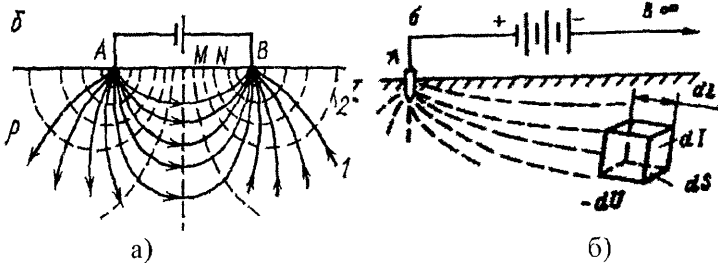
Бір қабатты біртекті орта, екі қабатты (жоғарғы қабаты шектеулі, төменгі екінші қабаты шексіз қалыңдықпен сипатталады, үш қабатты (алғашқы екі қабаты шектеулі, үшінші қабаты шексіз қалыңдықта т. б. Егер геоэлектрлік қиманың қалыңдығы жеткілікті мөлшерде барлық жерде бақыланса, ρ_k кедергісі, аномальды жоғары не төмен көрсеткіштерімен болса, онда бұл сияқты қабаттар тірек болар (фундамент) геоэлектрлік қабат деп аталады.

Көбірек қолданылатыны, жоғарғы кедергілі тірек болар горизонт кристалды фундамент (тұзды қабаттар, қатты әктастар т.б. сияқтылар). Бұл горизонттар зерттеу ауданның жалпы құрылысын сипаттайды.

Электрлік барлау әдістерімен жұмыс параллель орналасқан профильдер жүйесі мен жүргізіледі. Электромагниттік өрістің параметрлері өлшеу кезінде тіркеліп, бақыланған өрістер екіге бөлінеді: 1) ауытқу өрісі – геологиялық нысандардың әсерінен ерекшеленген өріс, яғни электромагниттік өрістердің ауытқуы жергілікті зерттеу нысанын ток көзімен жалғастырғанда пайда болған – туынды өріс. Бізге осы нысанды іздеп, барлауға деректер әкеледі. Бұл өрістің қалыпты өрісін, яғни ток көзімен әсер еткенде туындаған өріс немесе алғашқы өріс ғағы да кіріктіруші, яғни қоршаған орта таужыныстарының өрісі деп бөлінеді.

1.2. Тұрақты электр өрісі

Тұрақты электр өрістері – жер қойнауында тұрақты ток көздерінен туындайды. Жермен тұйықталған электродтар жүйесін құрғақ батареялар мен аккумуляторларға және арнаулы тұрақты ток генераторларымен жалғастырып, ток жіберіледі. Қарапайым түрі – қоректендіруші тізбектің жерге тұйықталған А және В екі электродтары өзара жалғастырылған сымдардың көмегімен ток көзінің әр түрлі таңбаларына қосылады. А электродынан жерге ток таралып, В электродына қайтып оралып, ары қарай жалғасады.



1.2-сурет. Біртекті ортада екі нүктелік ток көзінің өрісі біртекті ортада, ауа мен жердің шекарасында:

1- ток сызықтары, 2- эквипотенциал сызықтары

Ом заңының дифференциалдық түрін түсіндіруге арналған схема (түзу өткізгіштерге арналған)

Жер қойнауында токтың болуы мен кеңістікте таралуын, М және N екі нүкте аралығындағы потенциалдар айырмасы (ΔU) мен өрістің кернеулігі (E) және ток күшін (I) өлшеу нәтижелерінен қабылдау тізбегінен анықтап көруге болады. Бұл элементтердің барлығы өзара Ом заңы қатынастарымен дифференциалды түрде байланысты.

Бізге белгілі, Жердің көлемді шексіз үлкен қималы өткізгіш екендігі. Сондықтан, өрістің сыңарларын (компоненттерін) жекелеген нүктелерінде ортаның дифференциалды кішкене көлеміне арнап есептеледі. Егер электр өрісі біртекті ортада ($\rho = \text{const}$) АВ электродтарының

көмегімен туындаса және де соңғысын шексіздікке айтарлықтай алысқа апарып қойса, А электродынан жіберілген ток ағынына перпендикуляр дифференциалды кішкентай (кубты) текше таужынысын бөліп алдық деп елестетсек, онда куб қырларының ұзындығын $d\ell$ – деп, қырларының ауданын dS , кубиктен dI тогы өтеді десек, оның қырларына түсетін кернеулік ($-dU$) болар еді 1 б - сурет. Оқшауланған таужынысы кубигінің толық

кедергісі $R = \frac{\rho d\ell}{dS}$ немесе $\frac{dU}{dI} = -\frac{\rho d\ell}{dS}$ бұларды топтастырып,

ықшамдаған соң: $\frac{dI}{dS} = -\frac{1}{\rho} \frac{dU}{d\ell}$ немесе $J = \frac{1}{\rho} \frac{dU}{d\ell} = \frac{1}{\rho} E$; $J = -\frac{1}{\rho} E$.

Бұл теңдеуді былай қорытындылауға болады, яғни ортаның әрбір нүктесінде ток тығыздығы градиент потенциалына және өріс кернеулігіне пропорционал.

Ом заңының дифференциалдық түрі: $j = \gamma E$;

j – ток тығыздығы, γ – ортаның өткізгіштігі.

Тұрақты ток өрістерін зерттегенде қолданылатын заңдылықтар мен теңдеулер

$$\text{Ом заңы} \quad J = -\frac{1}{\rho} E. \quad (1.2.)$$

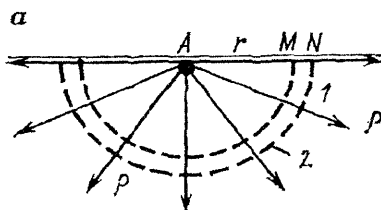
Кирхгоф заңының дифференциалдық түрі: $\text{div} j = 0$, мұндағы j – ток тығыздығы.

Ом заңының дифференциалдық түрі: $j = \gamma E$; γ – меншікті электр өткізгіштігі.

Тұра есепті шешу кезінде кеңінен қолданылатын көмекші (U) функциясы тұрақты электр өрісінің скалярлық потенциалы, электр өрісінің (E) кернеулігімен, қарапайым катынаспен байланыста. $\vec{E} = -\text{grad} U$.

Скалярлық потенциал Лапласың теңдеуін қанағаттандырады. Лапласың теңдеуі: $\Delta U = 0$; Декарт координатасында (x, y, z);

$$\frac{d^2 U}{dx^2} + \frac{d^2 U}{dy^2} + \frac{d^2 U}{dz^2} = 0.$$



1.3-сурет. Нүктелік ток көзі, ауа мен жер шекарасындағы біртекті ортада:

1 - ток сызықтары, 2 - эквипотенциал сызықтары

Біртекті изотропты ортадағы нүктелік ток көзінің өрісін қалыптастырады деп атайды. Нүктелік ток көзінің өрісі, жарты кеңістікте, ток күші (I), меншікті кедергісі ρ - мен эквипотенциалды сфера және радиалды ток ағымын сипаттайды. (Ток тығыздығы – j) M – нүктесі, ток көзінен r – қашықтықта, біртекті ортаның эквипотенциалдық беткейінде орналасқан.

$$j = \frac{I}{S}; \quad S = 2\pi r^2; \quad j = \frac{I}{2\pi r^2} \quad \text{немесе} \quad j = -\frac{1}{\rho} \frac{dU}{dr}; \quad (1.2.1)$$

S – жарты сфера көлемі. Бұл есепті де жоғарыдағы тәсілмен есептесек, Ом заңының дифференциалдық түрі $E = \rho j$ және формула $dU = -E dr$. Бұл формуладан потенциал ∞ -тен r – интегралға тең:

$$U_M = \int_{\infty}^r \frac{\rho I}{2\pi} \frac{dr}{r^2} = \frac{\rho I}{2\pi r}; \quad \text{немесе} \quad U_M = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (1.2.2)$$

Бұл формуладан ескеретініміз, егер өріс толық кеңістікке арналып есептелетін болса, онда потенциалдың өрнегі келесідей болар еді.

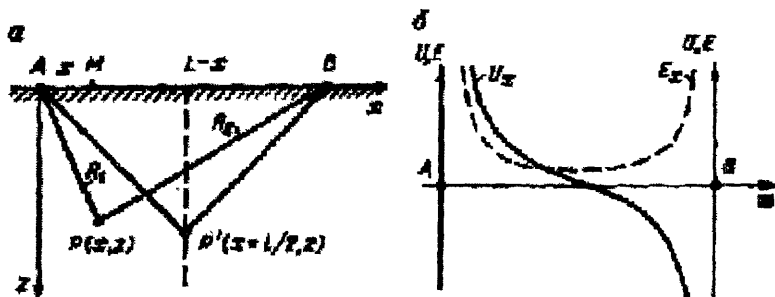
$$U_M = \frac{I\rho}{4\pi r}. \quad (1.2.3)$$

Электр өрісінің диполі деп – электр потенциалдарының ток сызықтарына перпендикуляр орналасу тұрақтылығы, яғни орталығы А нүктесімен жарты сфера құрайды. Потенциалдар айырмасы ΔU екі нүкте М және N аралығында немесе эквипотенциал беткейлері арасындағы АМ және А N радиустарымен, осы екі нүктелерінің ортасынан өтетін болса, жоғарғы формуланы пайдаланып есептеуге болады.

Электр өрісінің кернеулігі, осы өріс потенциалының туындысы түрінде анықталады, ток көзінен бақылау М-нүктесіне (1.4-сурет), кері таңбамен бағытталған радиус – векторға бағыттас жүргізілген:

$$\vec{E} = -\frac{dU}{dr} = -d\left(\frac{\rho I}{2\pi r}\right) / dr; \quad \vec{E} = \frac{\rho I}{2\pi r^2}. \quad (1.2.4)$$

Екі электродтың арасында М нүктесі орналасқан болса, А мен М нүктелерінің арасын x -деп ал, А мен В нүктелерінің ара қашықтығын L -деп белгілесек, U -дың x -ке тәуелділігін табамыз. А мен М нүктелерінде туындаған U_{MA} және U_{MB} потенциалын (1.2.3) формуласына сәйкес қоямыз. Мұндағы:



1.4-сурет. Екі нүктелі электродтардың электр өрісі:

а–электродтардың орналасу схемасы және тіркеу жүргізілетін нүктелер; б– потенциал (U_x)-тің және градиент потенциал

E_x – графиктерінің АВ сызығы бойымен өзгеруі.

U_m –нүктелік ток көзінің біртекті шексіз ортадағы потенциалы

$$U_{MA} = -\frac{\rho I}{2\pi} \frac{1}{|X|}, \quad U_{MB} = -\frac{\rho I}{2\pi} \frac{1}{|L-X|}.$$

Бұл формулада (-) теріс таңба В электродының ток көзі теріс таңбасымен жалғанғанын білдіреді. Екі электродтан А мен В туындаған М нүктесінің потенциалы U_M осы екі нүкте потенциалдарының қосындысына тең:

$$U_M = U_{AM} + U_{MB} = -\frac{\rho I}{2\pi} \frac{1}{|X|} \left(-\frac{\rho I}{2\pi} \frac{1}{|L-X|} \right) U_M = -\frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{|X|} - \frac{1}{L-X} \right) \quad (1.2.5)$$

Енді А мен В нүктелерін жалғастыратын түзудің бойынан электр өрісінің кернеулігі E_x -ті табамыз. Ол үшін ара қашықтықтағы потенциалдың бірінші туындысын кері таңбамен аламыз:

$$E_x = -\frac{dU}{dX} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{X^2} + \frac{1}{(L-X)^2} \right). \quad (1.2.6)$$

Жермен тұйықталған (А мен В) екі электродтың тік жазықтығы -- QQ' бойында АВ нүктелерін косатын түзудің ортасы 0-нүктесі деп аламыз. Осы тұйықталған электродтар (+I және - I) токтарына сәйкес қоректендірілсін. Сонымен, осы жазықтықтың h -тереңдігінде кез келген жерінен Р – нүктесін алатын болсақ, ток тығыздығының жиынтығы $\vec{J}_{AB}$, осы нүктелердегі ток тығыздығының геометриялық $\vec{J}_A$ және $\vec{J}_B$ қосындысына тең болады (1.4 а-сурет).

$$\vec{J}_A = \frac{I}{\pi R_A^2} \cos \alpha, \quad \vec{J}_B = -\frac{I}{\pi R_B^2} \cos \alpha,$$

QQ' -тік жазықтығы Жермен тұйықталған (А мен В) екі электродтарынан бірдей қашықтықта, олай болса $R_A = R_B = R$. Сондықтан,

$$\begin{aligned}\bar{J}_{AB} &= \bar{J}_A + \bar{J}_B = \frac{I \cos \alpha}{2\pi R_A^2} - \frac{I \cos \beta}{2\pi R_B^2} = \frac{I}{2\pi} \left[\frac{\cos \alpha}{R_A^2} - \frac{\cos(180 - \alpha)}{R_B^2} \right] \\ \bar{J}_{AB} &= \frac{I}{\pi R^2} \cos \alpha, J_0 = \frac{4I}{\pi L^2}, \quad \bar{J} = \left(\frac{L}{2} \right); \\ \frac{\bar{J}}{J_0} &= \left(\frac{L}{2} \right)^3 = |R^3 = 1| + \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{2h}{L} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \\ \frac{\bar{J}}{J_0} &= \frac{I \cos \alpha}{\pi R^2} : \frac{4I}{\pi L^2},\end{aligned}\tag{1.2.7}$$

Ток тығыздығының өзгеруі (1.4-суретте) көрсетілген. Абсцисса кесіндісіне h салынып, L ұзындығының үлесін білдіреді, яғни h/L қатынасын. Ось ордината мен $\bar{J}/J_0$.

Сонымен, $h=AB$ тереңдікте ток тығыздығы J_0 -тың 10 %-ын құрайды, ал $h=3AB$ тереңдігінде нөлге дейін төмендейді. Соңғы формулада ток тығыздығының тереңдікке таралуы, қоректендіруші Жермен тұйықталған АВ электродтарының ара қашықтығына байланысты екендігін көреміз. Ара қашықтық неғұрлым үлкейген сайын, ток тығыздығының таралуы (h) тереңдікке ұлғайып, берілген $\bar{J}/J_0$ - қатынасы анықталады.

Мысалы, А мен В-ның арасы 100 м-ге тең болса, $\bar{J}/J_0$ қатынасы 0.2-ге тең болып, 70 м тереңдікте анықталады. Ал, А мен В-ның ара қашықтығы 500 м-ге ұзарса, $\bar{J}/J_0$ -қатынасы 350 м тереңдіктен бақыланады. Бұл көрсетілген ерекшелік әртекті ортада да дұрыс жалғасын табады. Дегенмен, бұл жағдайда АВ - тасымалы (разностарды осылай деп атаймыз) мен ток тығыздығының таралу тереңдігі h -тың арасындағы байланыс, қиманың түрлеріне байланысты әр түрлі болуы

мүмкін. Олай болса, соңғы формула өзінің дәлдік мәнін (мағынасын) жояды. Дипольді құрастыратын, нүктелік көздер, дипольдің полюстері деп аталады. $U = \frac{I_p}{2\pi} \frac{\ell \cos \varphi}{r^2}$, $\frac{I_p \ell}{2\pi} = P$ - әрпімен белгілеп. Оны дипольдік өрістің моменті деп атайды.

1.3. Дипольдің электр өрісі

Нүктелік ток көздерімен туындайтын өрістермен қоса дипольдің электр өріс көздерінде қолданылады. Дипольдің электр өріс көздері деп – мөлшерлері тең, бірақ әр түрлі (1.4-суретте) таңбалармен зарядталған, ара қашықтықтары бақылау нүктесіне дейінгі ара қашықтықтан әлде қайда аз болатын өріс көздерін айтады.

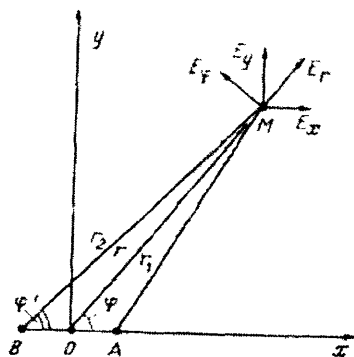
Дипольді құрастыратын нүктелік көздер, дипольдің полюстері деп аталады.

Дипольдің ұзындығы деген – полюстерінің ара қашықтығы, дипольдік ось деп – полюстерді өзара жалғастыратын (r) түзін айтады. Диполь өрісінің потенциалын анықтау үшін дипольдік полюстерден r_1 және r_2 қашықтықтарда орналасқан М нүктесін алып, диполь ұзындығының центріне дейінгі аралықты r – деп белгілейміз. Дипольдік ось пен r-дің арасындағы бұрышты φ -деп ал, дипольдің ұзындығын ℓ -мен белгілейміз. Өрістің потенциалын диполь полюстері потенциалының қосындысымен анықталады.

$$U = \frac{I_p}{2\pi r} = \frac{I_p}{2\pi} \frac{1}{r_2} - \frac{I_p}{2\pi} \frac{1}{r_1} = \frac{I_p}{2\pi} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) = \frac{r_1 - r_2}{r_2 r_1} \frac{I_p \ell}{2\pi r_1}.$$

$\ell \ll r$ ескере отырып, $U_m = \frac{I_p}{2\pi} \frac{\ell \cos \varphi}{r^2}$, $\frac{I_p \ell}{2\pi} = P$ -мен белгілеп, оны: дипольдің моменті деп атаймыз. Сонымен, дипольдік өрістің соңғы формуласы:

$$U_d = \frac{P \cos \varphi}{r^2}.$$



1.5-сурет. Дипольдің электр өрісі

Өрістің кернеулігі, жер бетінің кез келген нүктесінде, екі компонент түрінде көрсетуге болады. Оның бірі радиус векормен бағытталған $\vec{r}$ - радиалдық сыңары E_r , екіншісі – осы, радиус векторге перпендикуляр орналасқан – азимуталдық сыңары. Екі сыңарларында (1.5-суретте) көрсетілген. E -сыңары U_M -ның туындысы түрінде анықталады.

$$E_r = \frac{2\vec{P} \cos \varphi}{r^3}.$$

Суреттен белгілі $dS = r d\varphi$. Сонымен, $E_r = -\frac{1}{r} \frac{dU}{d\varphi}$,

$$\text{ал, } \frac{dU}{d\varphi} = \frac{2\vec{P} \sin \varphi}{r^2}. \quad (1.3)$$

E_φ сыңары (компоненті) потенциал өсімшесі dU -дың dS қатынасына тең. dS – дегеніміз – $\vec{r}$ векторы соңының ығысу мөлшері, азимуталдық бұрыш φ -дің $d\varphi$ -мөлшерінің өзгеруі нәтижесінде E_φ -дің формуласын аламыз: $E_\varphi = \frac{\vec{P} \sin \varphi}{r^3}$, E_r , E_φ формулаларында $\varphi=0$ деп қарастырсақ, дипольдің осінде

жатқан, кернеулік өрісінің нүктелерін табамыз. $E_r = \frac{2\pi}{r^3}$, $E_\varphi = 0$

Егер $\varphi = \frac{\pi}{2}$ тең болғанда, яғни экваторлық жазықтық дипольдік оське перпендикуляр және оның центрінен өтеді. $E_r = 0$ болады ал, $E_\varphi = \frac{\vec{P}}{r^3}$. $U = \frac{IAB\rho \cos\varphi}{2\pi r^2}$.

Тікбұрышты координатада $\cos\varphi = x/r = \frac{x}{(x^2 + y^2)^{1/2}}$;

$$U = \frac{IAB\rho}{2\pi} \frac{x}{(x^2 + y^2)^{3/2}}.$$

Электр өрісі кернеуліктерінің құраушыларын табамыз.

$$\begin{aligned} E_x, E_y, E_r, E_\varphi \\ E_x = - \frac{\partial U}{\partial x} = \frac{IAB\rho}{2\pi} x = \frac{x}{(x^2 + y^2)^{3/2}} \frac{IAB\rho}{2\pi} \frac{\cos\varphi - 1}{r^3}; \\ E_y = - \frac{\partial U}{\partial y} = \frac{IAB\rho}{2\pi} \frac{3\cos\varphi \sin\varphi - 1}{r^3}; \\ E_r = - \frac{\partial U}{\partial r} = \frac{IAB\rho \cos\varphi}{2\pi r^3}; \end{aligned}$$

Ортаның меншікті кедергісін төменгі формуламен есептеуге болады:

$$\begin{aligned} E_\varphi = - \frac{\partial U}{r \partial \varphi} = \frac{IAB\rho \sin\varphi}{2\pi r^3} \cdot \frac{2\pi r^3}{AB(3\cos^2\varphi - 1)} \frac{E_x}{1} \quad \rho_x = ; \\ \rho_y = \frac{2\pi r^3}{AB(3\cos\varphi \sin\varphi)} \frac{E_y}{1}; \quad \rho_r, \rho_\varphi \quad \rho_r = \frac{2\pi r^3}{AB(\cos\varphi)} \frac{E_r}{1}; \\ \rho_\varphi = \frac{2\pi r^3}{AB(\sin\varphi)} \frac{E_\varphi}{1}; \end{aligned}$$

Өртекті ортаның үстінде өлшенген мәліметтерді осы формулалардың көмегімен есептеп, нәтижесін көрінерлік кедергі деп атайды. Бұл формулалардан түсінетініміз, электродтардың ара қашықтығы ұлғайған сайын, дипольдің потенциалы тасымалдың (бұдан былай А мен В және М мен N-нің араларын жалғастыратын өткізгіш сымдарды осылай «тасымал» – деп атаймыз) ұзындығының квадратына кері пропорционал шамамен азайса, кернеулік осы шама кубының ара қашықтығы шамасына азаяды.

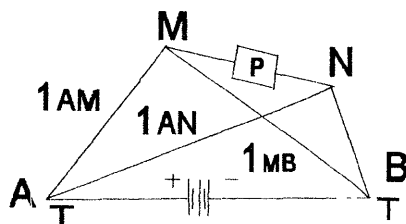
Дипольдік өрістің, нүктелік ток көзі өрісінен айырмашылығы, осы өріс көзі аумағында дипольдік өріс бір шама тезірек сөнеді. Сонымен қатар, дипольдік өрістің бірқатар жетістіктері де бар. Сондықтан, оны кең көлемде электрлік барлау әдістерінде қолданады.

2. КЕДЕРГІ ӘДІСТЕРІНІҢ ТОБЫ

2.1. Кедергі әдістері туралы жалпы түсініктер

Кедергі әдістері электрлік барлауда кеңінен қолданылатын әдістердің қатарына жатады. Олармен жұмыс жүргізудің мақсаты – Жер бетінде тұрақты электр өрісінен туындаған, нүктелік және дипольдік өріс көздерінің көмегімен геологиялық қиманы зерттеу.

Нүктелік және дипольдік өріс көздері ретінде Жермен тұйықталған екі А және В электродтары алынады. Олар арқылы жер қойнауына кез келген тұрақты ток көздерінен (құрғақ элементті батарейлермен немесе тұрақты ток генераторларынан) жерастына ток күші (I) жіберіледі.



2.1-сурет. Кедергі әдісімен жұмыс істеуге арналған кондырғы

Осылай пайда болған тұрақты электр өрісі геофизикалық аспаптармен тіркеліп, зерттеледі. Жермен тұйықталған А, В, М, N электродтары тізбегінің жиынтығы – төрт электродты кондырғы деп аталады. Жермен тұйықталған А, В электродтар r_{AM} , r_{BM} – қашықтықта орналасқан М-нүктесінде формулаға

(1.2.2) сәйкес, электр өрісі потенциалдары $U_{AM} = \frac{I\rho}{2\pi r_{AM}}$,

$U_{BM} = \frac{I\rho}{2\pi r_{BM}}$, есептеледі.

Сонымен, М-нүктесінің потенциалы MA , MB нүктелері

потенциалдарының қосындысына тең болады.

$$U_M = U_{AM} + U_{BM} = \left(\frac{1}{r_{AM}} + \frac{1}{r_{BM}} \right), \quad \text{Осыған ұқсас,}$$

$$U_N = U_{NA} + U_{NB} = \frac{Ip}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{AN}} + \frac{1}{r_{BN}} \right)$$

$$\Delta U_{MN} = U_M - U_N = \frac{Ip}{2\pi}$$

$$- \frac{Ip}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{AN}} + \frac{1}{r_{BN}} \right) = \frac{Ip}{2\pi} \left[\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} - \frac{1}{r_{AN}} + \frac{1}{r_{BN}} \right].$$

Осыдан Жер бетінде орналасқан, төрт электродты қондырғының, біртекті ортадағы меншікті кедергісінің өрнегін аламыз.

$$\rho = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} - \frac{1}{r_{AN}} + \frac{1}{r_{BN}}} \frac{\Delta U}{I} = K \frac{\Delta U}{I}. \quad (2.1)$$

$$\text{Енді } \Delta U \text{ индекстерін ықшамдап } K = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} - \frac{1}{r_{AN}} + \frac{1}{r_{BN}}}.$$

K-ның мөлшері қондырғы тізбегіндегі жермен тұйықталған электродтарының ара қашықтықтарымен анықталып, қ о н д ы р ғ ы к о э ф ф и ц и е н т і – деп аталып, ұзындықтың өлшем бірлігімен өлшенеді.

Біртекті ортаға арналып алынған (2.1) формуласын төрт нүктелік қондырғының мәліметтерін өңдеуге қолдануға болады.

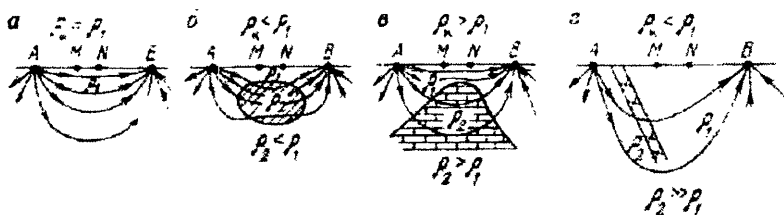
Дегенмен, бұл есептеудің нәтижесінде әлде-бір салыстырмалы, меншікті электр кедергісінің мәніне ұқсас шама ғана алынады. Бұл салыстырмалы шаманы – к ө р і н е р л і к к е д е р г і деп айту қалыптасқан. Сонымен, жалпы жағдайда:

$$\rho_k = K \frac{\Delta U}{I}. \quad (2.2)$$

Жекелеген жағдайда біртекті ортаның көрінерлік кедергісі, ортаның нақты меншікті кедергісімен дәл келеді, яғни $\rho_k = \rho$. Бұл өрнектен түсінетініміз, көрінерлік кедергі (ρ_k) ток күшіне (I) тәуелді емес, өйткені токтың өзгеруі потенциалдар айырмасына пропорционал өзгертеді.

Көрінерлік кедергінің мөлшері геоэлектрлік кимаға, қондырғыда жермен тұйықталған электродтар тізбегінің өзара орналасуына және оның жер бетіндегі жағдайына байланысты болады. 2.1 а-суретте көрсетілгендей төрт нүктелік қондырғы біртекті ортаның үстінде. Бұл жағдайда, жоғарыда айтылғандай, біртекті ортаның көрінерлік кедергісі нақты меншікті кедергісіне тең. Екіншісі (2.1. б-суреттің) жағдайында ток өткізгіш денеде шоғырланып тіркеу нәтижесі, кіріктіруші ортаның аспаптар орналасқан бөлімінде азайып, яғни M, N электродтары арасында потенциалдар айырмасы төмен болады. Сол сияқты (2.2) өрнегінен байқалатыны ΔU -дың төмендеуі ρ_k -ның азаюымен жалғасады. Сонымен, ортада жақсы өткізгіштің болуы ρ_k -ні, кіріктіруші ортамен салыстырғанда төмендеуіне әсер етеді.

2.1-сурет в жағдайында ток жоғары кедергілі денені айналып өтіп, қабылдаушы M, N электродтарының маңайында топтасады. Бұл ρ_k -ның ұлғаюына әсер етеді.



2.2-сурет. Көрінерлік кедергінің геоэлектрлік кима құрылысына тәуелділігі

Көрінерлік кедергіні геологиялық ортаны құрастырған таужыныстарының нақты кедергісінің орта шамасы ретінде қарастыруға болмайды. Мынадай жағдайды еске елестетсек, мысалы (2.1 г-сурет) кварц өзегі қабылдаушы электродтар орналасқан аймақты экрандап және ток тығыздығы осы аймақта азаяды. Осылай нашар өткізгішті құрылымдар ρ_k -ны төмендетеді. Геоэлектрлік қима құрылысына, көрінерлік кедергінің тәуелділігін, кедергі әдістерімен геологиялық зерттеулерде кеңінен пайдалану мүмкіншілігіне негізделген.

Көрінерлік кедергінің геоэлектрлік қима құрылысына профильдеу, тәуелділігін, кедергі әдістерімен геологиялық зерттеулерде кеңінен пайдалану мүмкіншілігіне негізделген.

Тұрақты ток өрісіне негізделген әдістердің арасындағы кең таралған бірнеше түрлері бар:

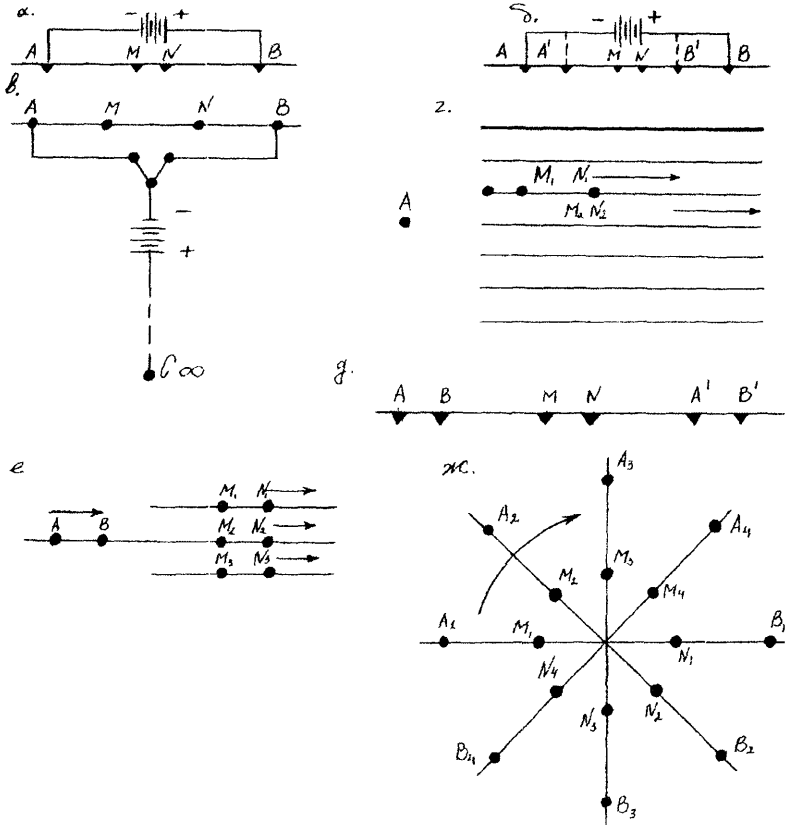
- 1) электрлік профильдеу;
- 2) тік электрлік зондылау;
- 3) дипольдік профильдеу, зондылау;
- 4) заряд әдістері.

2.2. Электрлік профильдеу әдісі

Электрлік профильдеу бұл кедергі әдісінің бір түрі – AMNB қондырғысының мөлшері өзгермей, тек қана әрбір келесі өлшемде профиль бойымен белгілі бағытта жаңа орынға ауысып және тұрақты тереңдікте көрінерлік кедергінің ρ_k өзгерісі анықталады. Екі нүктенің ара қашықтығы MN-ге немесе 2MN-ге тең көрінерлік кедергі мына формуламен есептеледі:

$$\rho_k = K \frac{\Delta U_{MN}}{I_{AB}}.$$

ΔU_{MN} – қабылдаушы электродтар арасындағы потенциалдар айырмасы, I_{AB} – қоректендіруші (AB) тізбегіндегі ток күші- I_{AB} , K -қондырғы коэффициенті. Кедергі әдістерінің физикалық негізі жоғарыда айтқандай, таужыныстарының меншікті электр кедергісінің, геоэлектрлік қима құрылысына тәуелділігін зерттеумен анықталады.



2.3-сурет. Электрлік профильдеу әдісінің кондырғылары

Бұл әдістермен жұмыс жүргізу кезінде жасанды электр өрісі, А және В электродтары көмегімен жерастына I_{AB} тұрақты электр тогы жіберіледі, ал қабылдаушы М және N электродтарымен осы екі нүкте аралығындағы потенциалдар айырмасы өлшеніп, одан соң 2.1-формуласымен меншікті электр кедергісі өлшенеді.

Ал енді күнделікті жағдайда зерттелетін орта әртекті болғандықтан, жоғарыда келтірілген 2.1-формуланың орнына шартты шама, көрінерлік кедергі ρ_k -ні пайдаланады:

$$\rho_k = K \frac{\Delta U}{I_{AB}}.$$

К-қондырғы коэффициенті А, В, М, N, нүктелерінің өзара орналасуына тікелей байланысты. Электрлік профильдеу әдісі геология құрылымдарын зерттеу кезінде, геологиялық карталау, барлау және пайдалы кенорындарын іздестіру, басқа да геологиялық зерттеулерде қолданылады. Электрлік профильдеу әдісінің тереңдігі (100–150 м)-ден аспайды, симметриялық тор – масштабқа сәйкестіріліп жасалады. 2.2-суретте көрсетілген қондырғылармен қоса электрлік профильдеу әдісінде көбірек қолданылатын қондырғылар:

- а) Төрт электродты AMNB симметриялық $MN = \frac{1}{3} A -$

Шлюмберже қондырғысымен профильдеу.

ә) Төрт электродты AMNB симметриялық қондырғымен $r_{AM} = r_{MN} = r_{NB} = a$ Веннердің қондырғысы болады. Бұл қондырғыда $K = 2\pi a / 10$;

б) Екі тасымалды симметриялық қондырғымен AA', MN, B'B;

в) Ұластырып, яғни құрастырылған қондырғымен профильдеу;

г) Орталық градиент қондырғысы (AB-қозғалмайды) (2.2 г-сурет);

ғ) Үш электродты қондырғы AMN, C- ∞ ;

д) Екі электродты қондырғы AM, N- ∞ , B- ∞ ;

ж) Шеңбер бойымен симметриялық тәсілімен профильдеу әдісі. (2.2 ж-сурет);

з) Екі электродты қондырғы AM, N- ∞ , B- ∞ ;

л) Екі жақты дипольдік - осьтік қондырғысымен профильдеу;

и) Бір электродты қондырғы A, B- ∞ ;

Әрбір қондырғының өзіне сай жетістіктері және кемшіліктері болады. Ол электрлік барлау жұмысын жобалау кезінде есепке алынады. 2.2-сурет.

Электрлік профильдеу жұмысының материалдарын өңдеу кезінде осы әдістің жеке графиктері немесе графиктер мен изоом карталары салынады. Осы ортаның геологиялық құрамының ерекшелігімен таужыныстарының электрлік қасиеттерін ескере отырып, талдау (интерпретациялау) жасалады.

Электрлік профильдеудің нәтижесінде геологиялық картаның схемасы мен геоэлектрлік қима салынады.

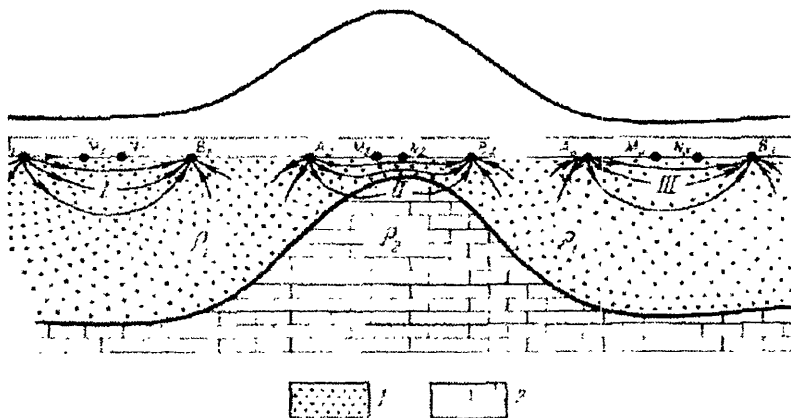
Жер бетінде көрінерлік кедергінің ρ_k өзгерісін бақылап, әр түрлі геологиялық міндеттерді шешуге болады. Барлау жұмыстары кезінде негізінен қолданылатын тұрақ ток көзімен қатар төменгі жиіліктегі айнаымалы токта пайдаланылады. Қондырғыларда, коректендіруші және қабылдаушы электродтардың өзара әр түрлі болып орналасу салдарынан, кедергі әдістері үлкен екі топқа бөлінеді:

1. Электрлік профильдеу ЭП.
2. Тік электрлік зондылау ТЭЗ (ВЭЗ).

Олар электр өрісін өлшеу принциптерінің өзгешеліктерімен ерекшеленеді. Электрлік профильдеу кезінде қондырғыларының арақашықтықтары, ешқандай өзгеріссіз, бір нүктеден екінші бақылау нүктесіне көшіріліп, ρ_k - ның профиль бойымен өзгеруі зерттеледі. Электрлік зондылау ТЭЗ әдісінде қондырғының коректендіруші А және В электродтарының арақашықтықтары өзгеретін болғандықтан, жерастына таралатын I_{AB} – тогының тереңдігі де өзгеріске ұшырайтын болады, тек қана қондырғының центрі ғана ешқандай өзгеріссіз бір орында қалады. Осы топтардың әрқайсысы қондырғының қабылдау тізбегінің түрлеріне байланысты жоғарыда айтылып, 2.3-суретінде көрсетілгендей бірнеше түрлерге бөлінеді:

Барлық қондырғылармен электр өрісі зерттеліп, яғни жерге қосылған нүктелік ток көзінің өрісі немесе өте кішкентай мөлшердегі А және В нүктелерінің өрісі. Өрістің формасы мен таралу сипатына әсері болымсыз мөлшерде деп санауға болады.

Бұл жағдай қоректендіруші электродтардың арақашықтығынан 5-10 есе көп болатын қабылдаушы электродтарға дейінгі арақашықтық – r (1.4-сурет) болып саналады.



2.4-сурет. Жоғары омды таужыныстардан құралған антиклинді көтерілімнің үстінен электрлік профильдеу:

I – өткізгіштігі ρ_1 төменгі Омды жыныстар; 2 – өткізгіштігі ρ_2 жоғары Омды жыныстар

Электрлік барлау теориясынан белгілі: өрістің электр потенциалы мен кернеулігі жарты сфера кеңістігінде жерге қосылған нүктелі электрод біртекті және изотропты ортада төменгі формуламен анықталады:

$$U = \frac{I\rho}{2\pi} \cdot \frac{1}{r}; \quad (2.3)$$

$$E = \frac{I\rho}{2\pi} \cdot \frac{1}{r^2}, \quad (2.4)$$

ρ – ортаның меншікті электр кедергісі, ом. м, I -ток күші қоректендіруші А электродынан жерге таралған; r –

қоректендіруші электродынан зерттеу нүктесіне дейінгі арақашықтық.

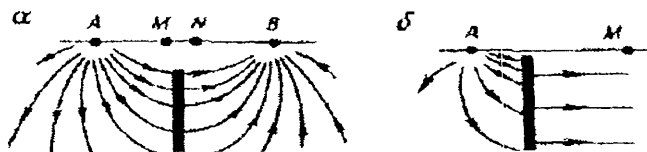
Электрмен профильдеудің (қысқаша электрлік профильдеу) ерекшелігі көрінерлік меншікті кедергіні өлшеудің бұл тәсілінде қондырғының мөлшері, яғни қоректендіруші және өлшеуге арналған электродтар жерге тұйықталып, өзара орналасуы, тұрақты болып қалады да, қондырғы өлшеуден келесі өлшеуге, электрлік профильдеу деп аталатын, белгілі бір бағыт бойымен орын ауыстырды. Бұл геологиялық қиманы бақылау түзу бойымен зерттеуге мүмкіндік береді.

Бұл әдістің мәнін ашатын мысал ретінде – жақсы өткізгіш түзілімдерімен жабылған қандайда бір жоғары омды жыныстардың антиклинді көтерілімінің үстінен өтетін профильдің түзу сызығы бойымен, электрлік профильдеуді қарастырамыз. 2.3-суретінде AMNB төрт нүктелі қондырғы тізбегінің үш жағдайы сандармен белгіленген. 1 жағдайда кедергілері ρ_1 және ρ_2 таужыныстарының бөлу бетінен алшақ орналасқан, осыған сәйкес бұл шекара А мен В жерге тұйықталған электродтары арқылы жіберілген токтың таралуына мардымсыз әсер етеді. Бұл таралу кедергісі ρ_1 біртекті ортада $\rho_k = \rho$ болса, онда 1 жағдай үшін $\rho_k > \rho_1$ деп жазуға болады. Қондырғыны профиль бойымен 1 жағдайдан 2 жағдайға ауыстырғанда, оны қарастыратын жоғары кедергілі ρ_2 қабатының бөлу шекарасына сәйкес, осы шекарада токтың таралу әсерінің ұлғаюын байқаймыз. Бұл әсерді өткізгіштігі төмен астыңғы жыныстардың токты өткізгіштігі жақсырақ жоғарғы қабатқа ығыстыруынан көруге болады. Жоғарғы қабаттағы ток тығыздығының өсуі қабылдаушы электродтардың арасындағы потенциалдар айырымының өсуіне әсер етіп, осыған сәйкес, көрінерлік кедергінің өсуі байқалады. Көтерілімнің осьтік бөлігіндегі 2 жағдайда ρ_k максималды мәнге жетеді. Антиклинальді осьтік бөлігі қондырғыдан қашықтаған сайын ρ_k азайып 3 жағдайда тағы да ρ_1 шамасына жақындайды.

2.3-суретте қондырғының (AMNB) профильдегі орнына ρ_k -нің тәуелділік графигі көрсетілген. Аналогиялық тәсіл арқылы

антиклинді көтерілім ядросы жақсы өткізгіш жыныстардан түзілген болса, онда антиклиналінің осьтік бөлігінің үстінде көрінерлік кедергінің минимумы бақыланады. Көрінерлік меншікті кедергі мен геологиялық қиманың құрылысы арасындағы байланыс қолданылатын қондырғының түріне де тәуелді.

Осылайша, мысалы шұғыл құлаған жоғары өткізгіш дене (кенді желі, антрацит қабаты т.б.) АВ қондырғысының экваторлық жазықтығында орналасқан. А және В жерге тұйықталған электродтарының өрісін аз бұрмалайды (2.4-сурет) Бұл жақсы өткізгіш дене мен кіріктіруші ортаның таужыныстары шекарасындағы ток тығыздығының векторы осы шекараға тік бұрышпен орналасқандығымен түсіндіріледі. Бұл заңдылықты 2.4-сурет растайды, яғни екі нүктелік көздердің өрісінің ток сызықтары біртекті ортада АВ қондырғысының экваторлық жазықтығына тік бұрышпен орналасқан. Осыларға сәйкес жақсы өткізгіш дене А мен В.



2.5-сурет. Нүктелік қоректендіру көзі өрісіндегі өткізгіштігі жақсы дене: а – екі нүктелік қоректендіргіштер өрісіндегі шұғыл құлайтын жақсы өткізгіш дене; б – шұғыл құлайтын дененің экрандау әсері

Осыларға сәйкес жақсы өткізгіш дене А мен В көздері АВ кесіндісінің орталық бөлігіндегі электр өрісін айтарлықтай бұрмаламайды, сол себептен симметриялы қондырғылар үшін ρ_k графиктерінде шұғыл құлаған жақсы өткізгіш денелер нақты көрсетілмейді. Басқа жағынан үш нүктелі АМN қоректендіруші электрод жерге тұйықталып жақсы өткізгіш дене (2.4 б-сурет) қасында орналасқан электр тогына экран болып осындай қондырғымен өлшенетін ρ_k мәнін бұрмалайды. Осылайша, шұғыл құлаған жақсы өткізгіш түзілімдерін анықтау барысында

AMN және симметриялық қондырғыларын салыстырғанда нақтырақ нәтиже береді. Қарастырылған мысал әр түрлі геологиялық жағдайларда нәтижелерді дәлірек алу үшін түрлі қондырғыларды қолдану керектігі сипатталды. Электрлік профильдеу бір-бірінен қондырғы түрімен ерекшеленіп, олардың профиль бойымен орналасу тәсілдерінің әр түрлілігі, электрлік профильдеу модификацияларының пайда болуымен түсіндіріледі.

Электрлік профильдеу маршруттық немесе аудандық түсірілім сипатына ие болуы мүмкін. Маршруттық түсірілімде бақылау нүктелері ең қызықты немесе өзіне тән нүктелерде жыныстардың созылымына тік бұрышты бағытта зерттелетін ауданды, қиып өтетін, жеке бағыттар бойымен орналасады.

Аудандық түсірім кезінде зерттелетін аудан бақылау нүктелерінің біркелкі торымен қамтылады. Тордың пішіні мен тығыздығы зерттеу объектілерінің формасы және мөлшерімен анықталады. Егер зерттелуші геологиялық құрылымдар немесе геологиялық денелер (мысалы, кенді денелер) изомерлі пішінді болса, онда профиль бойындағы бақылау нүктелерінің арақашықтығы көрші профильдердің арақашықтығына тең болатын шаршы торды пайдаланады. Белгілі бір бағытта созылған геологиялық құрылымды қарастыру барысында бақылауларды тік бұрышты тормен жүргізеді. Мұндай торда профильдердің арақашықтығы профиль бойынша бақылау нүктелерінің арақашықтығынан артық. Профильдер геологиялық объектінің созылымына тік бұрышпен орналасады.

2.3. AMNB симметриялық қондырғымен профильдеу

Симметриялық AMNB төрт нүктелік қондырғыда электродтар бір түзудің бойымен орналасады. Тіркеуге арналған М және N қоректендіруші тізбегінің А мен В электродтары арасындағы кесіндінің центріне қатысты симметриялы орналасқан. (2.2 а - суретін қараңыздар).

Симметриялық қондырғыны, жабын түзілімдерінің электр кедергісі, тұрақты болған жағдайында (салыстырмалы түрде)

қарапайым геологиялық құрылымдарды зерттеу үшін пайдаланады.

Симметриялық қондырғы көмегімен шешілетін міндеттер:

а) Өзінің құрамында тіректі электрлік горизонттары бар және біртекті жыныстардан құралған қатпарлы құрылымдарды карталау;

б) Көрінерлік меншікті кедергілері әр түрлі, әртекті шөгінділер мен атқылама, (вулканогенді) немесе метаморфты және т.б. жыныстардың шұғыл құлаған жапсарларын карталау;

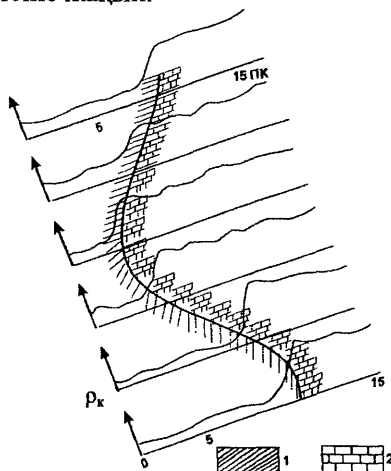
в) Шұғыл құлаған нашар өткізгіш геологиялық түзілімдерді – дайкаларды, кварц желілерін, көмір қабаттарын карталау.

Электрлік профильдеудің тиімді шарты – қондырғы мөлшерін дұрыс таңдау. Оны екі тәсіл арқылы жүзеге асыруға болады. Бірінші тәсілде зерттеуге арналған ауданда геологиялық құрылымы белгілі профильді таңдап (мысалы, ұңғыма орналасқан профильдер болса) осы профиль бойымен мөлшерлері әр түрлі қондырғылармен бақылаулар жүргізеді. Одан соң геологиялық қима мен ρ_k графиктерін салыстырып, қойылған геологиялық міндетті шешетін ең тиімді қондырғыны таңдайды. Бұл тәсіл өте қарапайым және сенімді, тек тәжірибелік жұмыстар жүргізуге қолайлы аудан болған жағдайда ғана қолданылады.

Қондырғы мөлшерін таңдаудың екінші тәсілі тік электрлік зондылау мәліметтерін пайдалануға негізделген. Бұл тәсілді түсіну үшін келесі мысалға жүгінеміз. Электрлік профильдеу әдісімен зерттеліп жатқан ауданда беттік түзілімдермен жабылған лықсыманы (сазды аққыш таужыныстары) карталау жүргізу қажет болсын. О және O_1 лықсыманың әр түрлі қанаттарында орналасқан қоректендіруші электродтардың ара қашықтығын таңдау үшін тік электрлік зондылауды жасайды.

Осы зондылаулардың қисықтарын салыстыра отырып, (2.6-сурет), 6 м-ге тең қоректендіруші электродтардың арақашықтығы қойылған міндетті шешуге жарамайды, себебі мұндай жағдайда лықсыманың екі жағындағы ρ_k - ның мәндері өзгермейді деуге болады және лықсыманы жауып жатқан жыныстардың меншікті кедергісіне жақын. 400 м-ден артық

арақашықтықта қисықтардың екеуінде де ρ_k мәндері бірдей деуге болады. Лықсыма дамыған түпкілікті жыныстардың меншікті кедергісіне жақын.



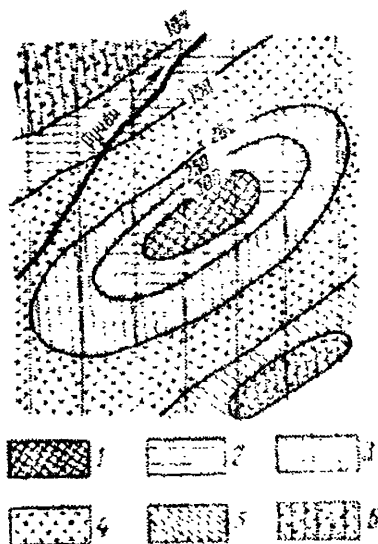
2.6-сурет. АМNB қондырғысымен профильдеу мәліметтеріне негізделген ρ_k графиктері (AB = 100 м, MN = 20 м).

1 – тақтатастар; 2 – әктастар

Яғни қажетті нәтижеге жету үшін АВ арақашықтығы 40-тан 80 м-ге дейінгі қондырғылармен профильдеу кезінде, жүзеге асатын болады. Өйткені мұндай арақашықтықта лықсыманың екі жағында да ρ_k мәндеріндегі айырмашылық электрлік профильдеу графиктерін де жақсы көріну үшін жеткілікті болады.

AB=400м, MN=40м қондырғысына есептеулер жүргізейік. Беттік түзілімдердің кедергісі 100 Ом м болса, ал профиль бойынша геологиялық қимаға сай көрінерлік кедергі 40 Ом м-ден аз болмау керек. Өлшеу жұмысына жақсы жағдай жасау үшін, есептеу кезінде қоректендіруші электродтар арасындағы потенциалдар айырмасы 10 мВ-қа тең болады деп мөлшерлейміз. (2) Өрнекті пайдаланып, бізге қажет потенциалдар айырымын алу үшін қажет ток күшін анықтайық.

69-ГРМЦ- 6 батареясы 0,5 А-ден артық емес разрядты токтарды өткізетіндіктен, біздің жағдайда секциялары параллель жалғанған бір батарея жеткілікті.



2.7-сурет. Өзегінде өткізгіштігі жоғары таужыныстары орналасқан антиклинді көтерілімнің үстіндегі изоом картасы

Қондырғы коэффициентін есептейік:

Енді коректендіруші батареяның кернеулігі 36В болған жағдайда электродтар тізбегіндегі ток күші 0,78 А-ге тең болатындай етіп жерге тұйықталған электродтардың кедергісін есептейміз (жалғастыратын сымдар мен батареяның ішкі кедергісін ескермейміз). $R \approx U/I = 36/0,78 = 46$ ом екені анық.

Картасы ($AB = 200$, $MN = 40$ м). 1 – $\rho_k > 300$ Ом·м;

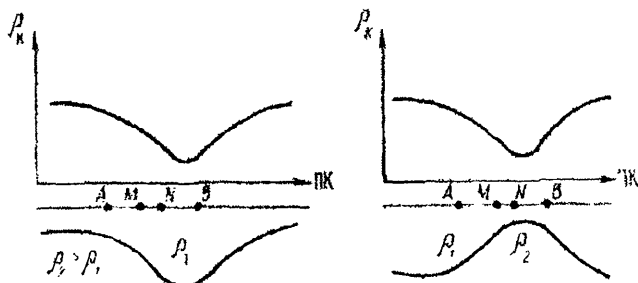
2 – $\rho_k = 300 \div 250$ Ом·м;

3 – $\rho_k = 250 \div 200$ Ом·м; 4 – $\rho_k = 200 \div 150$ Ом·м;

6 – $\rho_k = 100 \div 50$ Ом·м; 7 – профильдер

$$R_s = 0,367 \frac{\rho}{a} I_g \frac{2a}{b} = 147 \text{ ом.}$$

Осылайша А және В жерге тұйықталған электродтарының конструкциясы, олардың әрбіреуінің кедергісі 23 Ом - нан аспайтын болады. Қоректендіруші электродтардың жерге тұйықталар ұзындығы $a=0,5$ м, радиусы $b = 0,01$ м болатын қазықтардан құралады.



2.8-сурет. Екі кима берілген: біреуінде – жақсы өткізгіш таужыныстардан құралған синклиналь, екіншісінде – ядросында төменгі омды таужыныстарымен антиклиналь

Мұндай электродтың кедергісі, (жерге тұйықталған электродтар тізбегінің кедергісі) 23 Ом-нан аспау үшін олардың өзара әсерлесуін болдырмайтындай етіп, бір-бірінен 1м қашықтықта жеті параллель электродтарды орналастырады.

Дала жұмысының дәлдігін бағалау үшін, біртекті ауданда орналасқан жеке профильдер бойымен қайталап өлшеу жүргізіліп, яғни түсірудің өлшеу дәлдігі төменгі өрнекпен есептеліп, ρ -ның салыстырмалы қателігі анықталады.

$$\rho_c = \frac{\rho_k^{(1)} - \rho_k^{(2)}}{\frac{\rho_k^{(1)} - \rho_k^{(2)}}{2}} \cdot 100. \quad (2.5)$$

Инструкцияға сәйкес қайталап бақылау көлемі, жалпы көлемінің 5% -ын құрайды. Зерттеу жағдайлары күрделі болған жағдайда қайталап бақылау саны көбейеді. Өлшеудің дәлдігі ρ_c -ның формуласымен есептеледі.

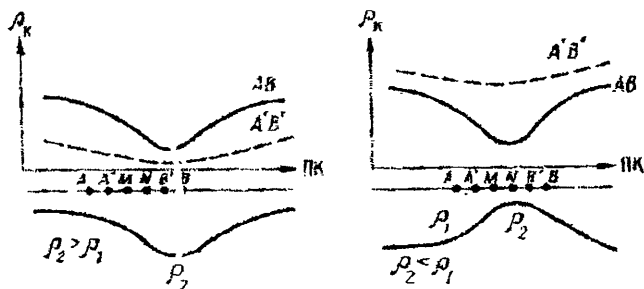
Мұндағы $\rho_{к1}$ және $\rho_{к2}$ — негізгі және бақылау өлшеулерінен алынған $\rho_{к}$ -ның мәндері; ρ_c түсірілімнің салыстырмалы қателігі.

Өлшеу жұмыстары біртекті ортада қалыпты жағдайда жүргізілсе, қателіктің шамасы 5%-дан аспауы қажет. Қималардың үстінде AMNB қондырғысы мен электрлік профильдеу графиктері орналастырылған. Екі жағдайда да графиктер бірдей сипатталады – синклиналь, антиклиналь үстінде $\rho_{к}$ қисықтары минимумға ие. Осының әсерінен кері есепті шешу барысында шешім біржақты болмайды, егер дәл осы қималар үстінен екі өлшемді қондырғымен жұмыс жүргізсек, яғни алынған графиктер қандай геологиялық құрылымға сай деген сұраққа жауап беру қиын. 2.7-суретінде қондырғылар мен электрлік профильдеу графиктері бейнеленген.

2.4. Екі өлшемді симметриялық AA' MN B'B қондырғысымен профильдеу

Екі өлшемді симметриялық қондырғысы AMNB қондырғысынан A'MNB' кесіндісіне қатысты симметриялы орналасқан қоректендіруші электродтардың болуымен ерекшеленеді. Мұндағы AB тізбегінің арақашықтығы A'B' тізбегінің болуымен ерекшеленеді. Мұндағы AB тізбегінің арақашықтығы A'B' тізбегінің арақашықтығынан артық (2.8 а-сурет) Осылайша AA' MNB'B қондырғысы екі төрт нүктелік қабылдаушы электродтары бар AMNB, A'MNB' қондырғыларын біріктіреді. Қоректендіруші жерге тұйықталған электродтардың екінші жұп мөлшерлері әр түрлі қондырғылармен әрбір нүктеде $\rho_{к}$ - ны өлшеп, профиль бойымен бір уақытта $\rho_{к}$ -ның екі графигін алуға мүмкіндік береді. Қоректендіруші тізбек электродтары арақашықтығының өзгеруімен токтың жерге өту тереңдігі де өзгертіндіктен, бір нүктедегі параметрлерді өлшеп, $\rho_{к}$ - есептеу секілді профиль бойымен $\rho_{к}$ -ның екі графигі әр түрлі тереңдіктердегі геология қимасын сипаттайды. Осының арқасында екі өлшемді қондырғы AMNB, A'MNB' тізбектерін салыстырғанда электрлік профильдеу нәтижелерін дәл және бір шешімді интерпретациялауға мүмкіндік береді. 2.9- суретте екі

қима берілген: біреуінде – жақсы өткізгіш жыныстардан құралған синклиналь, екіншісінде – ядросында төмен омды жыныстар антиклиналь. Қималардың үстінде AMNB қондырғысы мен электрлік профильдеу графиктері көрсетілген.



2.9-сурет. Синклиналь мен антиклиналь үстіндегі AA'MNB'B қондырғысымен электрлік профильдеу графиктері

Екі жағдайда да графиктер бірдей сипатқа ие синклиналь және антиклиналь үстінде ρ_k қисықтары минимуммен сипатталады. Осының әсерінен кері есепті шешу барысында талдау нәтижесі біржақты болмайды, яғни алынған графиктер қандай геологиялық құрылымға сай деген сұраққа жауап бере алмаймыз. Шарттар сақталған жағдайда, синклиналь үстінде, үлкен арақашықтық (AB)- ρ_k графигімен салыстырғанда аз арақашықтық (A'B')- ρ_k графигі төмен орналасып, антиклиналь үшін көрінерлік кедергілердің қатынасы керісінше болады (2.8-сурет). Берілген жағдайда екі өлшемді қондырғыны пайдалану кері есептің көп шешімді екенін ескермеуге мүмкіндік береді.

Таужыныстарының фациялды өзгеруі нәтижесінде зерттелуші ауданда AMNB қондырғысымен профильдеу нәтижелерін талдауда қиындықтар тудырады. Зерттеуге арналған ауданның геологиялық құрылымында екі көлденең қабаттар болсын: құм, сазды түзілімдермен берілген жоғарғы қабат және әктастардан түзілген төменгі қабат. Қиманың фациялды өзгеруі нәтижесінде 2.9-суретте стрелкамен көрсетілген облыстағы жоғарғы қабат құм фациясымен бағытталған. Өдетте,

таужыныстарының құрамындағы құм фациасының өсуі олардың меншікті кедергісінің жоғарылауына алып келеді.

AMNB қондырғысымен алынған ρ_k графиктерінде жоғарғы қабаттардың құрамындағы құмның мөлшері жоғары аудан үстінде максимум байқалған болар еді. Қиманың көрсетілген ерекшелігін білмей, бұл максимумды жоғары омды эктастарда антиклинальды көтерілімнің болуымен түсіндіріледі.

AA'MNB'B қондырғысын пайдалану берілген жағдайда қателікті болдырмауға мүмкіндік береді. Бұл 2.9-суретте екі өлшемді қондырғы үшін ρ_k графиктері мысал ретінде көрсетілген.

Аз арақашықтықтарда жоғарғы горизонт кедергісінің өсуі ρ_k - ның күрт өсуіне әкеліп, үлкен арақашықтықтарда ол ρ_k - ның мәніне айтарлықтай әсер етпейді. ρ_k аномалияларының тек қана аз арақашықтықтарда білінуі терең горизонттардағы антиклинальды көтерілімдермен емес, қиманың жоғарғы бөлігіндегі құрылымдық ерекшеліктеріне сәйкес байланысын көрсетеді. Екі өлшемді қондырғыны пайдалану аумағы AMNB қондырғысы үшін жоғарыда аталған объектілерге таралады. Бірақта, құрылымдардың салыстырмалы қарапайымдылығына, жабын түзілімдерінің тұрақтылығына қатысты шектеуші шарттар берілген жағдайда маңызды емес.

2.5. Жермен тұйықталған, қозғалмайтын АВ электродтарымен профильдеу.

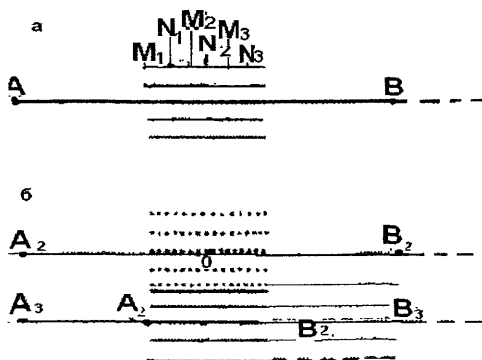
Орталық градиент қондырғысымен түсіру

Геоэлектрлік қимасы күрделі аудандарда электрлік профильдеу барысында (мысалы, карст дамуының облыстарында, күрделі қалыптасқан кенді дала және т.б.) қоректендіруші электродтардың жерге тұйықтау шарттары ρ_k графиктерінің пішініне әсер етіп, оны бұрмалауы мүмкін. Осылайша, егер төрт нүктелі қондырғыны профиль бойымен жылжыту барысында қоректендіруші электродтардың біреуі (мысалы, А) мен қабылдаушы электродтар арасында нашар өткізгіш кварц желі немесе дайқа болса, онда ол экрандау арқылы токтың жерде таралуына әсер етеді.

Электр тогы нашар өткізгіш желіні айналып өтеді, сондықтан қабылдаушы электродтар арасындағы ток тығыздығы азаяды. Ток тығыздығының азаюы өз кезегінде М және N электродтары арасындағы потенциалдар айырымының азаюына алып келеді, осыған сәйкес көрінерлік кедергі шамасы да төмендейді.

Әрі қарай профиль бойымен жылжыту барысында АВ электродтарын қосатын түзу арқылы өтіп және одан қабылдаушы электродтармен бір жақта болады.

Қондырғының мұндай жағдайында электр тогы қабылдаушы тізбек жағына қарай «ығысады». Осы жағдайда қабылдаушы электродтар арасындағы ток тығыздығының өсуі ρ_k -ның жоғарылауына әкеледі. Осылайша, қоректендіруші электродтың нашар өткізгіш дене арқылы өтуі электрлік профильдеу графиктерінде екі экстремумдармен – көрінерлік кедергінің максимумы және минимумымен сипатталады. Екінші қоректендіруші электродтың желісі арқылы өтуі де осындай графиктермен сипатталады. ρ_k графиктерінде жерге тұйықталған электродтар қасындағы экрандық эффекттерге байланысты бірнеше экстремумдардың болуы графикті күрделендіріп, оның талдауын айтарлықтай қиындатады.



2.10-сурет. Орталық градиент қондырғысымен түсіру кезіндегі жұмыс реті:
а – профильдердің орналасуы мен қабылдау тізбегінің профиль бойымен жылжуы, б – планшеттердің орналасуы

Жерге тұйықталған электродтар маңындағы әртекті ортаның әсерінен бұрмаланған ауытқуды азайту үшін қозғалмайтын қоректендіруші электродтармен жүргізілетін электрлік профильдеудің модификациясы – орталық градиент түсірілім схемасын пайдаланады. Профильдеудің бұл тәсілінде А, В электродтары қозғалмайды, ал қабылдаушы М N электродтары АВ түзуіне параллель профильдер бойымен жылжиды. Осы профильдер жиынтығының нәтижесінде планшет пайда болады.

Әрбір профильдің ұзындығы қоректендіруші электродтар арасындағы арақашықтықтың $1/3$ -нен аспау керек. Профиль бойымен бір уақытта ρ_k -ның екі графигін алуға әдетте, 5-20 профильден тұратын планшет оның орталық профилі АВ түзуінің ортасына немесе $1/3$ -не сәйкес келетін етіп орналастырады. (2.12-сурет). Біртекті ортада арақашықтықтың үштен біріне тең бәрінде екі нүктелік көз үшін кернеулік аз ғана өзгеріп, әртекті ортада бақылау жүргізу барысында ортаның электрлік біртектілігін бұзатын геологиялық құрылымдардың бұрмалау әсерін дәл анықтауға болады.

Қоректендіруші электродтар арақашықтығы мен соған сәйкес планшет мөлшері геологиялық міндетке, ортаның жағдайына, яғни тереңдігіне сай таңдалады. 2 профиль бойымен бір уақытта ρ_k -ның екі графигін алуға кейде бұл таңдау барлау (рекогносцировочными) зондылауына негізделеді. Қоректендіруші электродтар өлшемдерінің ішінен үлкен ауданды түсіру үшін ең үлкені алынады. Қабылдау сызығының өлшемдері жұмыстардың дәлдігі мен зерттелуші объектілердің өлшемдеріне байланысты анықталады.

Бұл әдіске тән жасалатын жұмыстардың мақсаты шұғыл құлаған, өткізгіштігі нашар түзілімдерді анықтау болатындықтан, MN өлшемі осы түзілімдердің 2–5 қалыңдығынан аспау керек. Егер зерттелуші ауданның геологиялық қимасы тік бағытта өзгермелі болса, ρ_k график түрінің күрделенуін болдырмау үшін профильдердің ұзындығын АВ өлшемінің $1/3$ -нен аспайтындай етіп таңдау керек. Егер қима тік бағытта біртекті болса, онда жұмыс өнімділігін жоғарылатуға мүмкіндік беретіндей профильдердің ұзындығын АВ өлшемінің жартысына дейін ұзартуға болады.



2.11-сурет. Орталық градиентпен түсіруге арналған қондырғы коэффициентін есептеуге түсініктеме

Қозғалмайтын коректендіру тізбегімен профильдеу жұмысын ИКС аспаптарымен тұрақты токпен, төменгі жиілікте айнымалы токпен де жүргізуге болады.

Екінші тәсіл өнімдірек және арзан, себебі ИКС аспаптарымен жұмыс істеу кезінде ток күшін өлшеудің қажеттілігі жоқ, ол қатаң тұрақты, айнымалы төменгі жиілікте өрісті өлшеу процесінде кедергінің өріске аз әсер етуі мен электродтардың поляризацияланбауы себебінен тұрақтыға қарағанда аз уақыт алады, АВ бір коректендіру тізбегі туындататын өрісті бір уақытта көршілес профильдер бойымен автономды жылжытылатын бірнеше микровольтметрлермен өлшеуге болады.

$$K = \frac{0,2}{r_{MN} \left(\frac{\cos \phi_1}{r_{AO}^2} + \frac{\cos \phi_2}{r_{BO}^2} \right)}. \quad (2.6)$$

Бұл формуладағы белгі 2.12-суретте түсіндірілген Орталық градиент түсірілімі барысында көрінерлік кедергіні (2.7) формуласымен есептейді; қондырғы коэффициентін (2.6) өрнегінен немесе соған жуық формуламен есептейді. Осы формула бойынша К- ны анықтаудың қателігі жоғарыда берілген планшет мөлшерлерінде 1 %-дан аспайды. Осыған байланысты, бұл коэффициент, өріс сыңарлары профиль бағытымен өлшенсе, яғни түзу бойымен жылжыту барысында баяу өзгереді және оны әрі екінші немесе үшінші нүктелер үшін есептейді, ал аралық нүктелерді интерполяция жолымен табуға

болады. Кейде, көрінерлік кедергіні есептемейді, бақылауларды өңдеу барысында қоректендіруші тізбектегі ток күші бірлігіне келетін өлшенген потенциалдар айырымын келтірумен шектеледі. Мұндай жағдай да қалыпты өрісті әртектілік есебінен графиктердің күрделенуін болдырмау үшін планшеттің шеткі нүктелерінің арақашықтығы $AB/2$ аспайтындай етіп алу қажет.

ИКС аппаратурасымен орталық градиент түсірілімін жасау үшін қондырғының монтажды схемасы (сұлбасы) AMNB қондырғысының сұлбасына ұқсас, одан айырмашылығы: планшет центріндегі қондырғының бір орнынан планшеттің барлық профильдеріндегі немесе бір профильдің барлық нүктелеріндегі потенциалдар айырымын өлшеуге болатындай етіп таңдалатын қабылдау тізбегінің «тасымал» ұзындығы. Қабылдау сызығының сымдарын қажет кезінде ағытып алатындай катушкаға ораған ыңғайлы. Қоректендіруші электродтар қозғалмайтын болғандықтан, ток күшін әрбір профильдің алғашқы және соңғы нүктелерінде өлшейді.

Нәтижелерін бейнелеу. Орталық градиент түсірілім нәтижелері көрінерлік кедергі немесе профиль бойымен потенциал градиенттері түрінде көрсетіледі. Бұл графиктерде қоректендіруші электродтардың орны үшін 2.10-суретте көрсетілген планшеттегідей қисықтардың жеке кесінділері түрінде көрсетіледі. Планшет нүктелеріндегі кесіндісімен орын ауыстыруы ρ_k графиктерін талдау кезінде ескеріледі. Қоректендіруші электродтар профиль түзуінің бойымен немесе қасында оларды жылжыту кезінде, әртектіліктің әсеріне негізделген. Аудандық түсірілім кезінде нәтижелерін ρ_k графиктерінің карталары түрінде көрсетіледі. ρ_k графиктері бақылау орнына $(\Delta U/r)$ –потенциал градиентін келесі формуламен есептеп, графиктерін құруға болады.

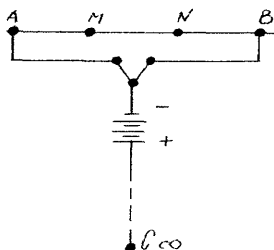
$$\rho_k = h \frac{\Delta U_1 - \Delta U_2}{MN}. \quad (2.7)$$

2.6. Құрастырып (ұластырып) профильдеу

Ұластырып профильдеу қондырғысы екі симметриялық емес бір-біріне бағытталған AMN және BMN қондырғыларына ортақ, шексіздікте орналасқан C және қоректендіруші A, B электродынан тұрады.

Электрлік профильдеу әдісінің жоғарыда көрсетілген модификацияларын пайдалану барысында электр өрісін қоректендіруші электродтарды қосатын кесіндінің ортасында (симметриялық қондырғы) немесе осы кесіндінің орта бөлігінде (орталық градиент түсіріліміне ұқсас) зерттейді.

Жоғарыда бұл қондырғылар аз қалыңдықты шұғыл құлаған жақсы өткізгіш түзілімдерді (мысалы, жақсы өткізгіш кендерден құралған желі денелер немесе антрацит пласттары және т. б.)

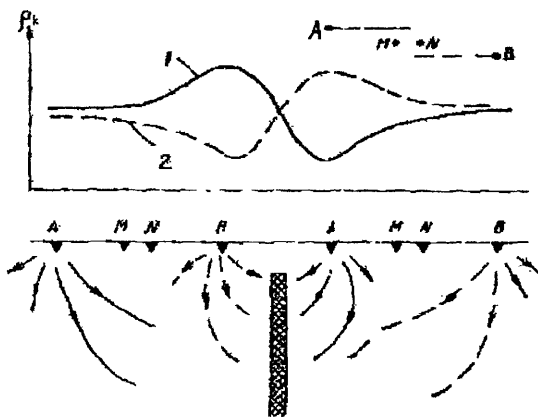


2.12-сурет. Ұластырып профильдеу әдісінің қондырғысы

Осындай шұғыл құлаған жақсы өткізгіш денелерді іздеу үшін құрастырып профильдеу тәсілін пайдаланады. 2.12-суретінде ұластырып профильдеу қондырғысы екі симметриялық емес бір-біріне бағытталған AMN және BMN қондырғыларынан, шексіздікте орналасқан ортақ қоректендіруші C электродынан тұрады. 2.15-суретте көрсетілгендей екі қондырғы үшін де ортақ болып табылатын MN қабылдау тізбегінің центріне симметриялы орналасқан. A, M, N және B электродтары қондырғы қадамына тең интервалдармен профиль бойымен жылжытылып, қондырғының әрбір орнында көрінерлік

кедергіні екі рет өлшейді: біріншісі – AMN қондырғысымен, $C > \infty$, екіншісі – BMN қондырғысымен.

Бұл әрбір қондырғыдан жеке профиль бойынша екі ρ_k графигін алуға мүмкіндік береді. Екі графикті бірге қарастыру кей жағдайда электропрофильдеудің басқа модификацияларымен салыстырғанда геологиялық құрылымның ерекшеліктерін жақсырақ анықтауға мүмкіндік береді. 2.13-суретте көрсетілгендей, жақсы өткізгіш қабаттар екі қондырғының да қоректендіруші электродтарының өрісін бұрмалайды. Бұл бұрмалануды өткізгіш қабат болған жағдай да біртекті ортада радиалды күш сызықтарының осы қабатқа қарай ауытқуынан көруге болады. AMN қондырғысымен анықталатын көрінерлік кедергі BMN қондырғысымен анықталатын көрінерлік кедергіден артық, себебі бірінші қондырғының қабылдаушы электродтарының арасындағы ток тығыздығы екіншіге қарағанда артық болады.

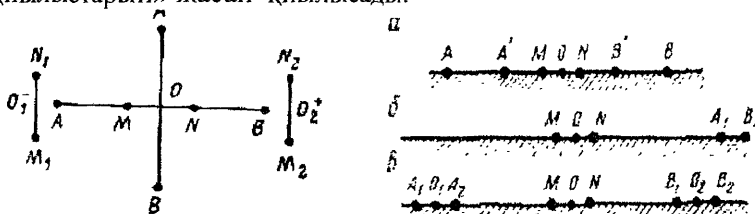


2.13-сурет. Жіңішке, шұғыл құлайтын қабат үстінде ұластырып
профильдеу

Ұластырып профильдеуге арналған қондырғы өткізгіш қабаттың оң жағында орналасса, (2.13-сурет, 2 жағдай) екі қондырғымен анықталатын кедергілердің арақатынасы керісінше болады. Осылайша AMN, $C > \infty$, қондырғысы үшін

қабаттың сол жағындағы ρ_k графигі BMN қондырғысының графигіне қарағанда жоғары орналасады. Қабаттың оң жағындағы графиктердің орналасуы керісінше болады. Қабаттың дәл «өткізгіш үстінде» екі қисықта қиылысады.

Ұластырып профильдеудің кемшілігі – далалық жұмыстар үшін шексіздікте орналастыру құрылғысының қажеттілігінен туындаған қондырғы көлемінің үлкен және ауыр болуы. Осындай шұғыл құлаған жақсы өткізгіш денелерді іздеу үшін құрастырмал профильдеуді пайдаланады. Себебі бірінші қондырғының қабылдаушы электродтарының арасындағы ток тығыздығы екіншіге қарағанда артық болады. Ұластырып профильдеуге арналған қондырғы өткізгіш қабаттың оң жағында орналасса, (2.14-сурет, 2 жағдай) екі қондырғымен анықталатын кедергілердің арақатынасы керісінше болады. Осылайша AMN – $C > \infty$, қондырғысы үшін қабаттың сол жағындағы ρ_k графигі BMN қондырғысының графигіне қарағанда жоғары орналасады. Қабаттың оң жағындағы графиктердің орналасуы керісінше болады. Қабаттың дәл үстінде екі қисықтар «өткізгіш қиылыстарын» жасап қиылысады.



2.14-сурет. Дипольдік профильдеуде әр түрлі қондырғылар пайдаланылады:

- а – симметриялық қос тасымалды қондырғы; ә – екі жақты, үлкен тасымалды дипольдерімен дипольдік – экваторлық профильдеу, зондылауға арналған кешенді қондырғының сұлбасы;*
- б – бір жақты дипольдік осьтік профильдеу; в – қос тасымалды дипольдік осьтік профильдеу*

Ұластырып профильдеудің кемшілігі – далалық жұмыстарды жасау үшін шексіздікте орналастырылатын электродтың

қажеттілігінен туындаған қондырғы көлемінің үлкен және ауыр болуы.

Мәліметтерді өңдеу. Далалық бақылау жұмыстарының нәтижелерін профиль бойындағы көрінерлік кедергі графиктері түрінде бейнелейді. Графиктерді салу (құру) барысында ρ_k AMN және ρ_k BMN мәндерін бақылау нүктесіне жатқызады (MN тасымалының ортасына), осылайша екі қисықтың нүктелері салынады.

Графиктер астында геологиялық кима мен жер бетінің бедерін масштабқа сәйкес салып, қондырғы мөлшері мен қанаттарының орны көрсетіледі (қондырғы кілті).

2.7. Дипольдік профильдеу

ДИП электрлік профильдеу әдісінің (модификацияларының) бір түрі, нүктелік ток көзінің электр өрісін зерттеуге негізделген.

Дипольдік профильдеудің ерекшелігі – дипольдік ток көздері өрістерінің зерттелуінде (2.15-суретте). Дипольдік профильдеуде әр түрлі қондырғылар пайдаланылады: ә - екі жақты дипольдік – экваторлық профильдеу; а- симметриялық қос тасымалды қондырғы; б – бір жақты дипольдік осьтік профильдеу; в-екі жақты дипольдік осьтік профильдеу сияқты қондырғылармен қоса әр түрлі қондырғылар пайдаланылады:

1. Азимуталды қондырғы қоректендіруші АВ мен қабылдаушы M_1N_1 дипольдік осьтерінің, радиус векторына (r) перпендикуляр.

2. Экваторлық қондырғы $AB \parallel M_2N_2$ – екі дипольдің де осьтері өзара параллель.

3. Тарамдық (Радиалдық) - қабылдаушы дипольдік ($M_3 N_3$) – ось радиус векторға (r) бағыттал болып, осы радиуспен беттеседі.

4. Дипольдік – осьтік қондырғы, қоректендіруші АВ мен қабылдаушы M_4N_4 дипольдерінің осьтері бір түзудің бойында орналасады (жатады).

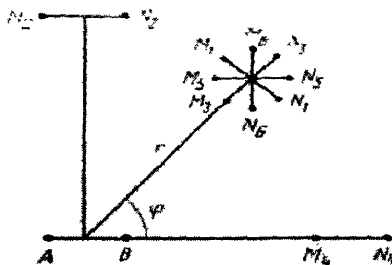
5. Параллель қондырғы $AB \parallel M_5N_5$ – екі дипольдің де осьтері өзара параллель.

6. Перпендикулярлы қондырғы $AB \perp M_6N_6$ – екі дипольдің де осьтері өзара перпендикулярлы болады. Осылардың ішінде жиірек қолданылатындары, параллель қондырғылар соңғыларының ішінде дипольдік – осьтік пайдаланылады. Жоғарыда көрсетілгендей, мұндай қондырғыда қоректендіруші қабылдаушы дипольдер профиль бағытына сәйкес келетін түзу бойында орналасады. Дипольдік профильдеудің коэффициенттерін есептеу үшін мына формуланы пайдаланамыз:

$$k = \frac{2\pi}{\frac{1}{\Gamma_{AB}} + \frac{1}{\Gamma_{BM}} + \frac{1}{\Gamma_{AN}} + \frac{1}{\Gamma_{BN}}} \quad \text{Мысалы, } k = \frac{k_{BMN} k_{AMN}}{k_{BMN} - k_{AMN}} \quad k_{AMN}, k_{BMN} -$$

үш нүктелі қондырғының коэффициенттері, мөлшерлері дипольдік қондырғылардың мөлшеріне тең, сәйкес болатындай.

Дипольдік профильдеудің басқа модификациялардан негізгі ерекшелігі дипольдік профильдеу кезінде дифференциалданған ρ_k графиктері алынады. Осыған байланысты геологиялық объектілерді тауып, олардың орнын анықтауға болады.

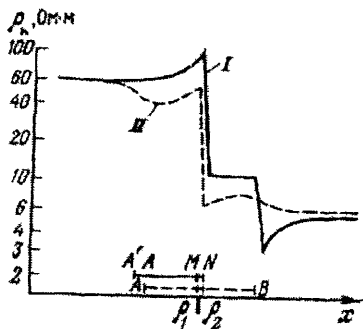


2.15-сурет. Дипольдік профильдеуде қолданылатын қондырғылар

Бұл диполь өрісі потенциалының арақашықтықтық квадратына кері пропорционал азаятындығымен айқындалып, ал кернеу – арақашықтықтың үшінші дәрежесінде азаяды. Сондықтан, дипольдік өріс көзі шұғыл әсер етеді.

Бұл жағдайды бейнелейтін мысал ретінде кедергілері ρ_1 және $\rho_2 = 1/10 \rho_1$. Таужыныстарының тік жапсары үстінен

дипольдік — осьтік және симметриялық қондырғылармен профильдеу үшін есептелген ρ_k графиктері көрсетілген. 2.16-суреттегі қисықтарды салыстыра отырып, жапсар ауданындағы дипольдік қондырғымен анықталған көрінерлік кедергі амплитудасының өзгерісі симметриялық қондырғымен өлшенген ρ_k амплитудасынан артық. Осылайша, жапсарды карталау міндетін дипольдік қондырғы көмегімен шешу тиімдірек.



2.16-сурет. Кедергісі ρ_1 және $\rho_1=1/10 \rho_1$ екі таужыныстарының жапсарлары үстіндегі ρ_k -нің теориялық графиктері:

I– дипольдік осьтік, *II*– симметриялық қондырғылары

Дипольдік профильдеудің тағы бір артықшылығы – бір қиманы зерттеу үшін қажет қондырғының өлшемдері, яғни қоректендіруші және қабылдаушы диполь центрлерінің ара қашықтығы сол қиманы зерттеу үшін қажет симметриялық қондырғы өлшемдерінен кіші болуы мүмкін. Дипольдік профильдеудің бұл артықшылығы дипольдік зондылауды қарастырған кезде атап көрсетілген.

Дипольдік профильдеудің кемшілігіне ρ_k графигінің пішінін күрделендіретін беткейдің әртектілігінің үлкен әсерін жатқызуға болады.

Бұл жағдай қиылысқан жер бедері және жабын түзілімдері әртекті аудандарда дипольдік профильдеуді пайдалану қиынға соғады, ал кей жағдайда тіпті мүмкін болмайды.

2.16-суретте екі жақты дипольдік профильдеу үшін қондырғы бейнеленген, оның біржақты қондырғыдан айырмашылығы (2.15 в-сурет) – MN қабылдаушы диполінен бірдей арақашықтықта екі қоректендіруші A_1 , A_2 және B_1 , B_2 дипольдері орналасқан. Қондырғының профильдегі әр орнында көрінерлік кедергіні екі рет өлшейді: бірінші – A_1A_2 қоректендіруші диполімен (тура қондырғы), басқасы – B_1B_2 қоректендіруші диполімен (кері қондырғы). ρ_k мәндерінің екеуін де әдетте MN қоректендіруші диполінің ортасына жатқызылады. Осылайша екі жақты дипольдік – осьтік қондырғымен профильдеу процесі барысында екі ρ_k графиктерін аламыз. Мұнда бір жағынан әр түрлі қоректендіруші дипольдер арқылы алынған көрінерлік кедергі мәндерінің қатынасы бойынша қондырғы центрінің екі жағынан да геологиялық қиманың өзгерісі жөнінде мәліметтер алуға, екінші жағынан қабылдаушы электродтарға жақын жердегі беттік әртектіліктер мен жер бедерінің әсерін ескеруге болады.

Екі жақты дипольдік – осьтік профильдеу (ұластырып профильдеу секілді) қабаттың жақсы өткізгіш шұғыл құлаған денелерді іздеу үшін пайдаланылады. Берілген жағдайдағы экрандық нәтижелілігі (эффектілігі) өткізгіш дененің екі жағындағы қондырғының әр түрлі қанаттарымен өлшенген көрінерлік кедергі мәндеріндегі нақты айырмашылықты қамтамасыз етеді. Екі жақты дипольдік профильдеу қондырғысында шексіздікте орналасқан жерге тұйықталудың болмауы далалық операцияларды ұластырып профильдеумен салыстырғанда жеңілдетуге және жұмыстардың өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Екі жақпен профильдеу кезінде өлшеуге арналған дипольдің мөлшері әдетте, қоректендіруші диполь мөлшерінен аз болу керек. Бұл тас көмір қабаттарының желілері, дайкалары – шұғыл құлаған аз қалыңдықты объектілерін іздеу және барлау үшін жете зерттеулер жүргізуге мүмкіндік береді.

Дипольдік профильдеудің далалық бақылау мәліметтері (нәтижелері) ұластырып, профильдеудегі секілді ρ_k графиктері түрінде сипатталады.

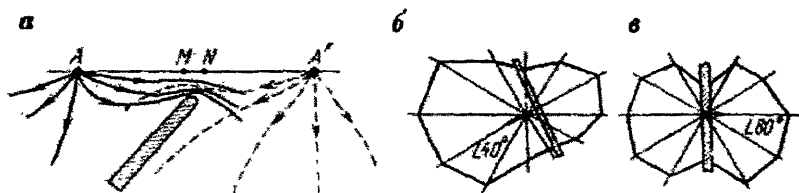
Дипольдік профильдеудің параллель қондырғысының модификациясы өте өнімді 2.2 ℓ -суретте көрсетілгендей, қоректендіруші диполь орталық профиль бойымен жылжытып, ал бақылау диполі мен аспаптары орталық және көршілес профильдер бойымен жылжытылады.

Қондырғының профиль бойындағы әрбір орнында ABM_1N_1 , ABM_2N_2 және ABM_3N_3 қондырғыларына сәйкес келетін ρ_k -көрінерлік кедергінің үш мәнін өлшейді. ρ_k графиктерін салу барысында бұл параметрлердің мәндерін өлшеуге арналған дипольдің центріне жатқызады.

Мұндай қондырғымен профильдеуді ИКС аспаптарының көмегімен жасаған жөн, себебі мұндай жағдайда қоректендіруші және қабылдаушы дипольдері автономды, яғни бір-біріне байланыстырушы сымдармен жалғанбаған. ИКС кешенінің генераторы Г (AB диполіне қосылып, ал өлшеуді ИКС аппаратурасының ИП үш қабылдаушыларымен жүзеге асырылады.

2.8. Шеңбер бойымен айналдырып профильдеу. (ρ_k полярлық диаграммаларды түсіру)

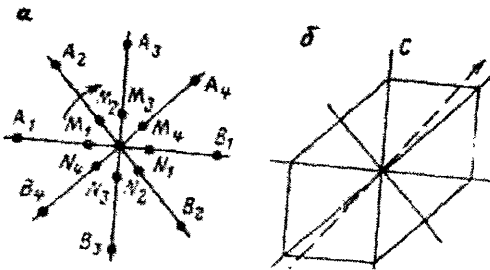
Инженерлік — геологиялық және гидрогеологиялық зерттеулерде сонымен қатар, кенді құрылымдарды және шахталы алаңдарды зерттеу барысында жарылымдықтың басым бағытын анықтау қажеттілігі туады.



2.17-сурет. Симметриялы емес AMN, $B \rightarrow \infty$ қондырғымен айналдырып профильдеу. Нашар өткізгіштің үстінде: а-токтың таралып, бөлініп орналасуы, тоқтың тарауы; б, в - ρ_k полярлық диаграммалары көлбеу бағытталған нашар өткізетін қойнауқаттарда (пластарда)

Бұл мәселені электрлік әдістермен шешу мүмкіндігі, тақта тасталған жарылымдардың беттік басым бағытының болуы және тақта тасталған таужыныстарының электрлік анизатропия құбылысының байқалуына негізделген.

Мұндай таужыныстардың меншікті кедергісі жарылымдылық және тақтатастылық бағытында әдетте, жарылымдылыққа тік бұрышпен орналасқан жыныстардың меншікті кедергісінен аз болады. Осындай анизатропты жыныстардың үстінде көрінерлік кедергіні жарылымдылыққа тік бұрышпен бағытталғандығын анықтасақ, онда оның мәні жарылымдылықпен бағыттас қондырғымен анықталған мәннен кем болады. Бұл құбылыс а н и з а т р о п и я п а р а д о к с ы — деп аталады.



2.18-сурет. Шеңбер бойымен айналдырып профильдеу:
а – айналдырып профильдеу кезінде жермен тұйықталатын
 электродтарды жылжыту; *б* – ρ_k полярлы диаграмма

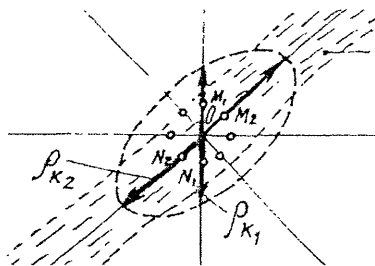
Изотропты орта секілді, анизатропты ортада да электр тогы нүктелік көзден шығатын радиалды түзулер бойымен тарайды (2- бөлімді қараңыз).

Бірақ, оның өткізгіштігі жоғары бағыттағы тығыздығы (жарылымдылық және тақтатастылық бойына) перпендикуляр бағыттағымен салыстырғанда көп болады. Ток тығыздығының өсуі, жоғарыда айтылғандай, біріншісіне перпендикуляр орналасқан қабылдаушы электродтар арасындағы потенциал айырымымен салыстырғанда өткізгіш бағытында орналасқан

қабылдаушы электродтар арасындағы потенциалдар айырмасының артуына алып келеді.

Осыған сәйкес тақтатастың жарылымдылық бағыты бойынша меншікті көрінерлік кедергі перпендикуляр бағыттағыға қарағанда жоғары болады.

Анизотропия парадоксы жарылымдылықтың басым бағытын анықтау үшін пайдаланып, тақтатасталған тау жыныстарының созылымын анықтау үшін қолданылады. Мұндай мәселелерді шешу үшін айналмалы профильдеуді пайдаланады. Профильдеудің бұл тәсілі көрінерлік кедергіні симметриялық қондырғымен бақылауға негізделген. Оның қоректендіруші және қабылдаушы электродтары әрбір өлшеуден соң оның қозғалмайтын центрі айналасында орын ауыстырады (2.19 а- сурет).



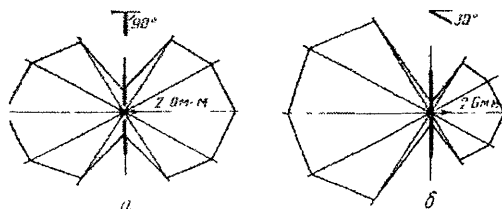
2.19-сурет. Өткізгіштігі нашар қабат (штрихпен) үстіндегі жарылымдықты зерттеу

Қоректендіруші және қабылдаушы электродтары әрбір өлшеуден соң оның қозғалмайтын центрі айналасында орын ауыстырады (2.20-сурет). Осылайша, айналмалы профильдеу бақылау нүктесіндегі көрінерлік кедергінің қондырғы бағытына (қондыр.азимуты) тәуелділігін анықтауға мүмкіндік береді.

Бақылау нәтижелерінде ρ_k -ні поляризация диаграммалары түрінде сипатталады. (2.20-сурет). Ортақ центрден бақылау нүктелеріне сәйкес (30° – 45°) азимутпен радиустар жүргізеді; әрбір радиуста берілген масштабта ρ_k - нің мәндерін салады.

Салынған нүктелерді қисық сызықпен қосып, анизатропия жағдайында ол эллипс түрінде болады; эллипсте үлкен ось, меншікті кедергінің минимальды мәніне ие нүктесіне бағытталған, тақтатас жыныстарының жарылымдығының басым бағытына қарай ығысады. Кейде түрлі тереңдіктегі жарылымдықты зерттеу үшін мөлшерлері әр түрлі қондырғымен айналмалы профильдеу жүргізіп қоректендіруші электродтардың әр өлшемі үшін ρ_k - нің жеке полярлы диаграммасын құрады. Осындай мақсатпен тік зондылауды әр азимутта жүргізіп, одан соң осы зондылау мәліметтері бойынша бөлек-бөлек өлшемдер үшін көрінерлік ρ_k кедергінің полярлы диаграммаларын құруға болады. Зерттеудің бұл тәсілі, *ш е ң б е р* бойымен *а й н а л д ы р ы п* *т і к* зондылау деп аталады.

Симметриялық қондырғымен айналдырып электрлік профильдеу кезінде, көрінерлік кедергінің мәні қоршаған ортаның таужыныстары қабаттарының иілу (құлау) бағытын анықтау үшін қолданылуы мүмкін.

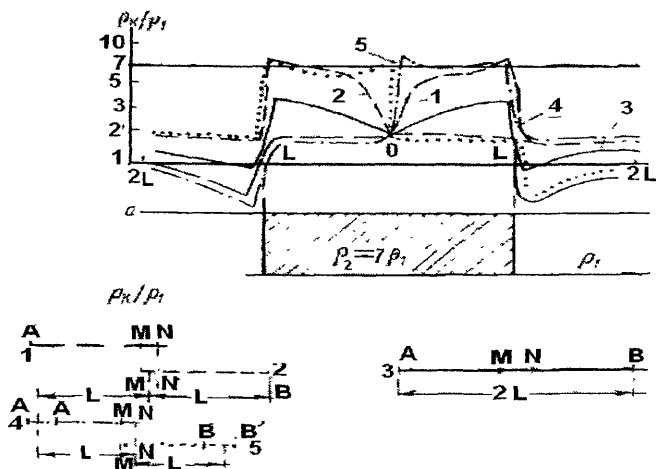


2. 20-сурет. б – ρ_k полярлық диаграммалары:
а – тік қабат үшін; б – көлбеу қабат үшін

Екі қондырғыда да қабаттың көрінерлік кедергісі, осы қабатты қоршаған ортаның көрінерлік кедергісінен қоректендіруші электродтар арасындағы аумақта ток күшінің көбею нәтижесінде жоғары болады. Бірақ, егер қоректендіруші электродтар қабаттың құлауы бойынша орналасса, жоғарыда көрсетілген эффект қоректендіруші электрод қабаттардың құлау бағытынан алшақ орналасқан түріне қарағанда күштірек әсер етеді.

Жердегі токтың таралуына қабаттың әсері AMN қондырғысы қабаттың созылымы бағытында орналасқан кезде ең аз мәнге ие болады. Айтылғандардан ρ_k -ның қондырғы азимутына тәуелділігі (2.21-суретте ρ_k полярлы диаграммасы) өлшеу электродтары еңкейген қабаттың үстінде орналасқан жағдайда 2.21 б-суретте көрсетілген түрге ие, ал қабат тік орналасқан жағдайда, 2.21 а- суреттегідей.

ρ_k полярлы диаграммасының жоғары кедергілі еңкейген қабат үстіндегі ассиметриясы қабаттың қисаю (құлау) бағытын анықтау үшін айналдырып профильдеуді пайдалануға негіз болып табылады.



2.21-сурет. Суретте әр түрлі қондырғымен, үлкен пласттың, (қалыңдығы қондырғылардың мөлшерінен үлкен жақсы өткізгіш үстінде орналасқан

2.9. Электрлік профильдеу әдісінің мәліметтерін интерпретациялау

Электрлік профильдеудің мәліметтерін интерпретациялау процесі дала жұмыстарының мәліметтеріне негізделген. Талдаудың түпкі мақсаты – берілген дала жұмысының

мәліметтерін пайдаланып, интерпретациялаудың нәтижесінде геоэлектрлік қиманы бейнелеу, салу, электрлік аномалиялар көзінің геологиялық табиғатын, жұмыс істелетін бөлімде таужыныстарымен рудалардың меншікті электр кедергісінің (таблицадағы) мағлұматтарын пайдаланып түсіндіру. Шұғыл құлайтын денелердің шекараларын анықтап, сапалы сипаттамалар беру, мүмкіндігінше (тек қана сирек жағдайда) сандық баға беру. Интерпретациялау процесінде пайдаланылатын негізгі материалдардың қатарына ρ_k -графиктері, графиктер картасы (ρ_k изоом картасы, геологиялық мәліметтер) жұмыс жүргізілетін аймақтармен көршілес аудандардан да алынған мағлұматтар. Графиктен, карталардан ауытқу зоналары бөлініп алынғаннан кейін белгілі бір геологиялық объектіге сәйкес байланыстырылып, бекітіледі.

Көрінерлік кедергінің, осы ауытқу зона шегінде өзгеру зоналары графиктен немесе картадан бөлініп алынғаннан кейін белгілі бір геологиялық нысанға (объектіге) сәйкес байланыстырылып, бекітіледі.

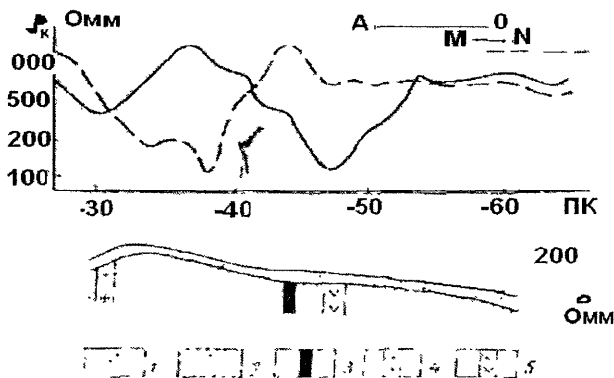
Көрінерлік кедергінің осы аномальді зона шегінде өзгеру сипатын, геологиялық дененің, нысанның жағдайын сипаттап, мүмкіншілігінше оның атасу элементтерін бағалау. ρ_k -графиктерін, электрлік профильдеу әдісіне арналған теориялық палеткамен салыстырып, қиманың әр түрлі қарапайым денелерінде көрінерлік кедергінің, ρ_k өзгерістері сипатталып және осыларға сай талдау тәсілдері де жүргізіледі.

Салыстырмалы үлкен пласттың үстінде ρ_k қисықтарының ауытқуы. Салыстырмалы үлкен пласттың қалыңдығы — деп пласттың профиль бойымен көрінетін қалыңдығының созылуы, қондырғы тасымалының ұзындығынан 2-3 есе артық ұзындыққа ие болуынан мәліметтер береді. 2.21-суретте АО-тасымал ұзындығынан 2 есе үлкен (пласттың) қойнауқаттың үстінде, электрлік профильдеудің графиктері берілген.

Барлық қондырғыларға да, бұл жағдайға тән нәрсе, көрінерлік кедергінің кіріктіруші ортамен жапсарында жекеленген пласт графиктерінің өте ұқсастығы. Сондықтан үлкен қалыңдықты тік пласт шекараларының шығуын анықтау,

қондырғының тасымалдарымен салыстыру арқылы өндіруде жоғарыда айтылған жапсарларға арналған заңдылықтарды пайдалануға болады.

Кішкентай қалыңдықты қойнауқат (пласт) Бұл жағдайда жекелеген екі түрі қарастырылады: пласт төменгі және жоғарғы кедергілерімен.



2. 22-сурет. Суретте әр түрлі қондырғылармен жінішке, (калыңдығы қондырғылардың мөлшерінен әлдеқайда кішкентай) жақсы өткізгіш қойнауқат

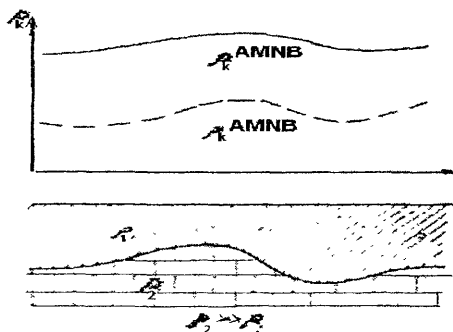
2.23-сурет. Жақсы өткізгіш сульфидті – касситериттік өзектің үстінде, құрастырылған профильдеудің графиктері: $AO=80$ м $MN=20$. 1-Борпылдақ жатындар; 2-құм тастар мен тақтатастар; 3-рудалық дене; 4-кварцталған порфириттер; 5-порфириттер. Бұл пласт құрастырып, профильдеу графиктерінде ρ_k қисықтарының қиылыстарымен белгіленеді.

Әрбір қондырғының қабылдаушы тізбектерінің электродтары, өткізгіш дененің екі жағында орналасқан.

Сондықтан, пласттың екі жағында да экрандау зонасы бар, осы зонаның ρ_k -ның мәні айтарлықтай төмендеген. Бұл дененің ұзындығы AO -ға жақындау. Аномальды зонаның екі жағында да ρ_k -ның өзгеруі, бақылау тізбегіндегі электродтарының тікелей пласттың үстінде орналасуына сәйкес келеді.

Жамылғы түзілімдерінің әсерінен графиктер айтарлықтай тегістеліп, тәжірибе жүзінде құрастырып профильдеу графиктерінің яғни ρ_k -ның минимальды мәндерінің орталық зонасы айқындалады.

Құрастырып профильдеу графиктерін интерпретациялау кезінде, жамылғы түзілімдерінің астында жатқан өткізгіш дене осінің шығу орны анықталады. Сол сияқты өткізгіш дене басының тереңдігін анықтау тәсілі, ρ_k қисықтарының шұғыл өзгеру дәрежесінен қиылысу зонасын да қисықтардың ассимметриясынан иілу бағытын анықтау тәсілдеріне нұсқаулар беріледі. Екі жақты дипольдік осьтік профильдеудің графиктері негізінен құрастырып профильдеудің графиктеріне ұқсас болады. Бұл интерпретациялау тәсілдерінің ұқсастығын білдіреді.



2.23-сурет. Электрлік профильдеу әдісінің AA'MNB'V симметриялық кондырғысы, нашар өткізгіш түп таужыныстарымен, жақсы өткізгіш жамылғы түзілімдерімен. Түзілімдер: 1- нашар өткізгіш; 2- жақсы өткізгіш

Горизонталь орналасқан жамылғы түзілімдері. Түп таужыныстарын жауып жатқан борпылдақ түзілімдердің қалыңдығын зерттеу - инженерлік геологиялық зерттеулерде негізгі геологиялық міндеттердің бірі.

Шашыранды және түп таужыныстарының кенорындарын т.б. іздеу кезінде электрлік профильдеу әдісінің симметриялық

қондырғысы табысты қолданылады. 2.24-суретте ρ_k -графиктері келтірілген, төсенгіш таужыныстарының көрінерлік кедергісі, жамылғы түзілімдерінің көрінерлік кедергісінен ρ_k айтарлықтай артып кеткен жағдайы сипатталған.

Сапалы талдау жұмысына көңіл бөлсек, графиктердің формасы түп таужыныстарының бедерін қайталайды, яғни бедердің көтерілуі, көрінерлік кедергінің максимумы мен сәйкес келеді және керісінше.

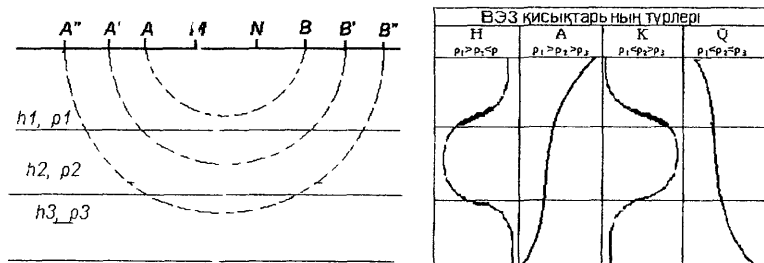
Мына бірыңғайлы жағдайда, егер жамылғы түзілімдерінің көрінерлік кедергісінен ρ_k -20–40 көлемінде түпкі таужыныстарының көрінерлік кедергісінен аз болса және зерттелетін аудан көлемінде салыстырғанда нашар өзгертін болса, профильдеудің нәтижесі сандық түрде түсіндіріледі. Ол үшін қоректендіруші электродтың тасымалын таңдап алу ВЭЗ қисығының асимптотасының оң бұтағына сәйкес болуға тиісті. Осылай таңдап алынған тасымалдың көлденең өткізгіштігі келесі қатынаспен анықталады. $S=(AB/2)/\rho_k$ Егер профильдеу қос тасымалды қондырғымен анықталса, онда соңғысын таңдап алу ВЭЗ қисығының асимптотасының бұтағы бөліміне екеуі де сәйкес болар еді. Онда L -мөлшерлері мәндерінің дәл келуі, екі тасымалдың да мөлшерімен есептеген болса, профильдеу тасымалдарының дұрыс таңдап алынғандығының куәсі болғандығы.

Электрлік профильдеудің артықшылықтарына мыналарды жатқызамыз: модификацияларының көптігі; қазіргі уақытта көмірсутектерді іздеу барысында өте маңызды болып табылатын антиклиналды құрылымдарды анықтау мүмкіндігі; жарылымдылық бағытын анықтау мүмкіндігі; салыстырмалы біртекті геологиялық құрылымда рудалы пайдалы қазбалардың кенорындарын анықтау; Пайдалану қарапайымдылығы.

Кемшіліктеріне мыналарды жатқызамыз: Басқа әдістермен салыстырғанда геологиялық қиманы толығымен анықтаудың мүмкін болмауы себебінен электрлік профильдеуді барлау; Басқа әдістермен салыстырғанда геологиялық қиманы толығымен анықтаудың мүмкін болмауы себебінен электрлік

профильдеуді барлау геофизикасының басқа әдістерімен бірге қолданылады;

Электрлік профильдеу әдістерінде кабельдерді тасымалдау үшін қажетті уақыт.



2.24-сурет. Үш қабатты геоэлектрлік қима және осы қабаттардың физикалық қасиеттеріне сәйкес ТЭЗ қисықтарының өзгеру түрлері

2.10. Тік электрлік зондылау – ТЭЗ (ВЭЗ)

ТЭЗ (ВЭЗ) әдісі – кедергі әдісінің маңызды бір түрі болып саналады. Төрт электродты қондырғы көмегімен тұрақты өрісті өлшеуге негізделген ВЭЗ әдісі жер қыртысының горизонталь немесе көлбеу орналасқан қабаттарын құрайтын геологиялық қималарды зерттейді. Зондылаудың негізгі принципі АМNB симметриялық қондырғысы арқылы жерге ток жіберіледі.

Электрлік барлау әдістерінің теориясынан бізге белгілі, Жер қойнауына тұрақты электр өрісінің таралу радиусы, қоректендіруші А, В электродтары арақашықтығының жартысымен анықталады. Яғни радиусына жуықтау деп болжасақ АВ жартылай сферасында таралатын болады. Егер r_{AB} бірінші қабаттың қалыңдығынан әлдеқайда аз болса, онда жерге жіберілген барлық өріс екінші қабатқа жетпей сөнетін болады. Басқадай айтқанда, өріс екінші, одан ары үшінші қабатты тіптен сезбейтін болады. Оған барлық қима тек қана бір қабаттан тұратындай. Сонымен, бұл орта изотропты және біртекті болса,

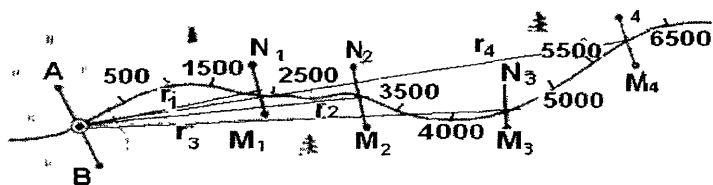
онда өлшенетін кедергі осы ортаның нақты меншікті кедергісіне тең болады. Сондықтан, көрінерлік кедергі осы ортаға арнап есептелген $\rho_k = \rho_1$ тең болады: Енді $r_{A_1B_1}/2$ – мен екінші қабаттың қалыңдығы өлшенетіндей етіп алып, «тасымал-разностың» қашықтығын ұлғайтсақ, яғни А мен В электродтарын A_1 және B_1 нүктелеріне жылжытса, онда өлшенетін ρ_r диаметрі A_1B_1 жартылай сферасына сәйкес болады. Осылайша А және В электродтарын жылжыта отырып, $A_2, A_3, \dots, A_n$ және $B_2, B_3, \dots, B_n$ ($A_1 A_2 = B_1 B_2$ және сол сияқты әрбір нүктеге сәйкес ρ_1 мәнін есептеп, токтың таралу ортасын тереңдете түсеміз. Осыған сәйкес өлшенетін параметрлердің көмегімен ρ_k есептеліп, тереңдікте орналасқан жыныстарды қамти түседі. Яғни, геоэлектрлік қима екі, үш және одан да көп өткізгіштігі әр түрлі қатпарлардан тұруы мүмкін. Сондықтан ТЭЗ (ВЭЗ) қисықтары екі және үш-төрт, тағы да көп қатпарлы болып бөлінеді. Қатпарлар саны мен олардың кедергілерінің өзара қатынасы, қисықтар мен геоэлектр қимасының түрлерін анықтайды.

Екі қабатты қимада ВЭЗ қисықтары екі түрлі болады. Қатпарлар кедергісінің бір-біріне қатынасына байланысты. $\rho_1 < \rho_2$ және $\rho_1 > \rho_2$. Үш қабатты қиманы тік зондылаған кездері ВЭЗ қисықтары төрт түрге бөлінеді. Шартты белгілері: $H(\rho_1 > \rho_2 < \rho_3)$, $A((\rho_1 < \rho_2 < \rho_3))$, $K(\rho_1 < \rho_2 > \rho_3)$, $Q(\rho_1 < \rho_2 < \rho_3)$, 2.24-суретте көрсетілген ТЭЗ қисықтарының түрлері.

Төрт қабатты қимада сегіз түрлі үлгілер екі әріптермен белгіленеді. НА, НК, QQ, QH, KH, KQ, AA, АК.

Егер де қоршаған орта біркелкі болса, онда А және В электродтары ара қашықтықтарын қаншама көбейткенімен, өлшенетін ρ мәні өзгермейді, сол ортаның нақты меншікті кедергісіне тең болады. Ал, егер қоршаған орта әртекті болса (екі немесе бірнеше 2.25 - сурет қабаттан тұратын болса) онда А MN В жартылай сферасындағы қатпарлы ортаға сәйкес ρ_k – көрінерлік кедергісін өлшейміз. Зерттеу тереңдігі 500 – 1000 м-ге жуық.

ТЭЗ әдісінің екінші түрі ДЭЗ – деп аталады. Дипольдік зондылау әдісінің зерттеу тереңдігі 10 км-ге дейін жетеді.



2.25-сурет. Жол бойында орналастырылған дипольді азимуталды қондырғысымен дала жұмысын жүргізу тәсілін түсіндіруге арналған

Тік электрлік зондылау көптеген жағдайларда симметриялық төрт электродты, сирек үш электродты градиент қондырғымен $MN < \frac{1}{3}AB$, аз болу шарты орындалады. Бұл қондырғы Шлюмберже қондырғысы деп аталады. Шет елдерде ВЭЗ әдісі Веннердің қондырғысымен жүргізіледі. MN - нің мөлшері, әдетте тұрақты болады. Ал қоректендіруші электродтардың ара қашықтығы (тасымал – деп атап біртіндеп 1, 2-1, 5 геометриялық прогресс коэффициентімен көбейе береді. Сол себептен қоректендіруші тізбектің-тасымалына, изолентаның немесе бұрандалы сымдардың, бояудың көмегімен белгілер салынады. Белгілер саны тасымал ұзындаған сайын көбейеді: алдымен біреу, одан кейін екеу, келесісі үш, яғни осылай қайталана береді.

Зондылау нүктесінде жұмыс жүргізу технологиясы. ТЭЗ әдісін жүргізу үшін, зондылау нүктесіне электрлік барлау аспабы АЭ-72, батареялар мен қоректендіруші және қабылдаушы тізбектерге арналып, катушкаға оралған, тасымалдың сымдары қойылады. Жұмыс әдеттегідей, жақын аралықта басталады. $MN=1\text{ м}$ - ге орналастырады, әрі қарай MN - нің бойыменен $\frac{AB}{2} = 1,5\text{ м}$ қашықтықта АВ электродтарын орналастырып, MN тізбегінен потенциалдар айырмасын, ал АВ тізбегінен ток күші тіркеледі де (2-1) формуласын пайдаланып

ρ_k есептеледі. К-қондырғы коэффициенті симметриялық қондырғыға $K = \frac{\pi AM}{MN}$. Одан соң қоректендіруші электродтар келесі нүктеге көшіріледі. Қайтадан ρ_k есептеледі және т.с.с. Тасымалдың бағыты бір түзудің бойында, яғни профиль бойымен $5-10^\circ$ дәлдікпен жылжытылады. Бақылау тізбегі АВ-ның бойында орналасады. $AB/MN \gg 10$ қатынасы болғанда потенциалдар айырмасы тым аз болады. Осыған байланысты қоректендіруші токты ұлғайтумен қатар, қабылдаушы тізбектің де ұзындығын ұзарту керек. Сондықтан, АВ әр уақытта $AB/3$ қатынасынан аз болу керек. ВЭЗ әдісінде қайталап жабу екі нүкте MN тізбегінде, екі АВ мен жүргізіледі. Есептеу кезінде, қателік жіберу $3-5^\circ$ - тан аспауы керек. Қоректендіруші тізбек тасымалының максимальды ұзындығы, геоэлектрлік қима және барлау тереңдігімен анықталады. Олар 3-5 есе жобалау тереңдігінен үлкен. Тасымалдың бағыты қойнауқаттың созылу бағытына және құрылымын бойлай салынады. Ал, жер беті бедерінің әсерін азайту үшін тасымалды тау бөктерлерін бойлай орналастырады. Кейде зондылауды өзара перпендикуляр тасымалдар көмегімен жүргізеді. Олар кресттелген ТЭЗ деп аталады.

Таужыныстарының жарылымдарын және жұмыс алаңында таужыныстарының горизонталь бағытта кезектесуін, ауысуын зерттеу мақсатында шеңбер бойымен айналмалы ТЭЗ орындалады. Оны орындау үшін жұмысты жүргізу кезінде тасымалдар төрт бағытта 45° - тық азимутпен қозғалмайтын бір ортақ центр арқылы бағытталады. Тік шекараның болуы ТЭЗ әдісінде екі құраушымен жұмыс жүргізу арқылы іске асырылады. Бұл вариантта ΔU АВ-ның бойымен бағытталған MN электродымен өлшеніп, осы АВ тізбегіне жүргізілген нормаль бойымен де өлшенетін құраушы ΔU_n , R_k қисықтарымен қатар $\Delta U_n / \Delta U$ қатынасын бірге талдау, тік қиманы зерттеуге ғана емес сонымен қатар, әр түрлі таужыныстарының шұғыл құлаған жапсарларында анықтауға мүмкіндік береді. Тасымалдардың ұзындығы 2-3 км қашықтыққа созылып, жұмысты жүргізу қиындаған кезде ТЭЗ жұмысында станцияны

қолдану арқылы әр түрлі: азимутальды, осьтік, радиалды, экваторлық - қондырғыларды пайдаланып жүргізеді.

Азимуталды қондырғыда (қысқаша ДАЗ-деп жазылады. 2.29-сурет қараңыз). Қабылдаушы диполь MN радиус r -ге перпендикуляр. Азимуталды қондырғының параметрлері мына параметрлерді қанағаттандыруға тиісті: $AB < 0,6 r$; $MN < 0,2 r$; $70^\circ < \theta < 110^\circ$ θ – радиус вектор r -мен қоректендіруші диполь АВ осінің арасындағы бұрыш. Қоректендіруші АВ және қабылдаушы MN электродтарының ара қашықтықтарын ескере отырып, азимуталды қондырғының коэффициенті келесі формуламен есептеледі

$$K = \frac{2\pi r^3}{AB \cdot MN} \cdot 10^{-3} A. \quad (2.8)$$

Азимуталды қондырғының кездейсоқ жағдайы экваторлық болып саналып, қысқаша ДЭЗ – деп аталады. Бұл қондырғыда $\theta = 90^\circ$, яғни қоректендіруші АВ және қабылдаушы MN өзара параллель болып, олардың центрлері бір түзумен жалғасады. Экваторлық қондырғының коэффициентін есептеуге қолданылатын формула:

$$K = \frac{2\pi r^3}{AB \cdot MN} \cdot 10^{-3} B. \quad (2.9)$$

Тарамдалған (радиальды) қондырғыда (ДРЗ) қабылдаушы диполь MN, r -радиусымен бағыттас орналасады, ал қондырғының параметрлері келесі шарттарды қанағаттандыруы қажет: $AB < 0,2r$; $MN < 0,1r$; $-30^\circ < \theta < 30^\circ$ Тарамдық қондырғының коэффициентін есептеуге қолданылатын формула

$$K = \frac{2\pi r^3}{AB \cdot MN} \cdot 10^{-3} C. \quad (2.10)$$

Жекелеген жағдайларда тарамдалған (радиальды) қондырғы (ДРЗ), дипольдік осьтік қондырғы болып саналады

(ДОЗ). Оларда коректендіруші АВ мен қабылдаушы MN бір түзудің бойында орналасады. $\theta=0^\circ$ болса бұл қондырғы жер бетінде ғана емес, өзенде, көлде, теңізде де қолданыс табады. 8–10 формулаларда 10^{-3} дәрежесіндегі көбейткіштің тұру себебі ΔU мВ (милливольтпен), ал ток күші-І А- мен өлшенеді. А, В, С-коэффициенттері 1-ге жуықтау және арнаулы номаграммамен табуға болады. Оны «Электрлік барлауға арналған нұсқаудан» немесе 2–3% дәлдікпен төменгі кестедегі мәліметтерден ($MN < 0,2r$) болғанда алуға болады.

ДЗ жұмысын жүргізерде ең алдымен зондылаудың сұлбасы, электрлік барлау станциясының жүріп тұруын еске ала отырып, дайындалады. Жұмыс қисық маршруттармен де орындалуы мүмкін. Өзен арналарын бойлай, жолды жағалай ұштастырып, дипольдің центрі, азимуты және тасымалдары r бір қондырғымен орындауға болатындай етіп, алынады: азимуталдық, тарамдық және ара қашықтықтары – r геометриялық прогресспен ұзаруға тиісті.

Мысалы: $r = 0,2; 0,3; 0,5; 0,8; 1,2; 1,6; 2,2; 3; 5; 8; 12; 20; 30$ км. Әдетте, генератор тобы, барлық далалық зондылау процесінде қозғалмайды ал, далалық лаборатория, бір ізбен тасымал ұзындығына сәйкес. жүйелі түрде қозғалатын болады.

Біржақты дипольдік зондылау кезінде, дипольдің ара қашықтығы бір жаққа ғана өседі. Екі жақты зондылау, алдымен бір жаққа, одан соң қарама-қарсы жақта жүргізіледі. Тасымалдар бір бағытта (ρ_k^+) оң таңбамен, қарама-қарсы жағында теріс таңбамен (ρ_k^-) алынады. АВ, MN және r -мөлшерлерін өлшеу кезінде қате жіберушілік 1%-құраса, олардың азимуты $1-2^\circ$ -тан аспауы керек. Корінерлік кедергіні (ρ_k) 3% -ға дейінгі дәлдікпен анықтауға болады.

Қондырғылардың коэффициенттерін есептеп өлшеу, алдымен жақын орналасқан тасымалда, содан соң келесі тасымалда т.с. Жұмыс кезінде генератор тобымен байланыс радио арқылы іске асырылады.

Осыған сәйкес импульстердің ұзақтығы, кідірісі (пауза) олардың ішінде бірнеше есеге асып түсуі керек, яғни 1-3 сек кішкентай тасымал болса, 20–30 с үлкен тасымалмен жұмыс жүргізіледі.

Электрлік зондылау кезінде ТЭЗ әдісінде қондырғының коректендіруші А және В электродтарының ара қашықтықтары өзгертін болғандықтан, Жер астына таралатын I_{AB} - тогының тереңдігі де өзгеріске ұшырайтын болады, тек қана қондырғының (ортасы) центрі ғана ешқандай өзгеріссіз бір орында қалады

Осы топтардың әрқайсысы қондырғының қабылдау тізбегінің түрлеріне байланысты төменгідей (2.30-сурет) арнаулы түрлерге бөлінеді:

1. Бір түзудің бойында орналасқан төрт нүктелік қондырғы;
2. Симметриялық;
3. Дивергенттік;
4. Ортогональды;
4. Үш электродты зондылау;
5. Екі электродпен зондылау;
6. Шеңбер бойымен зондылау т. б.

Барлық қондырғыларда да электр өрісі зерттеледі, яғни жерге қосылған нүктелік ток көзінің өрісі, яғни өте кішкентай мөлшердегі А және В нүктелері өрістің формасының әсері таралу сипатына болымсыз мөлшерде деп санауға болады. Бұл жағдай коректендіруші электродтардың ара қашықтығынан 510 есе, алыс қашықтықта орналасқан қабылдаушы электродтарға дейінгі ара қашықтық болып саналады. Электрлік барлау теориясынан белгілі: Өрістің электрлік потенциалы мен кернеулігі, жарты сфера кеңістігінде, жерге қосылған нүктелі электрод, біртекті және изотропты ортада төменгі формуламен анықталады.

$$U_{пс} = \frac{I_p}{2\pi} \cdot \frac{1}{r}, \quad E = \frac{I_p}{2\pi} \cdot \frac{1}{r^2}$$

ρ -ортаның меншікті электр кедергісі ом.м;
 I - коректендіруші АВ электродтарынан жерге таралған ток күші;

г-қоректендіруші электродтарының ортасынан зерттеу нүктесіне дейінгі ара қашықтық.

1. Бір түзудің бойында орналасқан төрт нүктелік қондырғы.

Бұл қондырғыда барлық электродтар бір түзудің бойында орналасып, ал қабылдаушы MN электродтар, АВ-тасымал ұзындығының үштен бір кесіндісінде тең болып орналасады.

2. Симметриялық төрт нүктелік қондырғы (Шлюмберже қондырғысы).

Бұл көп таралған, бір түзудің бойында орналасқан симметриялық Шлюмберже қондырғысы, қоректендіруші АВ және қабылдаушы MN нүктелері (салыстырмалы) ортақ центрден бірдей қашықтықта орналасқан $r_{MN} \ll r_{AB} / 3$, болған жағдайда қондырғы өзінің қасиетімен шегіне жақын болады.

Симметриялық қондырғыға $r_{AM}=r_{BN}$; $r_{AN}=r_{BM}$ тең болғандықтан потенциал келесі формуламен анықталады:

$$\Delta U_{MN} = \frac{I\rho}{\pi} \frac{r_{MN}}{r_{AM}r_{AN}}. \quad (2.11)$$

$$E_{MN} \approx -\frac{I\rho}{r_{AM}r_{AN}} \quad \text{егер } r_{MN} \rightarrow 0 \quad E_{MN} \approx -\frac{I\rho}{\pi g^2}. \quad (2.12)$$

Дивергенттік қондырғы. Дивергенттік қондырғының қарапайым түрі, симметриялық қондырғыдай, тек қана оның центріне тағы бір қабылдаушы электрод (0) қосылған – бұл симметриялық қондырғыдан өзгешелігі. Осы симметриялық қондырғымен тек қана потенциалдар айырмасы ΔU_{MN} ғана өлшенбейді, сонымен қатар, ΔU_{MO} , ΔU_{ON} - ның потенциалдар айырмасы да өлшенеді. Сірә бұл жағдайда, ΔU_{MO} , ΔU_{ON} ара қашықтықтары r_{MN} тең болатын және ол осы қондырғының (ортасында) центрінде потенциалдың туындысына тең болады: (MON)-ға (M'N') электродтарын О – нүктесі арқылы MN түзуіне ортогональді жалғасак, біз потенциалдардың екінші туындыларын, екі ортогональды бағытта өлшейтін, дивергенттік қондырғыны аламыз. Теориядан белгілі екінші туындылардың

косындысы (теріс таңбамен) электр өрісі векторының горизонтальды құраушысының дивергенциясына тең.

$$\vec{E}_r = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = \frac{\partial E_x}{\partial x} - \frac{\partial E_y}{\partial y} = -\operatorname{div} \vec{E}_r.$$

Атап айтқанда, бұл қондырғы дивергенттік деген атқа ие болды (2.26-сурет Γ – ортогональды қондырғылар).

Үш нүктелі қондырғы. Егер бір түзудің бойында орналасқан төрт нүктелі қондырғының B электродын шексіздікке апарса ($B \rightarrow \infty$), осыдан алынған өлшеу схемасы үш нүктелі қабылдаушы қондырғы деп аталады. Тәжірибе жүзінде B электродын алысқа апарады. Оның әсері өлшеу нүктелерінде A электродының өрісімен салыстырғанда елемеуге болатындай болу керек. Біртекті ортаның үстінде үш нүктелі қондырғымен өлшенетін потенциалдар айырмасы келесі формулалармен анықталады:

$$\Delta U_{MN} = \frac{I_p}{\pi} \frac{r_{MN}}{r_{AM} r_{AN}}, \quad E_{MN} = \frac{I_p}{2\pi r^2}. \quad (2.13)$$

r - A нүктесінен өрісті өлшеу нүктесі O -ға дейінгі ара қашықтық үш нүктелі шектеулі қондырғы Гуммельдің қондырғысы деп аталады.

Екі нүктелі (потенциал) қондырғы. Бұл үш нүктелі қондырғыдан алынады. Егер өлшеуші электрод N -ді шексіздікке апарса. Тәжірибе жүзінде N электродын алысқа апарса, оның әсері, өлшеу нүктелерінде нөлге тең болатындай, A электродының өрісімен салыстырғанда. Сонымен, екі нүктелі қондырғы бірден бір M нүктесінің потенциалын өлшеуге мүмкіншілік береді. Әдетте, біртекті ортаның үстінде $r = r_{AM}$

$$U_M = \frac{I_p}{2\pi r}, \quad (2.14)$$

2.11. ТЭЗ – мәліметтерін теориялық қисық сызықтар палеткасымен салыстырып талдау және нәтижелерін бейнелеу

Электрлік зондылау әдісімен екі- үш қабатты ТЭЗ қисығын талдау. Палетканы пайдаланып, екі қабатты ТЭЗ қисықтарын талдау, нәтижесінде геоэлектрлік қиманы салып нақтылап айтқанда, геологиялық қиманың схемасы деп қарастыруға болады.

ТЭЗ нәтижелерін (талдау) интерпретациялау – деп зондылау нәтижелерін геологиялық тұрғыдан дұрыс түсіндіруге бағытталған жұмыстарды айтамыз.

Сандық интерпретациялау кезінде ТЭЗ қисықтарының көмегімен, әрбір қабаттың қалыңдығын тірек болар беткейдің (горизонтының) тереңдігі анықталады. Геоэлектрлік қиманың дұрыс анықталғандығына көз жеткізіп, алынған маглұматтар сапалық жағынан түсіндіріледі.

Талдаудың тағы бір түрі, электр өрісіндегі бақыланған екі-үш қабатты ТЭЗ қисық сызықтарын, теориялық қисық сызықтар палеткасымен салыстырып, талдау әдісі. Талдаудың нәтижесінде геоэлектрлік қиманы бейнелеу.

Зондылаудың қисықтары, осы қабаттардың қалыңдығы мен меншікті электр кедерілері, белгілі бір шектердің аралығында. Сондықтан Пылаев номограммасының көмегімен анықталады. Билогорифмдік бланкке тұрғызылған дала қисық сызықтары мен бланктің негізгі өзара перпендикуляр сызықтарыда (төрт бұрыштары) калькаға көшіріліп теориялық палеткадағы қисық сызықтармен беттестіріп салыстырылады, абсцисса және ордината осьтеріне параллельдігін сақтай отырып, теориялық сызықтармен толық беттесуін, үйлесуін қамтамасыз етілген соң, калькаға палеткадағы дала қисық сызығының палетка өсімен қиылысқан жері (палетка кресті) калькада белгіленіп, көшіріледі және палеткадан (h_1, ρ_1) түзуі бойының жалғасындағы ρ_2 / ρ_1 арақатынасына тең μ -дің мәнін жазып алады. Осыдан кейін билорифмдік бланктен, h_1, ρ_1 мәндерін анықтап, $\rho_2/\rho_1 = \mu$ арақатынасынан ρ_2 -нің мәнін есептеп табу керек.

Үш қатпарлы ВЭЗ қисық сызық палеткасымен интерпретациялау, екі қабатты палеткаға ұқсас, палеткадағы теориялық қисық сызықтармен дала қисық сызықтарын беттестіріп салыстыру жолымен шешіледі. Далалық сызықты калькаға түсіріп теориялық сызықтар альбомымен салыстырылады, бір-бірімен толық беттесіп үйлесін тапқанша, үстіңгі және ортаңғы жақтарының толық беттескені жөн. Содан соң, ρ бойымен палетканың далалық бланктегі графигінен ρ_1 -нің мәні анықталып, ал h түзуі бойымен абсцисса өсімен h - тереңдік мәнін табады (өлшемі m). Осы қалыпта бірінші әріп шифрдың теориялық сызықтар топтамасы ($H - 1/19 - \infty$) топтың ішінде үйлесімін тапқан сызық қиманың үлгісін анықтайды. Үлгі H , бірінші сан ρ_2 ρ_1 қатынасын көрсетеді (2.28 - сурет). Профиль бойымен алынған геоэлектрлік қима алынады.

Үш қабатты ТЭЗ қисықтарын талдау. Үш қабатты геоэлектрлік қима бес параметрлерімен сипатталады ($\rho_1, \rho_2, \rho_3, h_1, h_2$.)

Бұл параметрлерді анықтау үшін үш қабатты палеткамен көмек ретінде екі қабатты ρ_2 және S - тәсілі қолданылады. Осы тәсілдердің барлығы да, алдымен (ρ_1, h_1) параметрлерін, ρ_2 палеткасының көмегімен екі қабатты ТЭЗ қисықтарын талдау тәсілі қолданып анықталады. Талдаудың алдында бақыланған қисықтардың (кедір-бұдыры) тегістеліп, қайталанған жерлерінің орташа мәндері алынады. ы қиманың параметрлерін дәл анықтау үшін аралық қабаттың жекеменшік кедергісін, электрлік каротаж мәліметтерінен немесе параметрлік ТЭЗ мәліметтерін өндегенде алынады. Билогорифмдік бланктегі талданатын қисықты екі қабатты палеткадағы теориялық қисықтың бірімен, осьтерінің параллельдігін сақтай отырып, сол жақ бұтағын қисықтардың біреуімен беттестіріп, палетканың белгісі „қосу” таңбасын пайдаланып, h_1 мен ρ_1 анықталады.

Жоғарыда айтылғандай екінші қабаттың кедергісі белгілі болу керек. μ_1 -ді біліп және қисықтың түрін анықтап (оның формасымен) альбомнан үш қабатты палетканы тандап алады. Параметрлері талданатын қисықтарға ең жақыны алынады.

Ол үшін алдымен $\mu_2 = \mu_3 / \mu_1$ модулін пайдаланып палетканы таңдап алады. Мысалы, таңдап алынған қисықтың түрін Н- деп алайық).

Егер қисықтың оң бұтағы шұғыл жоғары бағытталған болса, яғни $\rho_3 \geq \rho_1$ болса, онда палетканың Н – $\mu - \infty$, $\rho_3 \approx \rho_1$ болғанда Н – $\mu_1 - 1$ палеткалары қолданылады. «Теоретические кривые электрического зондирования» немесе Н – $\mu_1 - \rho_1$ үлгісін (ВСЕГЕИ альбомынан) талдайды.

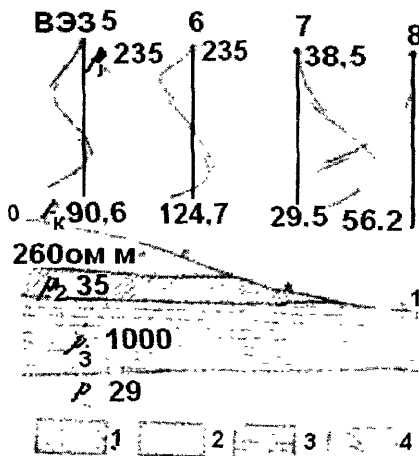
Егер $\rho_2 < \rho_3 < \rho_1$ болса, Н – $\mu_1 - \sqrt{\rho_2 / \rho_1}$ «теоретические кривые электрического зондирования» альбомынан немесе Н – $\mu_1 - \sqrt{\rho_2}$ (ВСЕГЕИ альбомынан ТЭЗ қисықтарының К-түрін талдаймыз. Егер К қисығының оң бұтағы құлама тік төмен бағытталса, онда мына палетканың ішіндегі қисықтардың бірін таңдап алады. К – $\mu_1 - 0$ т.б. палетка сериясының ішінен қисықты ақтық таңдау μ_1 модулімен жүргізіледі. Альбомдағы палеткада қажетті μ_1 болмаған жағдайда μ_1 -дің біраз көп немесе мәндері аз μ_1 - палеткасы қолданылады. Н және А қисықтарының түрлеріне екінші қабаттың қалыңдығы, эквиваленттік принцип негізінде есептелетін болады.

$$S_2 = h_2 / \rho_2, \text{ бұдан } h_2 = S_2 \rho_2 \text{ немесе } h_2 = \frac{\nu_1 \mu_1 h_1 \rho_1}{\rho_2} \quad \mu_1, \rho_1,$$

ν_1, ρ_1, h_1 - талдаудың мәліметтерімен анықталған. ρ_2 – белгілі болу керек.

Егер екінші қабаттың кедергісі белгісіз болса, онда h_2 дәл есептеп шығару мүмкін емес. Бұл жағдайда h_2 - нің шектелу мәні ρ_2 – нің алынған мөлшеріне байланысты болады. Ол үшін арнаулы номограммалар пайдаланылады.

2.27-суретте геоэлектрлік, геологиялық кима схемасы осы аудан бөліміндегі профильдердің бірінің бойымен. Қиманың жоғарғы жағында тіркеу нүктелеріне сәйкес ТЭЗ қисықтары орналастырылған.



2.27-сурет. Геоэлектрлік, геологиялық қима схемасы II-профиль бойымен: 1.Құм; 2 – саз; 3-эктастар; 4 ВЭЗ-қисықтары және ρ_k мәндерімен (ом.м); бастапқы және соңғы тасымалдарда

Геоэлектрлік қима төрт қабаттан тұрады, меншікті кедергілерінің келесі қатынастарымен $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3 > \rho_4$ ТЭЗ-7 нүктесінде эрозиялық шайылумен сазды қабат ашылған.

Ал 8-нүктеде эктастар. Осыған сәйкес солтүстік пен оңтүстікке қарай ТЭЗ қисықтарының түрлері төрт қабаттық НК түрінен екі қабатқа дейін өзгереді. Барлық аудандарда зерттелген қисықтардың түрлері үш бөлімге бөлінеді: бірінші бөлімнің шеңберінде НК-қисық түрлері алынған. Екіншінің шеңберінде К-түрі, басқа алаңда екі қабатты қисықтар түрі. Бұл жұмыс алаңында негізінен тараған НК-қисық түрлері, жабын (асты) түзілімдеріне құмдар жатады. Қисықтардың К түрі таралған жерлерде – саздар, ал басқа алаңдарда эктастар.

«Теоретические кривые электрического зондирования»-палеткасымен талдаудың (интерпретациялаудың) барысы:

1. Бақыланған қисықтың кедір-бұдырын тегістеу, қайталанған нүктелерді орташа мәнге келтіру, одан соң билогарифмдік бланкке қисықты сызу;

2. Екі қабатты палеткадан $\rho_1 = 11.0$ ом м және $h_1 = 1.6$ м анықталады. Екі қабатты палеткадан олардың сол жағын беттестіріп есептеу $\mu_1 = \rho_2 / \rho_1 = 90:11.0 \approx 8.2$;

3. Қисыққа қарап оның түрін анықтау (К);

4. Үш қабатты альбом палеткасынан қисықтың шифрын таңдау К-9-1; 5. Талданатын қисықтың сол жағы мен ортасын палетканың қисықтарымен салыстырып жақсы беттесуіне қол жеткізіп, палетканың таңбасын (крест) белгілеу, одан соң $h_1 = 1.5$ м және $\rho_1 = 10$ ом м анықталады;

6. ТЭЗ қисығының оң жақтағы асимптотасынан $\rho_3 = 10$ ом м анықталады;

7. Палетканың қисығынан $v = 19$ -тең мәнін тауып; Эквивалентті принципті T_2 -ні еске ала отырып, екінші қабаттың қалыңдығы есептеледі: $h = 9.1, 5.9.10:90 = 13,5$. Сонымен, талдаудың қорытындысында төменгідей нәтижеге ие боламыз $\rho_1 = 10$ ом м $h_1 = 1.5$ м $\rho_3 = 10$ ом м $h_2 = 13,5$.

Пылаев палеткасымен талдау. Интерпретациялау барысы төменгідей:

1. Екі қабатты палеткадан әдеттегідей, анықталатын $h_1 = 1.6$, $\rho_1 = 11$, $\mu_1 = 8.2$ ом

2. Палетканы таңдап алып К- 9 - ρ_1 Бақыланған қисықпен теориялық қисықты беттестіріп, палетканың қисығынан $v_1 = 9$ -тең мәнін тауып, қисықтың түзумен қиылысқан нүктелерінен m_2 , h_2 және T_2 белгілеу.

3. Бланктегі қисықтың көмегімен m_2 , h_2 және T_2 мәндерін анықтау. $m_2 = 16$ м, $h_2 = 14$ м және $T_2 = 1180$.

4. Оң жақтағы асимптотадан $\rho_3 = 10$ ом м анықталады.

5. h_1 -ді есептеп $h_1 = m_2 - h_2 = 16 - 14 = 2$ табамыз.

6. h_2 -нің есептелуін, T_2 -мен тексеру. $h_2 = 1180:90 = 13,1$.

Сонымен, Пылаев палеткасының көмегімен талдағанда төменгі нәтижелер алынады: $h_1 = 2$ м, $h_2 = 13,1$ м, $\rho_1 = 10,2$ ом м, $\rho_2 = 10$ ом м.

Бұдан байқайтынымыз, әр түрлі палеткалармен талдау нәтижелерін салыстыру мүмкіншілігі бар екенін білеміз. Бірінші, екінші қабаттардың қалыңдығын анықтау айырмашылығы 0,6 % болады.

Қосымша палеткалардың көмегімен талдау. Пылаев палеткасының жинағында қосалқы палеткалар LCH. LSA. LSK. LSQ альбомдағы «теоретические кривые электрического зондирования».

H, A, K және Q палеткалары деп аталады. Көмекші палеткаларда қисықтар жиынтығы орналасқан. Олардың әрқайсысы геометриялық нүктелер орнын көрсетеді, кедергі мен қабаттың қалыңдығын анықтауға арналған (H, A, K, Q нүктелері). Бұл палеткалар теориялық қисықтарды тұрғызғанда қолданылып, яғни электрлік барлаудың тура есептерін шешуде, ТЭЗ-қисықтарын талдау кезінде пайдаланылады.

Интерпретациялау барысы төменгідей:

1. Жоғарыда көрсетілген екі қабатты палетка тәсілі көмегімен h_1 , ρ_1 анықталып, μ_1 есептеледі: $\mu_1 = \rho_2 / \rho_1$ (ρ_2 – мүмкін белгілі).

2. Қисықтардың H және A түрлеріне сәйкес көмекші палетканың түрі H, A, LSH, немесе LSA алынады.

K және Q қисықтарының түрлеріне сәйкес көмекші палетканың түрі K, Q және LCK немесе LC Q алынады және осы палетканың координата басы 0-нүктесі, h_1 , ρ_1 координаталары талданатын бланкпен беттестіріледі, палетканың координат осьтерінің параллельдігін сақтай отырып, палетканың қажетті қисығы μ -пунктирмен көшіріледі.

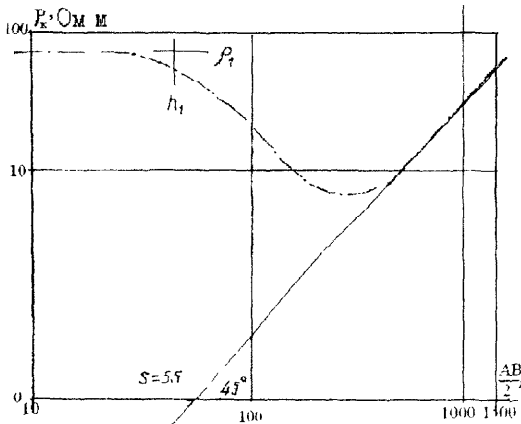
3.Талданатын қисықтың бланкасы қайтадан екі қабатты палеткамен салыстырылады. Ол үшін палетка координатасының басы μ - модульді қисығымен жылжытып, палеткамен бланктің координата осьтерінің параллельдігін сақтай отырып, палетка қисығының бірімен бланк қисығының оң жағы беттестіріліп, белгінің орны беттестіру сәтінде эквиваленттік нүкте h_2 , ρ_2 координатасымен анықталады. Осы нүктені қосу белгісімен белгілейді.

4. Асимптотаның ординатасынан оң жақтағы бұтақтан ρ_3 анықталады.

5. Талданатын қисықтың бланкасы көмекші палетканың үстіне салынады. Сонымен, палетка координатасының басы 0(h_1 , ρ_1) нүктесімен беттестіріледі. Палетканың маңызы,

эквивалентті нүкте арқылы өтетін іздестіріліп отырған λ_1 мөлшері болады.

6. Анықталған λ_1 мәнімен ρ_2 белгілі болғанда h_2 жоғарыда көрсетілген формула көмегімен есептеледі. h_2 - ның). Өзгеру шектерінің ρ_2 - нің мәніне тәуелділігімен анықталады.



2.28-сурет. Қисықтың Н және А түрлері

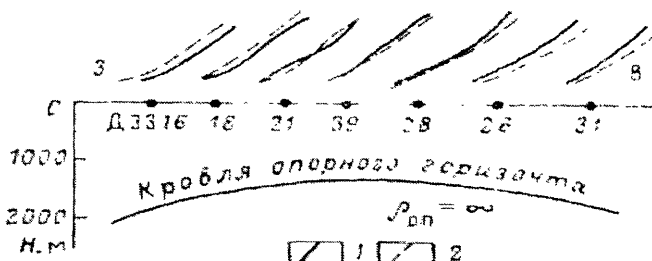
ВЭЗ қисық сызықтарын S_0 тәсілімен интерпретациялау

Егер $\rho_3 = \infty$ яғни оң бұтағы шұғыл жоғары көтеріліп, абсцисса осіне 45° - дық бұрышқа жуық болса, S_0 - тәсілімен талдауға болады. Бұл тәсілде екі қабатты палеткадан ρ_1 мен h_1 анықталып μ_1 есептеледі. Одан соң оң бұтағына 45° бұрышпен жуықтау абсцисса кесіндісіне жанама жүргізіліп, $\rho=1$ ом. м- ге деңгейіндегі сызықпен қиылысқанша созылады. Одан соң оң бұтағына 45° бұрышпен жуықтау абсцисса кесіндісіне жанама жүргізіліп, $\rho=1$ ом. м-ге деңгейіндегі сызықпен қиылысқанша созылады.

Абсцисса кесіндісімен қиылысқан нүктеден, S-тің сан мөлшері анықталады. ρ_1 мен h_1 және ρ_2 (ақырғысы белгілі болуы керек) h_2 есептеуге болады. $h_2 = (S - h_1 / \rho_1) \rho_2$. Басқа да палеткалармен талдау тәсілін (Электрлік барлау. «Зертханалық

жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұскаудан» 2007 ж.) танысуға болады.

Нәтижелерін бейнелеу. ТЭЗ, ДАЗ, ДЭЗ – мәліметтерінің нәтижелерін бейнелеу кезінде жекелеген графиктер, графиктер картасы, сол сияқты ТЭЗ (2.29), ДЭЗ қисықтарының (2.30) картасы, профиль бойымен (2.29-сурет) геоэлектрлік, геологиялық қима схемасы, көрінерлік кедергі қимасы (2.31), ТЭЗ қисықтарының картасы және изоом карталары салынады.



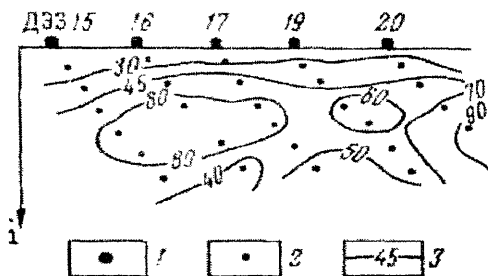
2.29-сурет. Екі жақты ДЭЗ қисықтары антиклинальды құрылым үстінде тұрғызылған профиль бойымен: 1–батысқа; 2–шығысқа

2.27-суретте ТЭЗ қисықтар түрлерінің картасы суреттелген. ТЭЗ түрлерінің картасынан таужыныстарының белгілі бір литологиялық әр түрліліктерін бөлуге және тұщы су қабаттарын іздеп табуға болады. ДЭЗ-әдістерінің қисықтарын интерпретациялау кезінде осы ТЭЗ әдістерінде қолданылған интерпретациялау тәсілдердің барлығында қолдануға болады. Ол үшін жоғарыда айтылғандай ДЭЗ және ДАЗ қисықтарын талдау үшін симметриялы ВЭЗ қисықтарының палеткасын қолданады, ал ДЭЗ қисықтарын интерпретациялау үшін арнаулы есептелген ДЭЗ-дың теориялық қисықтарын қолданады. Сол сияқты ДЗ әдісі мен ВЭЗ әдісінің графикасын бейнелеу тәсілдері.

Дегенмен, ДЗ әдісінде екі жақты зондылау қондырғыларын пайдалану, өз алдына өзгеше жекеленген интерпретациялау тәсілімен ерекшеленеді. Ең алдымен қимада горизонталь

бағытта өзгерістер мүмкіндігі анықталады. Ол үшін ДЗ-дың оң және теріс таңбалы қисықтарын салыстырады. Қисықтардың оң қанатындағы формасының өзгешелігі қимада бақылау нүктесінің екі жағында да қиманың айтарлықтай өзгешеліктерінен белгі білдіреді (2.30-сурет). Қисықтардың бірінің оң қанатының өзгеруі екіншісімен салыстырғанда екі қисықтың формасының бірдей болған жағдайында, тірек болар горизонттың батыс пен шығысқа қарай батуын (төмендеуін) көрсетеді (иілу бағыты, r_k қисығы алынған, ығысудың g_d үлкен мәнін, сипаттайтын MN диполінің жылжу бағытына сәйкес).

Көрінерлік кедергі қимасы оң таңбалы және теріс таңбалы болып жеке-жеке тұрғызылады. Ол үшін профильдің топографиясынан ДЗ центрінің нүктесін (r - мөлшері белгілі) MN диполінің ортасынан төмен қарай логарифмдік масштабта g_d мөлшерін белгілі ара қашықтыққа сәйкестендіріп салады. Нәтижесінде r_k жазу нүктелері көлбеу бағыттағы түзу бойымен орналасады (2.30-сурет).



2.30-сурет. Көрінерлік кедергі қимасы. Екі жақты ДЭЗ мәліметтерінен
1-ДЭЗ центрлері; 2- тіркеу нүктесі, 3-изоомдар

Екі жақты ДАЗ, ДЭЗ орташаландырылған қисықтарын сандық талдау АМNB қондырғысына арнап есептелген палеткамен жүргізіледі. ДОЗ қисықтарын интерпретациялауға арнаулы альбом палеткалары осьтік зондылау қисықтарына арналған. Бұл палеткаларды есептеп тұрғызу, симметриялық ВЭЗ қисықтарының палеткаларын тұрғызумен ұқсас. Олардың сыртқы

түрлері де бір-біріне өте ұқсас. ДЗ әдісінің оң таңбалы және теріс таңбалы қисықтарын горизонтальды қабатты ортаға тек – қана иілу бұрышы $2-3^0$ - тан аспайтын пластқа арналған теориялық қисықтарды пайдаланып интерпретациялауға болады. Құлау бұрышы үлкен болған жағдайда, оң және теріс таңбалы қисықтар бір-бірінен шұғыл өзгерістерге ұшырасатын болады. (Олай болса, теориялық қисықтардан да өзгеше болады).

2.12. Заряд немесе зарядталған дене әдісі

Бұл әдістің мәні рудалық денеде (ұңғымамен немесе тау қазындыларымен және су ағыны әсерінен шайылып ашылған болса, онда сол объектіде) орналасқан, нүктелік өріс көзінің электромагниттік өрісін зерттеу және оның көлемін, формасын, осы ортадағы орналасқан өткізгіш дененің алар орнын анықтау. Егер бұл дененің өткізгіштігі γ_d қоршаған ортадан көп болса рудалық дененің ішінде орналасқан А-нүктелік өріс көзінің потенциалын аз болғандықтан елемуге де болады. Жер бетінде оның барлық нүктелерінің потенциалы біркелкі болғандықтан, бұл дененің үстін эквипотенциалды (эквипотенциалды өткізгіш) - деп атайды. Эквипотенциалды бет қоршаған орта қойнауындағы, зарядталған дененің пішінін қайталайтын болады.

Зарядталған дене әдісімен геологиялық барлау кезеңінде төменгідей міндеттерді шешуге қолданылады:

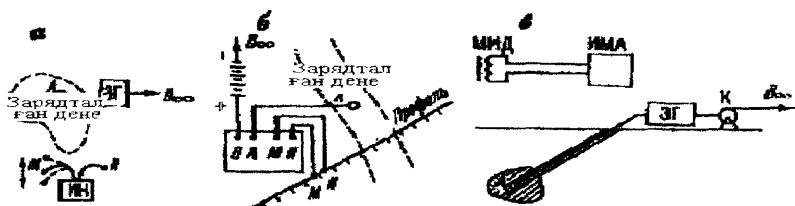
1. Тастақтастардың (сланцоватости) құрамдық өзгешіліктерін (хлорит, кварц, серпентинитті, слюдалы, амфиболитті т.с.с.) зерттеуге;

2. Жерасты суларының бағыты мен ағу жылдамдығын;

3. Зарядталмаған өткізгіш денелердің ауытқуларын белгілеу (көзге айқын түсерлік ету);

4. Ұңғымен рудалық денені киып өткенде сәйкестендіру (корреляциялық жұмыстарын жүргізу);

5. Электромагниттік өрісті зерттеудің түрлері:
а) эквипотенциалды сызықтарды түсіру; б) зарядталған дене үстінде градиент потенциалын өлшеу.



2.31- сурет. Заряд әдісіне арналған қондырғылар:

а – эквипотенциалдық сызықтарды бақылауға; б – градиент потенциалын түсіруге; в – магнит өрісін өлшеуге арналған, ЗГ – дыбыстық генератор; ИН – нөлдік индикатор; К – далада жұмысын істеуге арналған катушка; МИД – магнитоиндукциялық қабылдағыш (датчик)

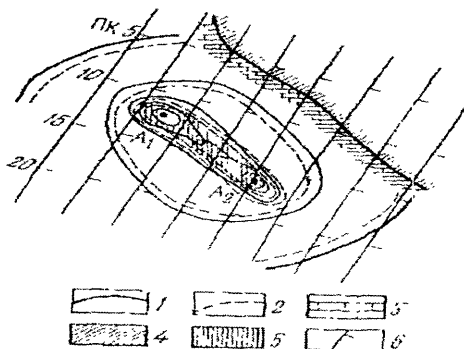
Зарядталған дене үстінде эквипотенциалды сызықтарды бақылау. Зарядталған дене үстінде эквипотенциал сызықтарын бақылау үшін қондырғының қоректендіруші АВ және қабылдаушы MN тізбектері пайдаланылады. Ток көзі ретінде АНЧ, ИКС-50, ИКС-600 сияқты аспаптар кешенінің генераторлары пайдаланылады. Жерге қосылатын электродтарды 10-15 есе апарып қосады да, электр өрісі зерттеледі.

Эквипотенциал сызықтарын бақылау үшін екі электродты қабылдаушы MN тізбегін пайдаланған (өлшеуші приборлар АНЧ мен ИКС кешенінен) дұрыс және қолайлы болады. Артқы шұп (қуыс бұрғы) іздестіру тізбегін изолинияның алғашқы нүктесімен қосады. Алдыңғыны, алдыға қарай іздеуші тізбектің барлық ұзындығына созады – изолинияның белгілі бағытымен. Зарядталған дене кедергі әдісінде қолданылатын аспаптармен істеуге болады: ЭСК-1, АЭ-72, ИКС.

Оператор алдыңғы шұптың орнын ауыстырады, артқы шұптың изолиниясының бір нүктесін тауып белгілі бір бағытпен жылжытады (микроампер метрдің стрелкасы «0»-ге қойылады).

Одан соң, жұмысшы табылған нүктеге артқы электродты (шұпты) апарды. Ал оператор алдыңғы шұпты жылжытады, барлығы тағы қайталанады. Изолиния картасына заряд

нүктелері қойылып, геологиялық мәліметтер жазылады. Одан соң геологиялық тұжырым жасалады, объектінің орны белгіленіп, пішіні (формасы) анықталады. Электрмагниттік өрістің теориясынан белгілі $E = \rho$ рудалық дене мен қоршаған ортаның жапсарында ρ -мәні бірден қатты өсіп кетеді.



2.32-сурет. Зарядталған дене үстіндегі эквипотенциал сызықтарының картасы:

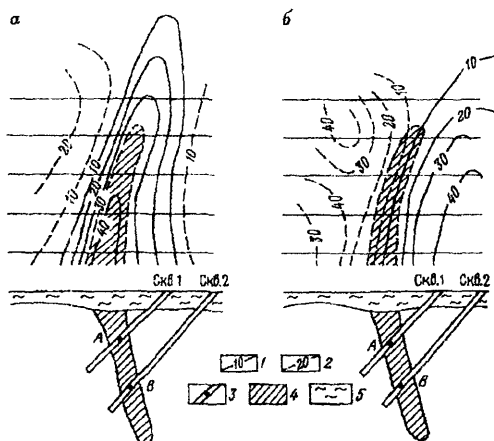
Изосызықтар: 1-оң таңбалы; 2-теріс таңбалы; 3- қоректендіруші жерлендіргіш; 4-рудалық дене; 5- жабын түзілімдері

Зарядталған дене үстінде магнит өрісін өлшеу. Зарядталған дене үстінде магнит өрісін өлшеу созылмалы рудалық денені зерттеуге арналған. Ол үшін рудалық дене индуктивтік рамкамен зарядталады. Сигнал амплитудалық вольтметрмен өлшенеді.

Дала жұмыстары кезінде, магниттік индуктивті датчиктер мен жабдықталған аппаратуралар, АНЧ-3 немесе ИКС станциялары, болмаса микровольтметр мен дыбыс жиілігінде жұмыс істейтін генератор қолданылады.

Магнит өрісі профильдер бойымен өлшенеді. Әрбір нүктеде үш ортогональды магнит өрісі құраушыларын H_x , H_y , H_z және азимут ϕ мен α өлшенеді немесе горизонталь құраушы H_x пен H векторының арасында α -бұрышын, яғни H_x -горизонталь жазығына еңкіштігі. Жұмыстың нәтижесінде

графиктер, карта графиктері және өрістің компоненттері φ мен α бұрыштары, магнит өрісі кернеулігінің изолиниясы, зарядталған дене үстінде салынады.



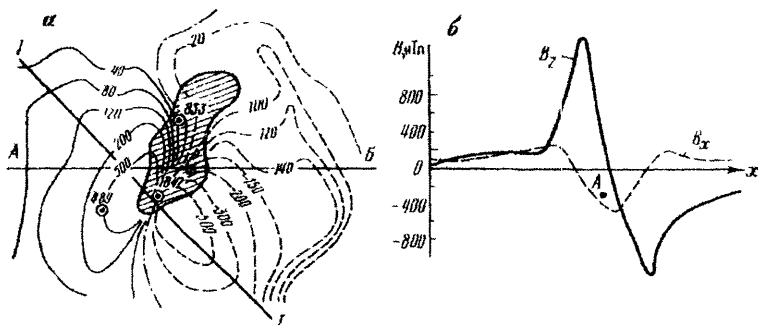
2. 33-сурет. Зарядталған дене үстінде магнит өрісі кернеулігінің изосызық картасы:

α –горизонталь сыңарлары (компоненты) β –тік сыңарлары.

Изосызықтар: 1–оң таңбалы; 2–теріс таңбалы; 3–қоректендіруші жерлендіргіш; 4–рудалық дене; 5–жабын түзілімдері

Био-Савара заңы бойынша магнит өрісінің кернеулігі табылады $H = \frac{0.2I}{r}$; I -ток күші r -радиус вектор C нүктесінен M нүктесіне дейін. x, z осьтерінен H -векторының компоненттерін табамыз $H_x = H \cos \beta$ $H_z = H \sin \beta$. Бұл H компоненттерінің формуласын төмендегідей жазуға болды. $\cos \beta = z/r$; $\sin \beta = x/z$

$$H_x = 0.2I \frac{h}{h^2 + x^2}; \quad H_z = \frac{x}{h^2 + x^2}$$



2.34-сурет. Зарядталған дене әдісімен магнит өрісін өлшеу жұмысының нәтижелері.

Таш-Тау кенорнында (В.В. Кормильцев пен В.Л. Семеновті) жете іздестіру: а-изосызық планы B_z 1842-ші зарядталған ұңғымада; б- графиктер B_z және B_x

Зарядталған дене үстінде градиент потенциалын өлшеу.

Тік құлама дене, жақсы өткізгіш тұрақты электр тогымен зарядталған болса, онда электр өрісінің потенциалын өлшеумен зерттеп оның градиентін профиль бойымен өлшейді. Профильдер зарядталған дененің үстін бойлап тікелей орналасады.

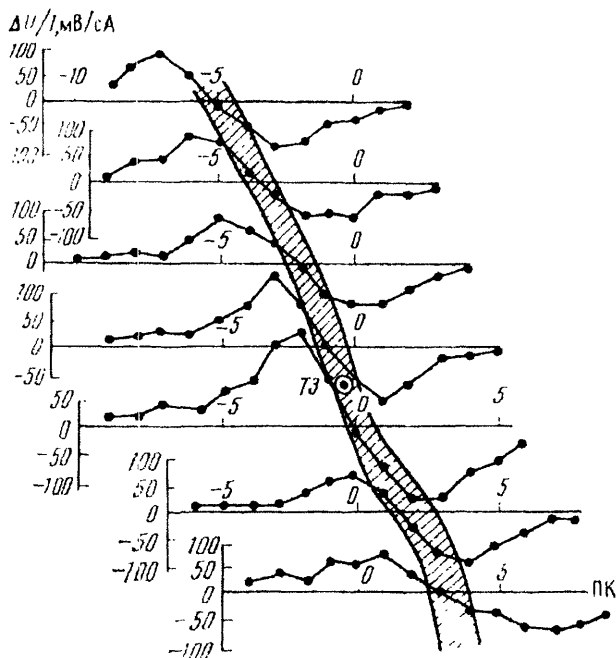
Қондырғы коректендіруші АВ және қабылдаушы MN тізбектерінен тұрады. Өлшейтін прибор АЭ-72.

Даладағы жұмыс алдымен топографиямен, профильдер жүйесін (торын) дайындаудан басталады. Зарядталған дененің бойымен базисті профиль, магистраль салынады да осыған тікелей профильдер жүргізіледі. Қабылдаушы электродтар екі көршілес пикеттерде орналастырылады да олардың арасындағы потенциалдар айырмасы өлшенеді.

Одан соң коректендіруші тізбектен ток күші оң таңба белгісімен өлшенеді.

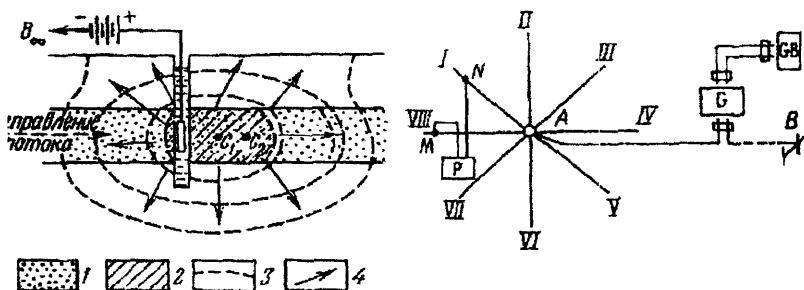
Зарядталған дене үстінде жерасты суларының бағыты мен ағу жылдамдығын болжау. Жерасты суының бағыты мен ағу жылдамдығын анықтау үшін су горизонтын қиып өткен ұңғымаға кенеп мешокпен жақсы еритін тұз (ас тұзы немесе

хлориттік аммонийді) орналастырады. Тұз құрамындағы минералдардың көп болғандығынан, тұздың ореолы, жақсы өткізгіш болады.



2.35-сурет Зарядталған антрацит кабатының салынған градиент потенциалының графиктер картасы

Оның таралуын заряд әдісімен байқауға болады. Ол үшін қондырғыда коректендіруші тізбектің бір электродын ұңғыманың ішіне орналастырып, екіншісін шексіздікте орналастырады да жер үстінде ұңғыма ішіндегі электродтың электр өрісін зерттейді. Ұңғыманы тұзбен зарядтамай тұрып, жер бетінде бірнеше эквипотенциалды сызықтарды түсіреді. Егер жерасты таужыныстары біртекті горизонтальды бағытта болса, формасы дөңгелек ортасы (центрі) ұңғыма болады.



2.36-сурет. Жерасты суын, тұзбен зарядтағанда оның ореолы ұңғыманың төңірегінде туындаған электр өрісімен сипатталады: 1—сулы горизонт; 2—тұздың ореолы; 3—эквипотенциал сызықтары; 4—ток сызықтары және зарядтаған тұз ореолы монтажы және қондырғының схемасы. Заряд әдісімен жерасты суының сүзілу тәртібін (режимі) зерттеу. ИКС өлшеуіш приборымен немесе АНЧ-3-мен (тіркеледі) G—генератор; GB—батарея; P—тіркеуші прибор

Егер біраз уақыттан соң ұңғыма зарядталғаннан кейін эквипотенциалды сызықты өлшесек, формасының өзгергенін көреміз. Одан, судың ағу бағытының созылып эквипотенциал бетінің сызықтары ұзарғанын көреміз. Уақыт өткен сайын ореол үлкейеді. Алдыңғы жағы жерасты суы жылдамдығымен жылжиды, ал арты ұңғыманың маңайында қалады. Олай болса изолиния центрінің жылдамдығы су ағымы жылдамдығының жартысына тең болады. $V_a = 2V_c$;

V_a — судың ағыс жылдамдығы V_c — изолиния центрінің, жер бетінде, жылжуы. V_c — мөлшері, жер бетінде эквипотенциал сызықтарының жылжу жылдамдығын ИКС өлшеу приборымен бақылап, анықталады.

Дала жұмысының техникасы мен әдістемесі. А — электродын минералды тұзбен зарядтау үшін, кенеп (брезент) материалының кесіндісінен ұзындығы (0.5-1.0 м.) жіңішке қап жасалады да тұзға толтырылып, А-электродының шетін тазартып орналастырады. А — электродын ток көзінің оң таңбасымен жалғастырып ұңғыманың ішінде су деңгейінен

төменірек орналастырылады.

В-электродын, А-электродының ұзындығынан (терендігінен) 10–15 есе алыс жерге қағады. Тұзды ореолды зарядтау және эквипотенциалды сызықтарын қатарға түсіру ИКС-1 немесе АНЧ-3 аппаратуралары және автокомпенсатор АЭ-72 және батарея жиынтығы мен бақылау ыңғайлы болады. Қабылдаушы тізбек электродтары мен оларды жалғастыратын сымдардан тұрады.

Топографиялық жүйе, ұңғыма аузының центрінен таралған, профильдер жүйесімен жүргізіледі. Профильдер санын 4-тен 8-ге дейін алып, әрбір профильде 5–10 метрден соң пикеттерді орналастырып, нөмірлерін жазады. Изолинияларды түсіру үшін бір электродты судың ағынына қарсы орналасқан профильге бекітеді. Изолинияның радиусын 1.5–2 есе (ұңғыма шегенделмеген болса) немесе шегенделген ұңғымадан 2–3 есе көп қашықтық, жерасты суының деңгейіне дейінгі тереңдік, қабылданады. Екінші электродты көршілес профильдің әр түрлі нүктелерінде орналастырады. Бұл нүктелерінде оператор, ток қосылғанда индикатордың стрелкасы ауытқыды ма – жоқ па соны бақылайды. Егер стрелка ауытқыса, онда қабылдаушы электродтар арасында потенциалдар айырмасы болғаны. Олар әр түрлі изосызықтардың бойына орналасқаны. Оператордың міндеті жылжымалы М электрод жермен тұйықтап ток тізбегіне қосылғанда ешқандайда өзгеріске ұшырамайтын нүктесін табу. Сонда екі жерге қосылған электродтар, бір эквипотенциалдық түзудің бойында орналасқаны. Енді жылжымалы электродты келесі профильге орналастырып, тағы да изолинияны іздестіреді. Бұл әдіс тағы да қайталанады.

Изолинияны планшетке түсіру, табылған нүктенің ара қашықтығын, ұңғыманың ортасына дейін өлшеп пикеттердің нөмірлерін пайдалана отырып, топограф планға түсіреді.

3. ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ӨРІСТЕР

3.1. Табиғи электр өрісі (ЕП) әлісі

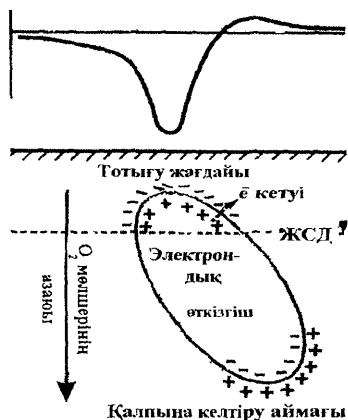
Электрохимиялық, фильтрациялық және диффузиялық процестер кезінде пайда болатын электр қозғағыш күш (Э.Қ.К) әсерінен поляризацияланатын электр өрістеріне негізделген немесе табиғи электр өрісі (ЕП) – геологиялық қимада өздігінен электрохимиялық және электрлік-кинетикалық процестердің әсерінен пайда болады.

Электрохимиялық өріс

Егер геологиялық орта иондық өткізгіштерге ие болып, таужыныстарының құрамында электрондық өткізгіштігімен жоғары деңгейлі өткізгіш минералдар болған жағдайда – пирит, халькопирит, бронит, петландит, арсенопирит, магнетит, молибденит, тағы да графит, магнетит, пиролюзит, антроцит сульфитті рудалар. Рудалық денемен кіркіртуші таужыныстарында табиғи электрохимиялық (Э.Қ.К) бақыланатын болады, яғни рудалық дене кіркіртуші ортамен табиғи гальваникалық элемент құрастырады. Оның пайда болу механизмін, электрохимиялық заңдылыққа сүйене отырып, төмендегідей түсіндіруге болады.

Электрохимиялық өріс, геологиялық қимада иондық ортада орналасқан табиғи электрондық өткізгіштердің маңайында тотығу – қалыптасу процесі кезінде пайда болады. Иондық өткізгіш ортада орналастырылған электрондық өткізгіш үстінде, яғни шекаралық фазаларда әр түрлі табиғи өткізгіштік пен қосалқы электрлік қабат пайда болады. Ол металдардың кристалдық торынан ерітіндіге ауысқан металл катиондары немесе катиондардың өткізгіш үстіне тұнып қалыптасуы, яғни бір фазадағы иондардың іріктеліп екінші фазаның үстімен адсорбциялануы. Бұл қабат потенциалдың секірмелі дамуымен сипатталады. Мөлшері мен таңбасы потенциалдандырушы факторларға байланысты, яғни өткізгіштердің қасиетіне,

құрамына, жағдайына және кіріктіруші ортаның осы қосалқы электр қабатының қалыптасуы процесіне қатынасуымен өзгереді. Қандай жағдайда да, электрондық өткізгіш, кіріктіруші ортаға қатынасты потенциалға ие болады. Оны электрондық потенциал деп айту қалыптасқан.



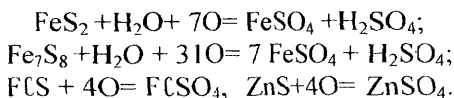
3.1-сурет. Тотығу – қалыптасу потенциалының пайда болу механизмі

Потенциалды анықтаушы негізгі факторларға жататын:

а) жерасты сулары кіріктіруші таужыныстары мен рудалық денені айналып жуып-шайып химиялық құрамын өзгертеді;

б) минералдық құрамы және рудалық дененің бітім-құрылым ерекшеліктері, сульфитті рудалар маңайында болатын, электр өрісінің қарқындылығы жоғары, жер бетіндегі потенциалдар айырмасы бірнеше милливольтқа (мВ) жетеді.

Жер бетіне жақын орналасқан руданың бөлігі оттегімен қаныққан су және ауаның әсерінен қарқынды түрде тотығады. Тотығу процесі кезінде электрон жойылып, темір сульфатының шала тотығы FeSO_4 оттегінің онан арғы әсерінен, темір сульфаты тотығына түрленеді. $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ сульфиттер сульфатқа және күкірт қышқылына айналып, руданың осы бөлігінде потенциалдар жоғары болады.



Тотығу реакциясы темір атомы валенттілігінің ұлғаюымен жалғасады. Осыған байланысты руданың жоғарғы жағында, тотығу процесі болған жерде жоғары потенциалға ие болады.

Ал руданың төменгі жағында керісінше қалыптасу процесі жүріп валенттілік электрон қосылады. Яғни мұндағы потенциал төмен болады.

Кіріктіруші (сыртқы) ортада потенциал басқалай таралады. Рудалық денемен жанасатын ерітінді сұйық өзінің оң зарядтарын беріп, теріс зарядтарды қабылдайды. Қалыптасу зонасында құбылыс керісінше. Нәтижесінде сыртқы ортада токтың бағыты рудалық денедегі ток бағытына қарама қарсы болады. Сонымен сульфиттік дене – руда катоды жоғары, аноды төмен орналасқан, гальваникалық элементке айналады. Дененің ішінде электрондар зарядтарды тасымалдаса, қоршаған ортада – иондар болады.

Электр өрісінің қарқыны, электр өткізгіш минералдардың құрамына, тотығу және қалпына келтіру аймағының, жерасты суының концентрациясына байланысты болады.

Сандық талдаудың, алғашқы жуықтату кезеңінде, рудалық денені ауытқу көзі диполь – деп қарастырсақ, ауытқу өрісі – поляризацияланған сфераға эквивалентті болып, профиль бойымен сфера центрінің үстінен тараған табиғи электр өрісінің (ЕП) потенциалы төмендегідей болар еді.

$$\Delta U_{\text{еп}} = P \frac{x \cos \alpha - h \sin \alpha}{(\chi^2 + h^2)^{3/2}}. \quad (3.1)$$

$$P = 2E_0 a^2 \frac{\rho_1}{\rho_1 + 2\rho_2}. \quad (3.2)$$

P – дипольдің моменті, x -рудалық дене центрінің профильдегі проекциясы, h - сфераның центріне дейінгі тереңдік, 90

E_0 – максимальді кернеулік руда мен кіріктіруші ортаның жапсарында, ρ_1 – ортаның меншікті кедергісі ρ_2 – дененің меншікті кедергісі, α – поляризацияланған осьтің горизонт арасындағы (еңіс) бұрышы, r – рудалық дене сфераның радиусы.

Осы факторлардың әртекті таужыныстары мен рудалардың меншікті кедергілерінің – физикалық геологиялық жағдайына тәуелділігімен бейнеленсе, жерасты суларының айналу жылдамдығы олардың таужыныстары мен рудалық минералдарға әсер етуі, осылардың ықпалынан судың құрамы өзгеріп, ең алдымен олардың қышқылдығы, күкіртті сутектілігі, темір иондарының мөлшері артады.

Егерде қосалқы электр қабатында секіrmелі потенциалдың таңба мөлшері поляризацияланған өткізгіш үстінің барлығында бірдей тұрақты болса, онда біртекті поляризацияланып тұйықталған беткей мен қоршаған ортада электр өрісін туындатпас еді. Сыртқы ортада табиғи электр өрісін туындатудың негізгі қажетті шарты қосалқы электр қабатының таңбасы мен мөлшерінің әр түрлі болуы. Олар геологиялық ортаның, көптеген ауданында поляризацияланған беткейлердің секіrmелі потенциал айырмасы мөлшерлерінде, әр түрлі болып қалыптасуын сипатталады. Бұл мүмкін жатында, минералдардың зоналық болу салдарынан немесе жерасты суларының химиялық құрамының өзгеруінен. Екіншісі геологиялық жағдайда тереңдеген сайын оттегі мөлшерінің азаюының әсеріне байланысты.

Табиғи жағдайда осы аталған факторлардың барлық жиынтығы әсерінен қосалқы электр қабатының секіrmелі потенциал айырмасы мөлшері де өседі. Сөйтіп руда жатыны мен кіріктіруші орта таужыныстарында гальваникалық элемент пайда болады. Оның катоды жатынның жоғарғы жағында орналасса, ал аноды төменде қалыптасады. Элементтердің ішкі тізбегі – рудалық дененің өзі болса, ал сыртқысы – кіріктіруші орта қабатының таужыныстары. Өйткені таужыныстары мен рудалық дененің өзі жақсы өткізгіштікке ие болады. Пайда болған гальваникалық элементтің электродтары арасында ток

ағады, оның ішкі тізбегінде тасымалдаушы бос электрондар болса, сыртқы тізбекте – иондар.

Белгілі гальваникалық элементтің сыртқы тізбегінде ток элементтің **Э.Қ.К** байланысты және тізбектің толық кедергісіне, яғни ішкі және сыртқы кедергілердің жиынтығына тең. Поляризацияланған рудалық жатынға да қолдануға болады. Себебі, неғұрлым секірмелі потенциал мөлшері әр түрлі аудандарда түрлі өзгешеліктерімен сипатталса, э.қ.к. әсерінен пайда болған токтан төңірегіндегі өріс қарқындылықтары да жоғары болады. Жатындардың, қарастырылып отырған табиғи элементтің ішкі кедергісі – руданың меншікті кедергісіне, электрохимиялық реакцияға, сол рудалық дененің жуынды ерітіндісімен, жапсар бойында электр тогы жүрсе, осы реакция өнімдері, анод пен катод ауданында жиналып табиғи элементтің ішкі кедергісінің көбеюіне әкеледі. Осыған сәйкес сыртқы ортада электр өрісі де азаятын болады. Бұл құбылыс гальваникалық элементтің поляризациялануы деп аталады (бұл құбылысты рудалық дененің поляризациялануымен шатастыруға болмайды). Нәтижесінде одан табиғи электр өрісі пайда болады. Осыған байланысты кез келген гальваникалық элементтің, оның ішінде табиғи элементтің де үздіксіз тұрақты жұмыс істеуі–оның деполяризациялануынан – электрохимиялық өнімдерді жоғалтып немесе алшақтатуы. Деполяризаторларға ең алдымен, оттегі жатады, ауадан жерасты суы арқылы енетін темірдің ионы осы су құрамындағы минералдармен электрохимиялық реакцияға түседі. Осы аталған факторлар уақыт өткен сайын өзгеріп осыған сәйкес электр өрісі де өзгереді болады. Бұл өзгерістер өте аздаған жылдамдықпен жүретін болады. Қайталап бақылау нәтижесінде табиғи электр өрісі кейбір колчеданды линзаларда мысалы, Орал мен Кавказда көп жылдардан кейінгі бақылаулар нәтижесінде олардың әлі күнге дейін өзгермегендігін көрсетті. Табиғи электр өрісінің белсенділігі әр түрлі кенорындарында сульфидті денелердің үстіндегі бақылаулар өте үлкен шексіздікте байқалады. Алғашқы ондықтан – бірнеше жүздеген милливольтқа дейін. Табиғи электр өрістері сол сияқты антрацит, графит, графиттелген таужыныстары үстінде де байқалады. Өйткені, олар

катал кристалдық торға ие болғандықтан, иондық ортаға катиондарын бермейді. Бұл жағдайда табиғи өрістің пайда болуы шекарада қосалқы электрлік қабаттың қалыптасуынан, жерасты суларындағы иондардың антрацитпен немесе графиттің адсорбциялануына байланысты деп саналады. Бақыланған теріс таңбалы электр өрістері жүздеген милливольтке дейін жиі кездеседі.

3.1.2. Диффузиялық өріс

Табиғи өріс диффузиялық процестер кезінде пайда болады. Таужыныстарының жапсарларында, кеуектерінде ерітінділер бір ғана тұздан тұрса немесе әр түрлі үйірімділігімен әр түрлі тұздардың ерітіндісінен тұрса, онда бірінші жағдайда иондардың электролитте жылдамдықтары әр түрлі болар еді. Ерітіндінің концентрациясы теңелу кезеңінде жылдамдары бір жаққа топталып, қалғаны екінші жаққа басқа таңбамен топталады. Диффузияның э. қ. к. мына формуламен анықталады:

$$E_d = (n^+ n^-) k_d \lg \frac{C_1}{C_2}. \quad (3.3)$$

$n^+ n^-$ — иондардың электролиттегі салыстырмалы жылдамдықтары, катиондар мен аниондардың тасымалдану саны — деп атап электролитте тасымалданатын санына сәйкес электр үлесін білдіреді.

$$n^+ = \frac{V_k}{V_k + V_a}; \quad n^- = \frac{V_a}{V_k + V_a}. \quad (3.4)$$

V_k , V_a — катиондар мен аниондардың қозғалу жылдамдықтары. Екінші жағдайда диффузия процесінде ширақ иондар бір жаққа, қалғандары екінші жаққа топталып ерітінділердің жапсарында әр түрлі таңбалы зарядтарға бөлінеді. Иондардың бөлінуі электр өрісінің пайда болуына әсер етеді. Потенциалдар айырмасы диффузия кезінде мына формуламен анықталады:

$$\Delta U = \frac{U - V}{U + V} \cdot \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_2}{C_1}, \quad (3.5)$$

U мен V – катион мен анион қозғалысы R – газ тұрақтылығы, T – абсолютті температура, F – Фарадей саны, C₁, C₂ – ерітінділердің үйірімділігі, n – иондар валенттілігі.

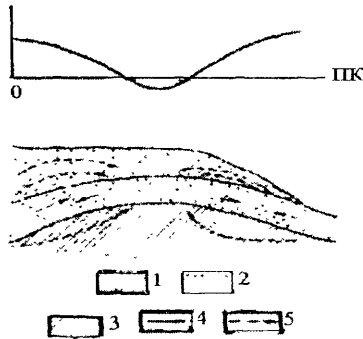
Егер иондардың жолында өте ұсақ кеуекті (мембрана) сазды материалдар кездесе, диффузиялық потенциалдың мөлшері мен таңбасы өзгеруі мүмкін. Аниондарды сазды бөлшектер күшті сіңіріп (адсорбцияланады), сол уақыт ішінде катиондардың қозғалысы өзгеріссіз қалады. Осының салдарынан үйірілімділігі аз ерітіндіде катиондар көбейіп, оларда **Э. Қ. К.** таңбалары керісінше өзгереді. Диффузияның электр қозғағыш күші, сазды қалқанның екі жағында пайда болатын –*мембрандық потенциал* деген атқа ие. Диффузия процесінен пайда болған электр өрісі мен уақытқа байланысты өзгеріске ұшырайтын электр өрісі, далалық электрлік зерттеулерде көп қолданылмайды. Негізінде, ұңғыма зерттеулерінде **ҰГЗ – СП, ВП** әдістерінде қолданады. $\Delta U = f(x)$ тәуелсіздігі салынады. Горизонталь масштабы түсірілім картасына сәйкес (тең), ал тік масштабын графиктерді сапалы талдауға ыңғайлы етіп алады. Графиктердің астынан жер беті бедерін, геоэлектрлік қимасын, интерпретация нәтижелері түсіріліп, графиктер картасы жасалады.

3.1.3. Сүзілу (фльтрация) өрісі

Жерасты суының кеуекті және жарықшақты ортамен жылжу процесінде пайда болатын табиғи электр өрісі. Тәжірибе жүзінде бұл өріс көптеген жағдайларда да кездеседі.

Сулы қойнауқаттағы (пласта) филтрация тоғы. Ал, **Э.Қ.К** әлсіздеу болғандықтан электр өрісі де әлсіз болады. Кейбір жекелеген жағдайларда мысалы, шөгінді астындағы су көздерінің жоғарғы қысымды сулары немесе белсенді дренажды су асты бедерінің шұғыл өзгерістерге ұшыраған жерлерінде. Ал, егер жеке капиллярды алсақ, бұл капиллярдың кірісі мен шығысында

гидродинамикалық қысым айырмасынан капиллярдың кірісі мен шығысында электролит ағыны жылжиды деп қарастыратын болсақ. Капиллярдың өз денесіне, қабырғасына, сұйықты сіңіріп алу қабілетімен, (адсорбциялануы) капиллярдың қатты қабырғасы мен сұйықтың арасында қос қабатты электр зарядтарының пайда болуына әсер етеді.



3.2-сурет. Сулы (пласта) қойнауқатта судың сүзілу процесінде токтың пайда болып бөліну тарауы көрсетілген:

1—сазды топырақ; 2—құмдар; 3—саздар; 4—сүзілген судың бағыты;
5—ток сызықтары

Сыртқы қозғалмайтын қабырғаның астарын теріс таңбалы иондар қоршап, жылжымалы сұйықта оң таңбамен зарядталған иондар орналасады. Яғни капиллярдың астары жылжымайтын, электростатикалық жаратылыс күші әсері мен теріс таңбалы және оң таңбалы сұйық диффузиялық жылжу әрекеті де болады. Нәтижесінде капиллярдан оң таңбалы иондар көбірек шығарылып, шоғырланса. Капиллярдың кірісінде біршама молырақ, теріс таңбалы иондар заряды орналасады. Сонымен капиллярдың кірісі мен шығысында потенциал айырмасы пайда болады.

Егер э. қ. к. есептеу мақсатын да, алғашқы жуықтау сәтінде капиллярды қос электр қабатты цилиндр конденсатор түрінде

деп қарастырсақ. Оның ішкі радиусын r , ал, жылжымалы электролит сұйығының бөлімін r_0 деп астарлары арасын $r - r_0 = \Delta r$, олардың арасындағы потенциалдар айырмасы ζ . Сонда жылжымалы кабаттың, беткейлік тығыздық заряды.

$$\sigma = \zeta \frac{\varepsilon}{4\pi\Delta r}. \quad (3.6)$$

Уақыт бірлігіндегі ағынның жылжу жылдамдығы V_0 болып $2\pi r_0 v_0 \sigma$ заряды шығарылса, яғни сұйық ағыны бойындағы ток күші.

$$I_+ = 2\pi r_0 v_0 \sigma = \zeta \frac{\varepsilon r_0}{2\Delta r} V_0. \quad (3.7)$$

Ығысқан зарядтар олардың ары қарай топтасуына жол бермейді, уақыт өте келе оларда тепе-теңдік қалыптасады. Артылған зарядтар қалыптасқан э. қ. күштің E_v әсерінен туындаған ток күшінің кері бағытта жылжуының салдарынан нөлге тең болады (компенсацияланады).

$$I_- = \pi r_0^2 \frac{E_v}{\rho} = \pi r_0^2. \quad (3.8)$$

(7, 8) формулалардың оң жақтарын теңестіріп аламыз.

$$E_v = \frac{\zeta \varepsilon \rho}{2\pi r_0 \Delta r} V_0. \quad (3.9)$$

Радиусы r — капиллярда сұйықтың жылжу жылдамдығы, осы оське радиус r қашықтықта болса Пуазейльдің формуласын қолданып жазуға болады.

$$V_0 = \frac{\Delta P}{4\eta} (r^2 - r_0^2) \approx \frac{\Delta P}{4\eta} 2r_0 \Delta r. \quad (3.10)$$

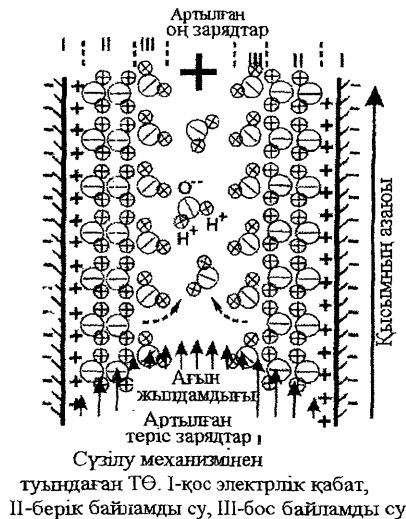
ΔP – қысым айырмасы капиллярдың кірісі мен шығысында. Бұл формуланы (3,9) - ға қойып аламыз.

$$\Delta P - E_v = \frac{\xi \epsilon \rho}{4\pi \eta} \Delta P.$$

Гидростатикалық қысымның айырмасына пропорционал және сұйықтың электр тұрақтылық шамасына, оның мөлшері мына формуламен есептелінеді:

$$\Delta U = \xi \epsilon P / 4\pi = \frac{\xi \epsilon \rho}{4\pi} P. \quad (3.11)$$

ξ - потенциалдар айырмасы, ϵ – диэлектрик, ρ - меншікті электр кедергі, P - қысым айырмасы, капиллярдың кірісі мен шығысында, η – сұйықтың диэлектрлік тұтқырлығы.



3.3-сурет. Капиллярдың қос электрлік қабаты:

1. Судың, қысымның, электр тогының ағу бағыты

Капиллярдың кірісі мен шығысында потенциалдар айырмасы электр тогын туындатып, судың ағынына қарама –

қарсы бағытта болады да, капиллярдың сондарында электр зарядтарының жиналуына кедергі жасайды. Таужыныстарының кеуектілігі өте күрделі капиллярлық система деп қарастырылып, олардың әрқайсысында жоғарыда жазылғандай процестер болады.

Кеуекті қойнауқаттан ерітінді сүзіліп жылжығанда, электрлік потенциалдар айырмасы әрқайсысында жеке-жеке пайда болатын болса, барлығы қысылып, жалпы электр өрісіне айналады, яғни сұйық кеуекті қойнауқат бойымен жыл – жығанда пайда болатын электростатикалық потенциалдар айырмасының қосындысы толық электр өрісін құрап, жер қыртысы суымен оны қоршаған ортаны қамтитын болады. Сонымен, таужыныстары үлкен бе, кіші ме, аз ба, көп пе, өткізгіштерге ие болады. Электр өрісінің әсер етуімен жерасты суының циркуляция жасайтын аумағында электр тогы туындайды. 3.1.2-суретте э. қ. к. сүзгілеуші сулы пласта токтың пайда болып бөліну тарауы көрсетілген.

3.1.4. Уақытқа тәуелді өзгеретін өріс

Кейбір зерттеушілермен (А.С. Семенов т.б.) уақыт бойына өзгеріске ұшырайтын вариация өрістерінің бөлінгенін, бар екендігін дәлелдеген. Бұл вариация тәулік өзгерістері кезінде гаңертеңгі сағаттарда максимуммен, ал күннің екінші жартысында минимуммен сипатталады. Бұл өрістің мөлшері 200–300 мВ сонымен қатар, таңбалары өзгеруі де мүмкін. Өрістің топырақ температурасының өзгеруіне байланысты екендігі анықталған. Температура өскенде потенциал азаяды; потенциалдың температуралық градиенті 1°C-да ондаған мВ - қа жетеді. Уақытқа тәуелді өзгеретін өрістер өсімдігі жоқ топырақ қалыңдығы 10–20 см болатын ашық алаңдарда байқалады. Аномальды жоғары көрсеткіштері таужыныстарының гидротермальдық өзгерістерге ұшыраған жерлерімен кварцталған алаңдар белдеуіне байқалатындығы анықталған. Керісінше борпылдақ, сазды құмтастарда, күшті суланған таужыныстарында жоғарыда айтылған өрістер байқалмайды.

Уақытқа тәуелді өзгертін өрістердің табиғаты әлі толығынан анықталмаған. Олардың туындау себебі (ықтималдылығы) топырақ құрамындағы капиллярдың ылғалдылығы мен пленкалық судың атмосфералық факторларының (негізгі температуралық әсерінен деңгейлерінің өзгеріске ұшырауының нәтижесіне байланысты. Бұл өрістің табиғаты әлі де жеткілікті деңгейде анықталмаған.

3.1.5. Дала жұмысының әдістемесі мен техникасы

Табиғи өріст (ЕП) түсіру үшін белгілі бір бағытта өзара тұрақты интервалда параллель орналасқан профильдер жүйесі геологиялық жоба торабының масштабына сәйкес жасалады. Кейбір жағдайларда жекелеген профильдермен жүргізіледі. Табиғи электр өріс (ЕП) түсірілімі жүйелі түрде бақылау нүктелерінің арасындағы потенциалдар айырмасын тіркеумен жалғасады. Бастапқы нүктеде потенциал мөлшерін шартты түрде қабылдап, өлшенген мәні А-мен түсірілім бөліміндегі барлық нүктелердің потенциалдары есептеледі.

Түсіруге арналған алаңды дайындау. Табиғи электр өрісіне арналған жұмыс бөлімін осы ауданның геологиялық мәліметтеріне негіздей отырып таңдайды. Таңдап алынған ауданның жұмыс бөлімінің ортасына жорамал объектінің созылым бағытына магистраль салынып, оның екі жағында масштабқа сәйкес перпендикуляр профильдер жүргізіледі, оларға арнаулы өлшеу ленталарымен аралықтары тең бақылау нүктелері белгіленіп, профильмен нүктелердің нөмірлері жазылған таяқшалармен бекітіледі. Профильдер рим цифрларымен жазылып, нүктелер – арабша нөмірленеді. Магистральда нөлдік нүктелерді орналастырып, оның бір жағын оң таңбамен, ал екінші жағы теріс таңбамен белгіленеді. Магистральдағы нүктелермен профильдердің соңғы нүктелері биік ағаштармен бекітіліп, осы ауданданның триангуляциялық тораптарына бекітіледі. Бақылау торабы басқа әдістердегі сияқты түсірілім мақсатына, масштабына, объектінің мөлшеріне және оларды туындататын ауытқу деңгейіне осы табиғи өрістің қарқындылығына

байланысты болады. Профильдер осы объектінің ықтималды созылымына перпендикуляр, ал жерасты суының ағынын зерттеу кезінде осы ағынның ықтимал бағытын бойлай перпендикуляр салынады.

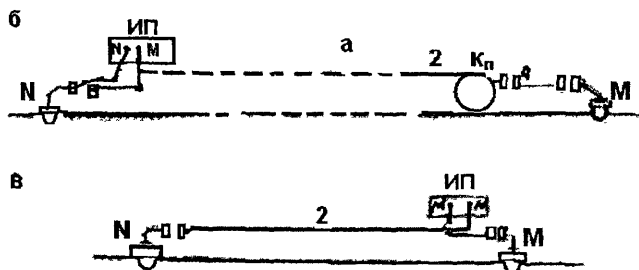
Дала жұмысының технологиясы. Табиғи электр өрісін бақылау екі тәсілмен жүргізіледі: градиент түсірілімі және потенциал түсірілімімен. Өнімділігімен көп қолданыста болатыны потенциал тәсілі. Градиент түсірілімі маршруттық жұмыстар мен нақты түсірілім кезінде, адасқан токтардың әсерінен пайда болатын бөгеуілдер болса, градиент тәсілімен түсіру жұмысын істеуге болмайды.

Күнделікті жұмыс басталар алдында қолда бар поляризацияланбайтын электродтардан аз поляризацияланатын екі электрод тандап алынады. Ол үшін электродтар екі-екіден қосақтап ылғалды жерге орналастырып, бірнеше рет олардың орындарын ауыстыра отырып, поляризациялануын өлшейді немесе барлық электродтарды тотияйын құйылған ыдысқа орналастырып, поляризациясын өлшеуге болады. Өлшенген электродтардан поляризациясы 1-2 мВ-тан аспайтын екі электрод таңдалып алынады. Поляризация барлық жағдайда абсолюттік мөлшерімен таңбасыз анықталады.

Далада өлшеу процесі кезінде электродтарды жерге тұйықтау үшін пикет ағаштың қасынан кішкентай (сопердің) күрегімен 5–8 см шұңқыр қазылады.

Электрод осы шұңқырға орнатылып, шеттері топырақпен жабылады да, ол тек қана өзінің кеуекті ыдысымен ғана жалғасып, электрод өзегімен өсімдіктер жанаспайтын болуы керек. Жұмыс кезінде электродтардың температурасы бір қалыпты болып, оларға күн сәулесінің тура түсуінен сақтану қажет. Бақылау аралық демалыстарда электродтарды ортақ шұңқырға орналастырып, бір – бірін сыммен жалғастырады.

Түсірілім құрғақ топырақты аудандарда жүргізілсе, онда тұйықталудың үлкен кедергісі және тіркеуші аспап сезгіштігінің төмендігінен тіркеу тізбегіндегі өлшемдер нақты болмайды.



3.4-сурет. Табиғи өрісті (ЕП) бақылауға арналған қондырғы монтажінің сұлбасы:

а–потенциал тәсілі қозғалмайтын катушкамен K_n ,

б– потенциал тәсілі, қозғалатын катушкамен K_n .

Бұл жағдайда ағаш қазық маңайындағы электродтардың орнына алдын ала су немесе тотияйынның әлсіз ерітіндісі құйылады. Суды жұмыс басталардан бір сағат бұрын құю керек, яғни сүзілу кезінде туындайтын э. қ. күш әсерінен тіркеу нәтижелерін бұрмалатпау мақсатында. Жұмыс аяқталған соң, электродтарды тазалап жуып, оларға жабысқан саздардан тазартып тотияйын құйып, тотияйын құйылған ыдысқа орналастырып, бір-бірімен симмен жалғастырады. Егер демалыс ұзаққа созылса, (4-5) күнге олардың ыдыстарын жарылып кетуінен сақтау үшін (ыдыстарды) таза сумен жуып, суымен бір тәулікке қалдырады. Одан соң оларды құрғатып алып қояды.

Табиғи өрісті бақылау екі тәсілмен жүргізіледі: градиент тәсілі және потенциал тәсілдерімен.

3.1.6. Потенциал тәсілімен түсіру

Бұл тәсілімен жұмыс істегенде өлшеу жұмыстарын, автокомпенсатордың М клеммасына жалғанған, бір электродты ғана жылжыту арқылы жүргізіледі. Екінші электродты N клеммасына жалғап оны осы бір нүктеде қозғалмайтындай етіп қалдырады.

Қозғалмайтын N – нүкте (нөл – пункт) қалыпты өрісте таңдап алынады. Егер олардың саны көп болса, онда оларды бірнеше реттен өлшеп, бір – бірімен үйлестіріп әр нүктенің потенциалын есептейді. Бір нөл – пунктке қатынасты материалдарды өндеген кезде қозғалмайтын нүктенің потенциалы нөлге тең деп алынып, әрбір келесі нүктенің потенциалы өлшенеді:

$$U_i = \Delta U - U_0 + \frac{\Delta U}{n} i. \quad (3.12)$$

U_i – i нүктесінде өлшенген потенциалдар айырмасы,

U_0 – көрсеткіштері электродтардың потенциалдар айырмасының орта мөлшері.

Дала жұмысын бастамас бұрын бірнеше электродтарды қосақтап өзара тұйықтап қояды. Бірнеше сағаттан кейін электродтардың потенциалы теңескен кезде солардың ішінен потенциалы аз (1-2) мВ-қа тең екі электродты таңдап алады да, жұмысқа қолданады. Потенциал тұрақтылығы U_0 ; электролит тазалығы, электрод ыдысының саңылаусыздығы (герметичность), мыс электродының толығымен электролитте орналасуында, қоршаған орта температурасының атмосфералық қысымының тұрақтылығы.

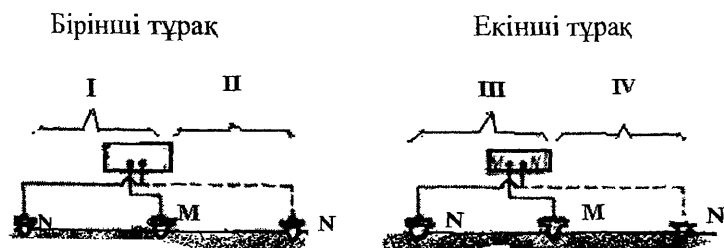
$\Delta U_i'$ – үйлесімсіздік-жұмыстың басында, аяғында бақыланған барлық нүктелердің потенциалдар айырмасы, n –барлық бақыланған нүктелердің саны. М электродын бір нүктеден екінші нүктеге профиль бойымен жылжыта отырып, пикет аралығында потенциал айырмасы белгілі бір бағытта өлшенеді. Бастапқы нүктеде белгілі бір шартпен потенциал мәнінің мөлшерін алып, өлшенген мәндермен қалған барлық нүктелердің потенциалдары есептелінеді. Бұдан профиль бойымен потенциал өзгерісін көреміз және ауданның барлық нүктелерінің потенциалы есептелінеді. Бақылау торабы геологиялық мақсатқа, масштабна және объектінің көлеміне, табиғи өрістің ауытқуына, қарқындылығына байланысты болады.

3.1.7. Градиент тәсілімен түсіру

Градиент тәсілімен түсіру, күшті бөгеуіл (помеха) болған кезде (адасқан токтар немесе уақытқа тәуелді өрістер өзгерісі кезінде) жүргізіледі.

Дала жұмысына дайындық, потенциал тәсілімен жұмыс істегенде өлшеу жұмыстарына дайындыққа ұқсас.

Табиғи электр өрісін градиент тәсілімен түсіру кезінде профильдердің нұсжаларында потенциалдардың мәні белгілі нүктелер өзара байланыстырылып тұйықталады. Профильдер нұсқасының (ПР-дер торы) периметрін, ұзындығын өлшеу жұмыстарын бір күн ішінде бітуі керек. Потенциалдар айырмасы екі көршілес нүктелер арасында өлшенеді. Потенциалдардың таңбаларын мұқият қадағалаған жөн. Өлшеуге арналған аспапты электродтардың бірінің қасына орнатып, жақын электродты прибордың М клеммасына қысқа сыммен қосады (ұзындығы 1,5-2 м). Сонда потенциалдар прибордың таңбасымен анықталады. Екінші электродты N - клеммасымен жалғастырып, ұзындығы бақылау нүктелерінің ара қашықтығымен анықталады. Жұмыс процесі кезінде профиль бойымен қондырғы толығымен жылжытылады. 3.5-суретте қондырғыны (монтаждап) құрастырып профиль бойымен жұмыс жүргізу реті көрсетілген.



3.5-сурет. Табиғи өрісті градиент тәсілімен бақылауға арналған қондырғының құрастырылған схемасы

Бақылау тұйықталған профильдер жүйесімен орындалады. Нәтижесінде үйлеспеушілік (невязка) есептеледі. Түсіру сезімталдығы пайыздық қате жіберушілік (погрешность) есептеледі.

$$P = \frac{|m|}{\sum |\Delta m|} < 5\% . \quad (3.13)$$

Табиғи өрісті түсіру дәлдігі қайталап бақылау арқылы есептеледі. Қате жіберушілік (погрешность) 5 мВ – қалыпты өрісте, 15 мВ – потенциалдың қарқынды ауытқуларында.

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta U_{\text{ЕП}}^{\text{негз}} - \Delta U_{\text{ЕП}}^{\text{бакКк}})^2}{N}} . \quad (3.14)$$

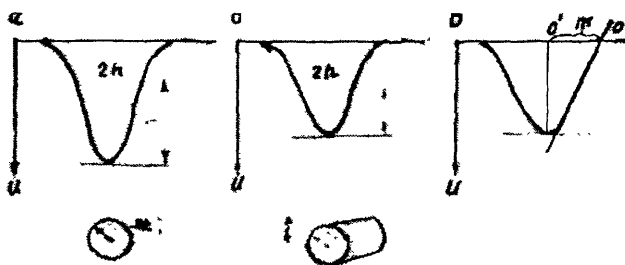
Өлшеу жүйесі қабылдаушы М электродына жақын орналасқан аспаппен бірге профильдің алғашқы 1/+1 нүктесіне орналастырып жалғасады, екінші электрод ұзын сымның көмегімен прибордың (– N) клеммасымен 1/ 0 нүктесінде қосылып, екі электродта жермен тұйықталған соң, потенциалдар айырмасын өлшейді. Сонымен, қондырғыны жылжыту бағытындағы алдыңғы электрод прибордың М клеммасына жалғанғандықтан, өлшенген шаманың таңбасы прибордың таңба көрсеткішіне сәйкес болады. Одан соң жұмысшылар оператор нұсқауымен қондырғыны келесі кесінді 1/0 нүктесін 1/+2 нүктесіне апарып т.с. жалғаса береді. Бірінші тәсіл аздап болса да ыңғайлы. Сондықтан, электродтардың поляризациялануы барлық өлшемдерге бір таңбамен кіреді, сонымен, қателігі бір таңбалы системалық қате жіберу түрінде сипатталады. Екінші тәсілде электродтардың поляризациялануын өлшеген кезде алдымен бір таңбамен, одан соң екінші таңбамен еніп, олардың нұсқасындағы өлшемдердің қосындысы потенциалды есептеу нәтижесінде оның бұрмалануы білінбейді. Осыған байланысты бірінші жағдайда үнемі системалық қателікті анықтап, өңдеу кезінде есепке алынады. Екінші жағдайда нөлінші нүктенің тұрақтылығы бақыланса да жеткілікті.

3.1.8. Нәтижелерін өңдеу және талдап бейнелеу

Табиғи өріс (ЕП) әдісінде графиктер мен картадан ауытқулар бөлініп, жалғыз аномалиялар өңделіп тұрған орны, поляризацияланған объектінің жерасты тереңдігі анықталады.

Поляризацияланған дененің (объектінің) тереңдігін бағалау үшін графиктен анықталған m – параметрін қолдануға болады (m). Ол үшін минимум нүктесі мен қабырғасының майысу нүктесіне жанама жүргізіледі (3.6 а-суретін қараңыз). Жанама-лардың қиылысқан (0) – ші нүктелерінің проекциясын қалыпты өріс бойындағы сызыққа түсіреміз. Осы сызықтың бойынан (m параметрінің мөлшері график масштабына сәйкес анықталады. M –параметрінің мөлшері изомерлік, жатындар центріне дейінгі тереңдікке төменгі жорамал қатынастар мен байланыстыруға болады: $h/\gamma = 0,86 m$.

Тік цилиндрдікі; $h/\gamma = 0,6 m$ – горизонталь цилиндрдікі; $h/\gamma = 0,46 m - 0,58 m$ – тік цилиндрдікі; $h/\gamma = 0,55 m$. – Тік пластың өзегі; m –параметрін, потенциал графигінің екі бұтағынан да анықтап, одан кейін орташа арифметикалық мөлшерін алуға болады.



3.6-сурет. Табиғи өріс (ЕП) ауытқуларын талдау.

Тереңдіктерін анықтау:

а- поляризацияланған сфера 1-потенциалының графигінен; 2-тік поляризацияланған горизонтальды цилиндр потенциалының графигінен; 3- m параметрін анықтау

Еңіс бұрышпен поляризацияланған сфера

Еңіс бұрышпен поляризацияланған сфера немесе рудалық дененің атасу элементтерін анықтау үшін белгілі масштабта түзу бойымен миллиметровкаға электр өрісі $U_{EP} = f(x)$ графигін салып, электр өрісінің ауытқуы, профиль бойымен таралатындығы сипатталады. Тік масштабы амплитуда ауытқуының 8-12 см шамасына тең болғаны жөн.

б) Есептің кері шешімі:

1. Есептеу үшін берілген мәндерді пайдаланып, интерпретациялық профильдің графигі тұрғызылады. 2. Графиктен U_{min} және $U_{p\max}$ мәндерін алып, α - бұрышының мәні сфераның поляризациялану жазықтығы мен көлденең жер беті арасындағы бұрыш 1-кестеден алынады. 3. Рудалық дене ортасының горизонталь координатасын интерпретациялық профиль графигінен табуға болады.

3.1-формуласында x -рудалық дене центрінің профильдегі проекциясынан қабылдау нүктесіне дейінгі қашықтықты осы формулаға қойып, $\Delta U_{EP} = 0$ табамыз $x = x_0 = r \operatorname{tg} \alpha$. Ось ox – интерпретациялық графикте, экстремумдардың абсолюттік мәнінің үлкені жағына x_0 - кесіндісін салып, рудалық дененің (көлбеу) горизонталь координатасын табамыз. (координата басы $x = 0$ болғанда) 4. Рудалық дене (ортасының) центрінің үстіндегі өрісті ΔU_{EP}^0 -мәнін 3.1-формуласына қойып, дипольдің моментін (3.2–қараңыз) анықтауға болады. $\Delta U_{EP}^0 = H^2 / \sin \alpha$.

5. E_0 , ρ_1 және ρ_2 берілген болса, дененің радиусы r -ді табуға болады. Кіріктіруші ортаның кедергісі рудалық дененің кедергісінен үлкен болса $\rho_1 \geq \rho_2$ Егер $\rho_2 \leq 1$ дененің радиусы $r = (P/2E_0)^{1/2}$, өйткені $\rho_1 / (\rho_1 + 2\rho_2) \approx 1$.

E_0 – жапсардың кернеулігі, кіріктіруші орта мен рудалық дененің шекарасында кең көлемде өзгертін, бірден мың мВ-қа дейін E_0 -сіз эквиваленттік параметрді ($E_0 r^2$) ғана өлшеуге болады. Егер денені еңіс бұрышпен поляризацияланған сфера деп қарастырсақ, ΔU_{EP} функциясының экстремаль нүктелерінің

мәндерін табу үшін теңдеуді x -ке байланысты шешеміз.
 $\partial U_{\text{ЕП}} / \partial x = 0$ деп алсақ, теңдеу төменгідей түрге келеді.

$$2x^2 \cos \alpha - 3hx \sin \alpha - h^2 \cos \alpha = 0$$

Бұл теңдеуден есептеп табатынымыз:

$$X_1 = \frac{3}{4} h \left[\operatorname{tg} \alpha - \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{8}{9}} \right]; \quad (3.15)$$

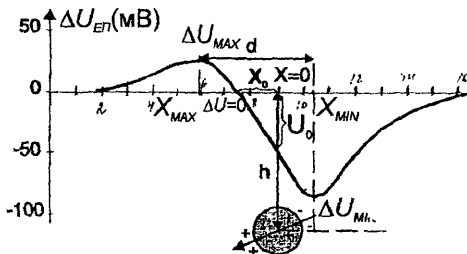
$$X_2 = \frac{3}{4} h \left[\operatorname{tg} \alpha + \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{8}{9}} \right].$$

Осы теңдеуден экстремальды нүктелердің ара қашықтығы d -табылады.

$$d = X_2 - X_1 = \frac{3}{2} h \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{8}{9}} = h K_d. \quad (3.16)$$

3.1.6-формуламен $U_{\text{ЕП}}$ функциясының, $U_{\min}$ мен $U_{\max}$, мәндерін есептеп, олардың абсолюттік мәндерінің $U_{\min} / U_{\max}$ қатынастары, α – бұрышының айнымалы функциясы екенін көреміз.

α – айнымалы бұрышын (0° -тан 80° -қа дейінгі бұрыштың арасын 10° -тан өзгертіп, $U_{\min} / U_{\max}$, қатынастарының мәндері есептеліп, $\sin \alpha$, $\operatorname{tg} \alpha$ және K_d – мәндерімен қоса төменгі кестеге енгізілген).



3.7-сурет. Еңіс бұрышпен поляризацияланған сфера

$\Delta U_{\min} / \Delta U$	1.00	1.76	3.15	5.51	10.0	19.4	38.8	101	306
α	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$\sin \alpha$	0.0	0.17	0.34	0.50	0.64	0.77	0.87	0.95	0.98
$\operatorname{tg} \alpha$	0.0	0.18	0.36	0.58	0.84	1.19	1.73	2.75	5.67
k_d	1.41	1.44	1.52	1.66	1.89	2.28	2.96	4.36	8.62

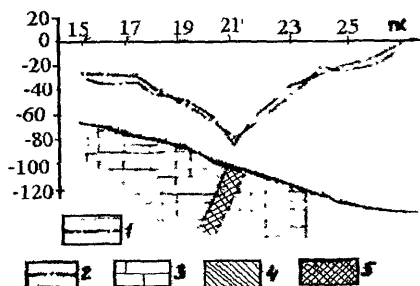
Осы кестені еңіс бұрышпен поляризацияланған сфера немесе рудалық дененің атасу элементтерін анықтау үшін пайдалануға болады.

Жоғарыда қарастырылған түсіру нәтижелері сандық талдау кезінде табиғи өріс жатынының формасын біртекті кіріктіруші ортадағы қарапайым дене түріне ықшамдауға мүмкіндік береді. Осыған байланысты таужыныстарының жапсарларында пайда болатын э.к. күштің рудалық жатын дене мен кіріктіруші ортада белгілі бір заңдылықпен таралуына негізделген. Табиғи жағдайда өте күрделі физикалық-геологиялық құрылымдармен жұмыс істеуге тура келеді.

Сондықтан, далалық бақылаулардың нәтижелеріне сапалы талдауға негізгі мүмкіндіктер аномалия туындататын объектілердің орны мен тереңдігін, көлемін бағалап объект жайында бағалы мағлұмат (мәліметтер) алу. Күрделі геологиялық құрылым, бақыланатын табиғи өрісті жиі күрделендіріп туындатады. Сондықтан, бұл жағдайда зерттеушіні қызықтыратын негізгі геологиялық объектіні немесе процесті, басқада жасанды себептерден пайда болатын өрістерден бөліп алу оңай емес. Бұл алдымен, рудалық жатындар туындататын аномалияларды бөліп алуға негізделген.

Бұл алдымен, рудалық жатындар туындататын аномалияларды бөліп алуға негізделген.

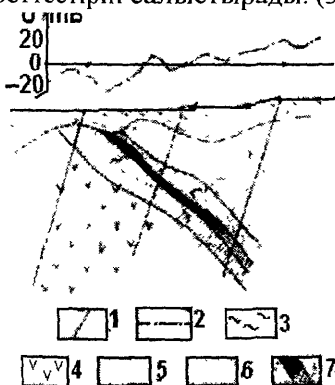
Рудалық денеден туындаған табиғи өріске әдетте, сүзілу процесі кезіндегі өріспен көміртекті, графиттелген таужыныстардың және өндіріске жатқызылмайтын сульфидті минералдардың теңбілдері, әсіресе пириттерді жатқызуға болады.



3.8-сурет. Полиметаллды өзектің үстіндегі табиғи өрістің графигі.

Графиктер: 1—негізгі бақылаудың; 2— қайталап бақылаудың;
3— әктастар; 4— тақтатастар; 5— рудалық жатын

Дала жұмыстарында бақыланған мәліметтер нәтижелерінен табиғи өрісті, дұрыс талдап алу үшін барлық геологиялық мәліметтермен қоса басқа да геофизикалық әдістермен алынған нәтижелер пайдаланады. Сүзілу өрісінің нәтижелерінен бейнелеу үшін графиктер картасын осы түсірілім аймағындағы топографиялық карта негізінде тұрғызады. Сүзілу өрісі әдетте, жер бедерінің жалпы төмендеуіне немесе еңістеу жағына қарай өседі. Табиғи өрістің уақытқа тәуелді өзгеруін есепке алу үшін қайталап түсіру жұмыстары жүргізіледі және негізгі өрістің түсіру мен қайталап бақылау түсірілімінің нәтижелерін беттестіріп салыстырады. (3.8-суретті қараңыз).



3.9-сурет. Мыстыколчеданды кенорнының үстіндегі табиғи өріс потенциалының графиктер картасы

3.1.9. Табиғи өріс (ЕП) әдісін геологиялық мақсаттарда қолдану

Табиғи өріс (ЕП) қолдануды бағалау үшін, алдымен бұл әдістің дала жұмыстарында қолданылатын әдістемесінің қарапайымдылығын және оның үлкен өнімділігін (бір сменада 200–300 физикалық нүкте) осындай себептер мен әдісті пайдалану экономикалық тұрғыдан және барлық жағдайда лайықты, егерде осыған физикалық - геологиялық жағдайлары сәйкес болса.

Табиғи электр өрісінің (ЕП) туындауына бірден-бір қолайлы сай болатын дене – өте жақсы өткізгіш сульфидтік рудалар, графиттер мен антрациттердің гидрогеологиялық жағдайда құрылып, қалыптасып, атасу объектісін айтуға болады. Әдіс, поляризацияланған денемен (мысалы графиттелген, пириттелген жыныстарға) ұштасқан поляризацияланбайтын объектіні табуға және оларды жеке өз алдына іздестіруге қызығушылық болмайтын объектілерді ашуға (болады) көмектеседі. Әдістің нәтижелерін арттыруға руданың жоғарғы өткізгіштігі әсер етеді. Қолайсыз факторларына жерасты суларының арнасын және руданың тотығу (белдеуін) зонасын – яғни темір тақиясын айтады.

Әдісті геологиялық мақсаттарда қолданудың үш түрін атауға болады:

А) геологиялық түсіру, инженерлік–геологиялық карталау кезінде шөгінді 10–15 м болса;

Б) пайдалы кенорындарын сульфидті полиметалды, темір рудаларын іздестіріп т. б. көмір, графит кендерін барлауға ;

В) гидрогеологиялық зерттеу, жерасты суларының азаю себептерін анықтау үшін (көл, өзен, су қоймаларының кемуі).

Г) металл құбырларының коррозиясы (металдардың тотығуы, коррозия тотығының пайда болуы).

Геологиялық карталау кезінде әдіс графиттелген көміртекті таужыныстарымен шунгитті таужыныстарын айқындау және пириттелген, пироттинделген зоналарды тағы да магнетиттелген таужыныстары анықталады.

Осындай аймақтарды, зоналарды карталау тек қана сәйкестеніп түзілуін, олардың ауданда таралып орналасуын ғана тауып қоймай, пириттелуі, графиттелуінің генетикалық байланыстарымен қоса, олардың полиметалдық, сульфидтік кенорындарының болашағында сипаттау. Пириттелуді гидротермалдық процестің нәтижесі деп санасақ, олармен алтын, молибден, вольфрам тағы да басқа сирек кездесетін түсті металдар. Әдіс мысколчеданды рудалар никельдің сульфидтік кенорындарында сеңінен қолданылады. (3.8–3.10 сурет). Тағы да касситерит кенорындарында, егер рудалық дене ілеспелі минералдардан пирит, пироттин және басқа жақсы өткізгіш сульфидтерден құралса кейбір сирек металдар кенорындарында да қолданыс табады.

Табиғи өріс (ЕП) қолдануға күрделірек объект болып полиметалдық кенорындары саналады (3.8- сурет). Мұны былай түсіндіруге болады, галенит, сфалерит рудаларында меншікті электр кедергісі айтарлықтай көп болғандықтан, ол электр өрісін азайтады.

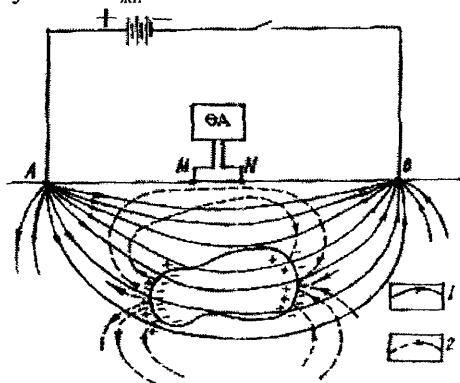
3.10. Жасанды поляризация ЖП (ВП) әдісі

Егер жерге тұйықталған АВ тізбегінен (бір) аз уақыт мезгілінде тұрақты ток жіберіп, одан соң сөндірсе, поляризациялаушы ток өшкен соң біраз уақыт өткеннен кейін поляризацияланған денеден пайда болған туынды электр потенциалы, уақытқа тәуелді экспоненциалдық заңға жуықтау төмендейтін потенциалдар айырмасын $\Delta U_{\text{вп}}(0) = e^{-kt}$ бақылауға болады. Дала жұмысында бұл құбылыс бірнеше секунд ішінде азайып, өлшеу қиындай түсіп, ал зертханалық жағдайда ол процесс бірнеше сағатқа созылады. Бұл сияқты потенциалдар айырмасын – ж а с а н д ы п о л я р и з а ц и я өрісі – деп атайды.

Егер табиғи электр өрісінде ЕП электр өрісі өздігінен пайда болса, жасанды поляризация ЖП әдісінде – мәжбүрлі түрде жасалады.

Жасанды поляризацияның қарқындылығы оның поляризациялану параметріне, қоршаған ортаның жекеменшікті кедергісіне, геологиялық дененің тереңдігіне, формасына, сол кеннің көлеміне байланысты болады.

Геологиялық денені тұрақты не импульсті өрістермен поляризациялау үшін А және В электродтары арқылы жерге тұрақты немесе төменгі жиіліктегі ток жіберіледі. Қабылдаушы М және N электродтары арасында пайда болған туынды электр өрісінің кернеулігі $\Delta U_{\text{жп}}$.



3.10-сурет. Жасанды поляризацияның туындауын бақылауға арналған және оны бақылаудың тәсілі:

1 – ток сызықтары; 2 – туынды өріс

Қоректендіруші тізбекте АВ электродтары жермен тұйықталып, ток қатты өткізгіштерден, сулар мен сұйықтардан, электролиттерден өткенде, олардың жапсарларында қос электрлік қабат пайда болады.

Егер зерттелетін қимада электрондық өткізгіш объект – рудалық жатын болса, ол поляризацияланады. Токты өшіргеннен кейін қос қабаттың, яғни поляризацияланған рудалық объектіден пайда болған – т у ы н д ы ө р і с т і н разрядталуы басталады.

Егер қабылдаушы тізбекте, АВ тізбегіндегі токтың туындаған потенциалдар айырмасын $\Delta U_{\text{тол}}$ – деп таңбалап, ал

одан кейін ток өшірілген соң $\Delta U_{\text{жп}}$ - ны өлшесе, онда таужыныстарының поляризациялануын есептеуге болады.

$$\eta = \frac{\Delta U_{\text{жп}}}{\Delta U_{\text{тол}}} \cdot 100\% \quad (3.2.1)$$

Поляризацияланған потенциал айырмасының, толық потенциал айырмасына, пайыздық қатынасын *поляризациялану параметрі* – деп атайды.

Бұл параметр ЖП әдісінде геоэлектрлік қиманы зерттеуге арналған. Есептелген формула біртекті ортаға ғана арналған, сондықтан поляризациялану параметрі η , осы ортаның нақты поляризациялану параметріне тең. Қоршаған ортада әртекті көрінерлік поляризациялану өлшенеді.

Жасанды поляризация ЖП әдісімен геологиялық қимада жоғары деңгейде поляризацияланған объектілерді, яғни құрамында электрондық өткізгіш минералдарды, (әр түрлі металдардың сульфидтері–темір, никель, мыс, қорғасын, күміс т.б. ал, магнетит пен графит, пиролюзит пен самородты металдар) анықтап тауып, бөліп алуға негізделген. Қазіргі кезде жасанды поляризация әдісі тұрақты токпен кеңінен қолданылады.

Потенциалдар айырмасы $\Delta U_{\text{жп}}$ уақытқа тәуелді азаятын шама болғандықтан, оны өлшеу ток көзі ажыратылған соң әрбір 0,5 с. сайын бір мезгілде өлшенеді.

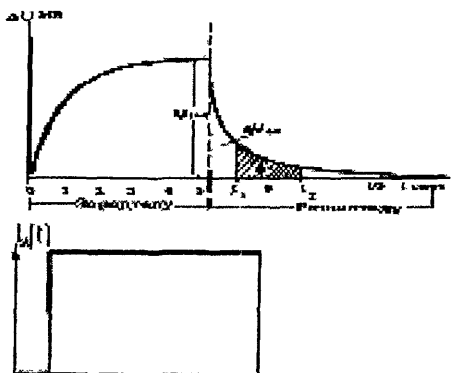
Сонымен осылай тіркелген $\Delta U_{\text{жп}}$, $\Delta U_{\text{тол}}$ мәндерінен поляризациялану параметрі η_k мен көрінерлік кедергі ρ_k есептеледі.

Қоршаған орта әр түрлі қабаттардан құралып әртекті болса, көрінерлік поляризациялану параметрі анықталады.

$$\rho_k = K \frac{\Delta U_{\text{тол}}}{I}, \quad \eta_k = \frac{\Delta U_{\text{жп}}}{\Delta U_{\text{тол}}} \cdot 100\% \quad (3.2.2)$$

Таужыныстары айнымалы токпен түйықталғанда бұл параметр олардың, поляризацияланып қорлану деңгейіне негізделген – туынды өріс. Көбірек қолданылатын поляризациялану параметрі белгілі бір уақыт $t_1 - t_2$ аралығында бәсендеу интервалында қисықтың астындағы S - ауданның, осы екі $t_1 - t_2$ уақыттарына сәйес өлшен ген потенциалдар айырмасына қатынасымен анықталады. S — уданы, өлшеуге арналған аналогты аспаппен интегралданып тіркеліу түрінде алынып, есептелінеді.

Жасанды поляризация ЖП әдісінде, туынды электр өрісінің кернеулігі $\Delta U_{\text{жп}}$ геологиялық ортаның поляризациялану қабілетіне байланысты. Геологиялық ортадағы алар орнына, көлеміне, қоректендіруші, қабылдаушы электродтардың өзара орналасуына тікелей байланысты. Жасанды поляризация өте күрделі орталарда – қатты заттар мен судың, электролиттің, сұйықтың жанасқан жерлерінде, қатты және сұйық фазалардың шекарасында байқалады. Жасанды поляризацияның екінші бір ерекшелік құбылысы ЖП-ның үстіңгі және көлемдік сипаттамалары.



3.11-сурет. Жасанды поляризацияны бақылауға арналған.

1. ЖП. жалғыз импульсті режимінде; 2. ΔU -графигі ЖП. бақылау кезінде

Көлемдік жасанды поляризация – ионды өткізгіш денеге тән. Таужыныстарының минералдары оның құрамындағы ылғалмен жанасқанда пайда болатын қос қабатты электр зарядтары, сыртқы электр өрісі әсер етпесе, электр зарядтары бейтарапты (нейтральді). Егер электр өрісімен әсер етсе, онда тепе-теңдік бұзылады да, ол өзі осы өрістің көзіне айналып және сыртқы өріске қосалқы болады. Пайда болған туынды ЖП өрісінің қарқындылығы өте күрделі және табиғи электр өрісі (ЕП) өздігінен пайда болса, жасанды поляризация ЖП әдісі – мәжбүрлі түрде жасалады. Жасанды поляризацияның қарқындылығы оның поляризациялану параметріне және қоршаған ортаның меншікті кедергісіне, геологиялық дененің тереңдігіне, пішініне, сол кеннің көлеміне байланысты болады. Геологиялық денені тұрақты не импульсті өрістермен поляризациялаған кезде, қабылдаушы М және N электродтары арасында потенциал айырмасы пайда болады. Қайта пайда болу кезеңі толық зерттелмеген.

$$\Delta U_{\text{жп}} = (0) e^{-kt}; \quad (3.2.3)$$

мұндағы k – күрт төмендеу тұрақтылығы;

$\Delta U_{\text{жп}}(0)$ - $t=0$ кезіндегі $\Delta U_{\text{жп}}$ шамасының басты мәні.

Негізінде күрт төмендеуді бірнеше минут арасында байқауға болады, бірақ ұзақ зарядталу (60 мин. дейін) кезінде $\Delta U_{\text{жп}}$ шамасын 1-2 сағаттан кейінде байқауға болады. Негізгі $\Delta U_{\text{жп}}$ бөлігінің күрт төмендеуі алғашқы бірнеше секундта өтеді.

Потенциалдар айырмасын тіркеудің (регистрациялаудың) ең нақты тәсілі – өсу мен күрт төмендеудің бүкіл процесін осциллографтау. Бірақ өндірістік іздеу-барлау жұмыстарын жүргізгенде бір уақыт мезгілі үшін нүктелік өлшеулерді жүргізсек жеткілікті.

Бақыланған жасанды потенциалдар айырмасы алғашқы өріс өшірілген соң тіркеледі. Бұл әдістің геологиялық міндеттерді орындау қабілеттілігін жоғарылатады. Кедергілері бірдей, бірақ ылғалдылығы мен минерализациялануы әр түрлі

таужыныстардың поляризациялануы әр түрлі болады. ЖП әдісі көмегімен кедергілері бірдей таужыныстарынан тұратын қималарды бөлуге болады.

Техникалық жағынан ЖП әдісі кедергі әдісіне ұқсас келеді. ЖП әдісімен профильдеу кезінде екі әдіспен де зерттеулер жүргізіліп, қабылдаушы MN электродтарымен $\Delta U_{\text{кк}}$, $\Delta U_{\text{жп}}$ тіркеледі. Өйткені, $\eta_{\text{к}}$ есептеп анықтау үшін $\Delta U_{\text{кк}}$, $\Delta U_{\text{жп}}$ тіркеліп, қондырғылардың барлық түрлерімен, яғни кедергі әдістерінің далалық зерттеулерінің барлық модификациясын қолдануға болады. Ерекшелігі – ЖП әдісі мен $\eta_{\text{к}}$ мөлшерімен қоса $\rho_{\text{к}}$ шамасында анықтап бұл әдістерді салыстыруға болады.

Жасанды поляризация әдісінде өлшеудің негізгі тәсілдері. Өлшеу тәртібі (режимі) бүгінгі күні ЖП әдісін тәжірибе жүзінде қолдануына байланысты ЖП өрісін туындатып, өлшеудің төмендегідей тәсілдері бар (2.2-сурет).

- 1) Жалғыз импульстер режимі;
- 2) периодты – импульстер режимі;
- 3) әр түрлі полярлы режимі.

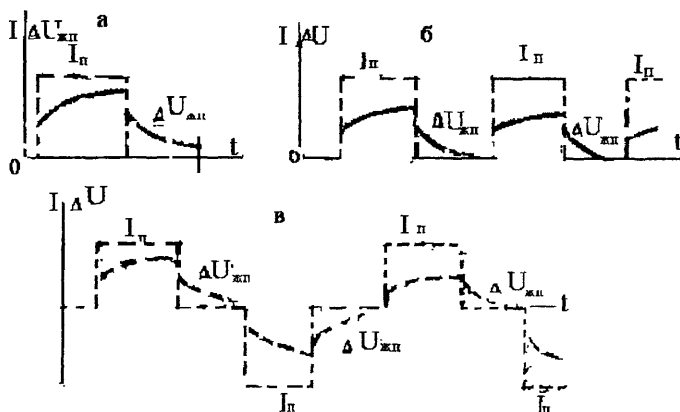
Жеке импульстермен өлшеу тәртібі (3.2.1 а-сурет). Бұл өлшеу тәртібі екі вариантта қолданылады:

- а) поляризациялау тогы $I_{\text{п}}$ өшірілгеннен кейін әр 0,5 секундтан кейін өлшеу;
- б) өсу және күрт төмендеудің бүкіл процесін осциллографтау. Бұл режим ЖП процесін анығырақ зерттеп, оның уақытын сипаттауға ыңғайлы.

Периодты-импульстермен өлшеу тәртібі. Өлшеу тәртібімен жұмыс жүргізу кезінде поляризациялаушы ток бір полярлы импульстермен қосылады. Бұл өлшеу тәртібі екі вариантпен жүргізіледі.

Бірінші варианттың мәні – импульстермен бір цикл ішінде, зарядталып алдын ала орналастырылған қабылдағыш тізбектерімен бірнеше нүктеде $\Delta U_{\text{жп}}$ өлшенеді. Циклдың басталуы алдында 2–3 минут ішінде өткізгіш денені зарядтап, қорландыру жұмысы жүргізіледі. Ол үшін әр қабылдаушы тізбектердің арасында кезекпен $\Delta U_{\text{жп}}$ өлшенеді. Негізгі

зарядталу аяқталғанда $\Delta U_{жп}$ -ны тіркеу үшін тоқты 2–3 сек. өшіріп, қайта зарядтау үшін 15–20 сек. қосады. Осыдан кейін екінші қабылдағыш тізбектері арасында тіркеу жұмыстары жүргізіледі.



3.12-сурет. ЖП әдісінде өрісті туындату және тіркеу жүйесі:

а – жалғыз импульстер;

б – периодты импульстер; в – әр түрлі полярлы импульстер

Периодты-импульсті өлшеу тәртібінің екінші вариантының негізі – $\Delta U_{жп}$ өлшеу үшін әр нүктесінде қайта-қайта өлшеулер жүргізіледі. Тіркеуші приборды бір уақытта әр кідіріс кезінде жинақтаушы немесе инерциондық ұяшық көмегімен әрбір кідірісте тез өзгеретін жасанды поляризацияның кернеулігін анықтайды.

Әр түрлі полярлы импульстермен өлшеу тәртібі (3.2.2 в-сурет). Бұл өлшеу тәртібінде жұмыс жасаған кезде коректендіруші тізбекке қарама-қарсы таңбалы тізбектелген ток импульсі, ұзақтығы импульстің жартысынан аз болмауы керек. Бұл өлшеу тәртібінің ерекшелігі – оның төменгі жиілікті бөгеуілдерден көбірек сақтанғандығында және $\Delta U_{жп}$ -ның тіркеу дәлдігін арттырып, әсіресе осциллограммадан аз

мөлшерлі қосарланған потенциалдар айырмасының шамаларын алуға мүмкіндік береді. Жасанды поляризацияны зерттеу ауыспалы процесті зерттеуге негізделген. Қоректендіруші тізбектегі ток өшірілгеннен кейін өрістің күрт төмендеуі, ауыспалылықтың сипаты, яғни туынды өрістің уақытқа тәуелділігі тікелей жиілікпен байланысты – өрістің жиілікке тәуелділігімен сипатталады. Бұл байланыс амплитуда мен фаза балансын зерттеу арқылы жасанды поляризация процесін зерттеудің негізі болып табылады. Жасанды поляризацияны гармониялық айнымалы өріспен бақылау әдістемесі де осы бөлімде қарастырылған.

Аспаптарға қойылатын жалпы талаптар. ЖП әдісімен жасалынатын жұмыстарда қолданылатын аспаптарға бір жағынан кедергі әдістеріне қойылатын талаптарды да қанағаттандыруы керек, ал екінші жағынан $\Delta U_{\text{жп}}$ стандартты емес потенциалдар айырмасын өлшеу өзгешелігі (спецификасы), ЖП өрісін бақылау мен туындауын әдіс ерекшеліктеріне сәйкес жүргізу керек.

Аспаптарға қойылатын негізгі талаптардың бірі – бақылау процесі кезінде пайда болатын бөгеуілдерді жою. ЖП әдісімен жұмыс жасау барысындағы бөгеуілдердің белгілері:

а) электронды потенциалдардың тұрақсыздығы және өлшеу қатарындағы қабылдау тізбегінде ток әсерінен электродтардың жасанды поляризациялануы;

б) уақытқа тәуелді ауысатын табиғи өрістің, адасқан және теллурлық токтың әсері;

в) өлшеу кезінде қондырғылардың қасында орналасқан металды заттардың, жерастында жасанды поляризациялануы.

Табиғи өріс ЕП әдісімен зерттеу сияқты бірнеше түрдегі бөгеуілдерін азайту үшін поляризацияланбайтын электродтарды қолданады. Бұл электродтардың жасанды поляризациясын төмендету үшін өлшеуге арналған тізбектің кірісінде кедергі 1–2 Мом-ға дейін үлкейтеді. Осыған байланысты MN тізбегінде токтың өлшем бірлігі микроамперге дейін азайып, қабылдағыш электродтарының жасанды поляризациясы жарты милливольттан аспайды.

Екінші түрдегі бөгеуіл кедергілерді әдетте поляризацияланушы токтың күшін үлкейту немесе MN тізбегінің резонансын азайту арқылы бақыланған $\Delta U_{жп}$ шамасын үлкейту көмегімен жойылады. Бұдан басқа кездейсоқ токтарды қабылдау арнасына (каналына) сәйкес ұяшықтар көмегімен сүзуге болады. Уақытқа тәуелді айнымалы табиғи өрістер әсерін әдетте поляризация компенсаторлары көмегімен нөлге теңеледі. Теллурлық кедергілерді алып тастау үшін өлшеулерді ТТ өрісінің әлсіз вариация периодында жүргізу керек.

Үшінші түрдегі бөгеуіл кедергілер жалған аномалияларды туындатады. Оларды болдырмау үшін қондырғыларды қабылдау тізбегін (өлшеуге арналған) ұңғымалардан алшақ орналастырады.

Қоректендіруші тізбекте ток көзінің күші туындататын потенциалының $\Delta U_{жп}$ өлшенген шамасы 0,5 мВ-тан аз болмауы және кедергі деңгейінен 10 есе жоғары болуы керек. Осылармен қоса ток күшінің ауытқуы $\pm 3\%$ аралығында болуы, η_k және ρ_k (өлшеулерінің), есептеулерінің дәлдігін нақтылайды.

Поляризациялаушы токтың қажетті күшін былай есептейміз:

Егер $\Delta U_{жп}$ - ның минималды қажетті жорамал мәнін m болсын десек. Онда берілген орташа көрінерлік (η_k) поляризациялану мәнінде поляризациялаушы өрістің потенциалдар айырмасы $\Delta U_{кк}$ -да ескеруіміз қажет.

$\Delta U_{кк} \geq m/1000 \eta_k$; $\Delta U_{кк}$ өлшем бірлігі – В; η_k – салыстырмалы бірлік.

Бір жағынан $I = k \Delta U_{кк} / \rho_k$; осыдан $\Delta U_{кк} >> I / 1000 \rho_k \eta_k$; I – А - мен өлшенеді. Симметриялық төрт нүктелік қондырғының коэффициенті

$$k = \pi \Gamma_{AM} \Gamma_{AN} / \Gamma_{MN} = \pi \Gamma_{A0}^2 / \Gamma_{MN} \text{ тең болса, онда } I = m \pi \Gamma_{A0}^2 / 1000 \rho_k \eta_k \Gamma_{MN}$$

Ток көзінің кернеуін анықтау үшін анықталған ток күшін қоректендіруші тізбектің R_{AB} кедергісіне көбейтеміз. Сонымен,

$AB=800$ м және $MN=20$ м, $\rho_k=400$ Ом*м, $m=0,5$ мВ және $\eta_k=2\%$ қондырғы үшін $1,7$ А ток қажет. Егер $R_{AB}=350$ Ом болса, онда ток көзінің қуаты 1 кВт-қа тең болады. Өлшеу аспаптары жоғарыда көрсетілген талаптарға сай болуы керек: кірісіндегі кедергісі жоғары және $\Delta U_{жп}$ өлшеу қателігі $\pm 2\%$ -дан артық емес, поляризацияланушы ток $\pm 3\%$. Аспаптың сезімталдығы жоюға келмейтін бөгеуілдер деңгейімен шектеліп $0,5$ - 1 мВ-ке жетеді.

Қоректендіруші тізбек. Поляризацияланушы токтың шамасы үлкен болуына байланысты қоректендіруші тізбекте төмен кедергілі және сенімді изоляциясы бар сымды қолданады. Өлшеуге арналған тізбекте изоляциясы хлорвинилмен жеңілдетілген сымды қолдануға болады.

Қоректендіруші электродтар тізбегінің кедергісі мүмкіндігінше аз болып, тізбекте ток күшін туындату үшін аз қуатты ток көзі қажет.

Қондырғыны ылғалды жерде орналастырып (немесе электродтардың айналасындағы грунтты ылғаландыру), жеке стерженьді электродтардың санын көбейту қажет. Поляризацияланудың тұрақтылығын қамтамасыздандыруға ерекше мән беру керек. Осы мақсатпен ток тығыздығы электродтардың сыртқы бетінің 1см^2 бөлігінде миллиамперден аспауы керек. 15 – 20 см тереңдігімен жерге қағылған диаметрі 20 мм қарапайым стержені бар құрғақ жер бедерінде орналасқан әр қондырғы арқылы $0,1$ А-ден аспайтын, ал ылғал жер бедерінде $0,5$ А ток күшін жіберуге болады. Осы мәндерді қолдана отырып, қоректендіруші қондырғылар үшін электродтар санын жобалап анықтауға болады. Табиғи өріс әдісіндегідей М, N қабылдаушы тізбегінде поляризацияланбайтын электродтарды қолданады. Далалық өлшеулерде электродтарды мүмкіндігінше бірдей жағдайларда (жарық және қараңғы жерде т.б.) орналастыру қажет.

СВПУ станциясы

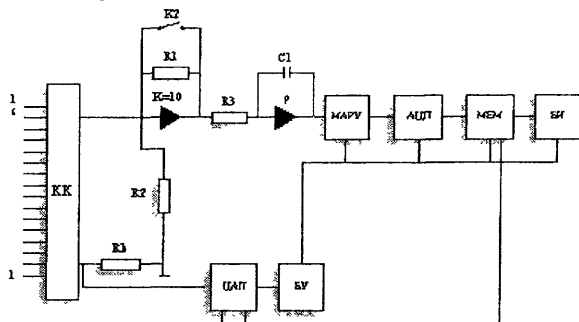
Он алты каналды СВПУ станциясы ЖП әдісімен төменде жазылған, уақыт аралықтарында жұмыс атқаруға арналған. Станциямен өлшеулер кезінде кідіріс (іркiлу) мезгiлдері 0.5, 1, 2, 5, 11, 22 с. Ток жіберу уақыты мынандай мәндерге ие болады: 7.5, 15, 30, 60 с және одан да артығырақ. Аспапта он алты разрядты АЦП. Минималды өлшенетін сигнал 10 мкВ, максималды – 10В. Бір каналда өлшеу уақыты: 20 мс (бір өндірістік бөгеуіл өрісі 50 Гц жиілікпен). Бір каналдан екінші каналға ажыратып – қосу уақыты 1мс, кернеуі – 12В.

Станцияның негізгі блоктары.

1. Каналдардың коммутаторлары.
2. Алғашқы күшейткіш $K=10$. $\Delta U_{\text{жп}}$ өлшеу режиміне және ажырату режимінде $\Delta U_{\text{тол}}$ өлшеуге қосылған.
3. Интегралдау тізбегі 20 мс-та (50 Гц өндіріс бөгеуілдері бір периодта) аналогтік интегратор ΔU сигналын орта мәнге келтіреді.
4. МАРУ-Автоматты түрде күшейткішті тез реттеу. Сигналдың деңгейіне байланысты оны 10^n есе күшейтеді, $n = 1 \dots 3$;
5. Аналогты цифрлы өзгерткіш.
6. Станцияның MEM – ОЗУ-ы;
6. БИ-Индикация блогы екі дисплейден тұрады: неонды және жарық диодты;
7. Бір потенциалдар айырмасының мөлшерін, екіншісі – реттік нөмірін және каналдың нөмірін көрсетеді.
8. МАРУ, АЦПР, MEM, БУ, ЦАП тізбектерімен табиғи потенциалдар айырмасын өлшеп оның мәнін осы мезгілде кері таңбамен ЦАП блогына табиғи өрісті компенсациялау үшін беріледі.

Электрлік барлауда ЖП станциясының блок схемасы жоғарыда жазылған өлшеу режимдерімен және аспаптарға қойылатын талаптарға байланысты жасалған. Біздің елімізге көптеген сериялармен жасанды поляризация әдісімен жұмыс жасау үшін электрлік барлау станциялары жасалған. ВП-59, ВП-

62, ВПС-63, «Енисей» және СВП-74, ВПП-67 станциялары автомашиналарға қондырылған; ВПО-62 станциясының аспаптарын қолмен көтеріп орнын ауыстырып, тасымалданатын және оңай қондырылатын жеке блоктардан тұрады.



3.13-сурет. СВПУ станциясының блок схемасы

Барлық аталған станциялар бір блок-схема негізінде құрылған. Ток көзі коммутатормен жалғанып 3-блок арқылы 2 амперметрмен қоректендіруші электродтар А және В-мен қосылған. ВП-59, ВП-62, ВПС-63 және СВП-74 станцияларында ток көзі болып автомашина двигателі көмегімен жұмыс істейтін арнаулы тұрақты ток генераторы қолданылады.

Ол автомашина двигателі көмегімен қозғалады. ВПО-62, ВПП-67 станцияларын да автономды бензоэлектрлік агрегаттарды қолданып, ал «Енисей» станциясында қуатты күшейткішпен триггерлі мультивибратор қолданылады. Станцияның моделіне байланысты оның ішінде осциллографтан көзбен көріп, есеп ($\Delta U_{жп}$, $\Delta U_{кз}$) алуға болады. Барлық станцияларда поляризациялаушы және қоректендіруші электродтар, сымды катушкар, далалық телефондармен ал, ВПС-63 және СВП-74 станцияларында каротаждың лебедкасы және ұңғымаға арналған зондтармен жабдықталған.

3.10.1. Дала жұмысының технологиясы

Бүгінгі күні ЖП әдісімен профильдеу, тік зондылау жұмыстарын жасау үшін орталық градиент қондырғысымен құрастырып профильдеу қондырғылары қолданылады. Орталық градиентпен құрастырып профильдеу қондырғыларын аудандық іздеу түсірілімдерін жасау үшін пайдалынады. Орталық градиент қондырғысының артықшылығы – қоректендіруші электродтарды әр өлшеуден кейін орнын ауыстырудың қажеті жоқ. Бұл еңбек өнімділігін жоғарылатады. Бірақ бұл қондырғыны қиманың поляризациялануы тік бағытта өзгеретін болса қолдануға болмайды. Өйткені, графиктер формалары күрделеніп, ал ауданның орталық бөліктерінде жалған аномалиялар пайда болады. Аномалиялардың ауытқу көзі тереңдікте орналасқан нысаннан, таужыныстардың поляризациялануынан туындаса зерттеу үшін симметриялы ТЭЗ қондырғысы АМNB (тік бағыттағы зондылау) қолданылады.

Жұмыстар таужыныстарының поляризациялануын анықтау, рудалы құрылымдардың поляризациялануын анықтап, аномалия сипатын және мөлшерін бағалаудан басталады.

Ол үшін геологиялық қимасы белгілі жекелеген кеңістік бөлімшелерінде бақылау жүргізіліп және де зерттелініп жатқан ауданның барлық таужыныстарын қиып өтетін жеке профильдер бойымен өлшеу жүргізеді. Осы бақылаулардың нәтижесінде бөгеуілдердің әсерін (сипатын) зерттеп және оларды жою тәсілдерін таңдайды. Қорландыру (зарядталу) уақытын таңдау үшін зарядталу уақытына тәуелді қисықты тұрғызу керек. Қоректендіруші электродтар тасымалдарын (разностарын) жасанды поляризацияның тік зондылау мәліметтері немесе белгілі объектерді екінші рет қайта зерттеу арқылы анықтайды. Қабылдау тізбегіндегі электродтардың тасымалы, түсірілімге байланысты анықталады. Бірақ олар іздеуге арналған объектінің көлденең өлшемінен аспауы керек. Нәтижесінде жұмыс жүргізу арқылы аудандық түсірілімнің бақылау қатарын таңдауға сапалы мәліметтер аламыз.

Өндірістік жұмыстар екі кезеңде (этапта) жүргізіледі. Бірінші кезең – іздеу, яғни бақылауды бүкіл жұмыс аймағында жүргізеді. Екінші кезеңде – бақылау қатарларын (аномалиялар) ауытқу бөлімі айналасында жүргізіп, жақындату тәсілі арқылы аномалияны анығырақ айқындайды, бұдан басқа аномалды зоналар бойымен профильдер жүргізіп, тереңдіктегі аномалия құбылысын зерттеу үшін ЖП әдісімен түсірілімді зондылау әдісімен жасайды.

Жұмыстың жалпы тәртібі профильдеу және зондылау кезіндегі кедергі әдісінің қондырғыларымен жұмыс жасауға ұқсас болады. Сондықтан, ВПО-62 станциясының жұмыс жасау мысалында тек өлшеу техникасының ерекшеліктерін қарастырамыз.

ВПО-62 станциясымен жұмыс жасау. Электрлік барлау отрядының жетекші-операторы бақылау қатарын дайындау процесінде жалғыз өзі немесе партия басшысымен бірге аймақпен танысып, станция тұрғызатын жерді белгілейді. Егер бұл жер автокөліктің жүруіне қолайсыз болса, онда станцияны жұмыс орнына жеке блоктармен көшіреді. Электродтарды берілген жағдайда орналастырып, оларды қоректендіргіш және қабылдағыш сымдармен жалғастырғаннан кейін бас жұмысшы операторға қондырғының жұмыс жүргізуге дайындығы туралы баяндайды.

Өлшеудің алдында күнде оператор аппаратураны тексереді: өлшеуге арналған аспаптарды, қоректендіруші тізбектің кернеуін, генератор жұмысын, тіркеуші аспаптардың заводтағы инструкциясына сай калибровкасын жасайды. Әр екі-үш күн сайын автокомпенсатор мен импульсті вольтметр шкалаларының түзулік көрсеткіштері тексеріледі.

Әр түрлі полярлы импульстер режимінде өлшеулерді үлкен кедергілер болған жағдайда немесе $\Delta U_{\text{вп}}$ аз мәндерінде жүргізеді (жыныстардың поляризациялану дифференциясы бойынша немесе зондылаудың үлкен тасымалдарында жүргізеді).

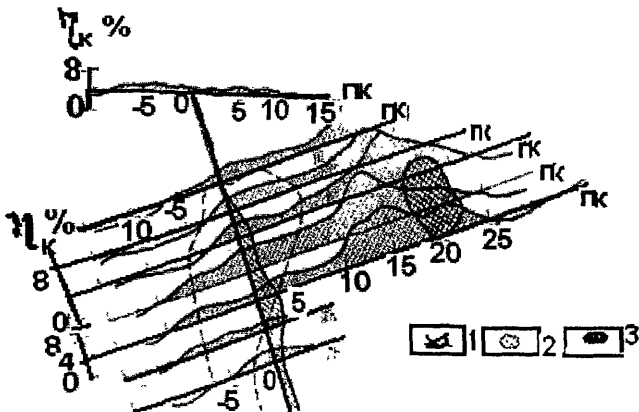
Бақылау журналы осциллограммалар және осциллографтік кадрларды тіркеу графасымен толықтырылады.

3.10.2. Бақылау нәтижелерін өңдеу және талдау (интерпретациялау)

Бақылау нәтижелері жеке профильдер бойынша η_k және ρ_k графиктері түрінде, аудандық түсірілім кезінде графиктер картасын және η_k мен ρ_k тік қисықтары түрінде көрсетіледі (3.15; 3.16; 3.17–3.18-суреттер). Оларды кедергі әдісіндегі графиктерге ұқсас түрде тұрғызады. Жеке профильдер бойынша графиктер, аудан бедерін көрсететін геологиялық құрылымының элементтерін құрайттын қималармен бірге жасалады.

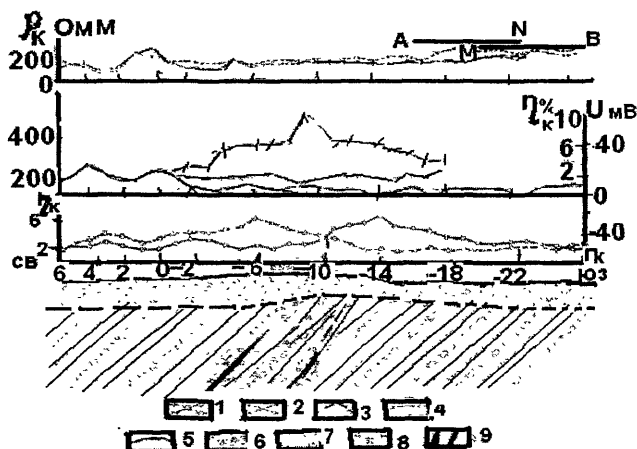
Егер ВЭЗ ұңғыманың жанында жасалған болса, онда тік зондылау қисықтары геологиялық колонкалар схемасы мен немесе ұңғыма қима схемасымен бірге жасалады.

Осциллографиялық тіркеу жұмысы кезінде келтірілген фотоленталарды нөмірлеп, оларға далалық журнал мәліметін белгілейді (кадр нөмірлері, электродтардың орналасуы, поляризациялаушы ток күші, каналдар сезгіштігі және т.б.).



3.14-сурет. Сульфидті кенорнындағы η графиктерінің картасы:
1– η_k графиктері және $\eta_k > 4\%$ зонасы; 2–барит денесі;
3–мысколчеданды жатын

Шкалаға бөліктелінген графиктерін абсцисса бойымен, шкала бөліктерінің импульс шамасы – милливольт, ал ордината бойымен жарық сәуле импульс шамасы – милливольт, ал ордината бойымен жарық сәуле сағымының (блик) ауытқу амплитудасын фотоқағазда 1:1 масштабына тең етіп алады. $\Delta U_{\text{жп}}$ және $\Delta U_{\text{кс}}$ табу үшін кадрларда 1 - 1 және 7-7 көлденең сызықтарды жүргізіп олар $\Delta U_{\text{жп}}$ және $\Delta U_{\text{кс}}$ -нің нөлдік мәніне сәйкес келеді (3.17 а-сурет).



3.15-сурет. Құрастырылған және симметриялық профильдеу кезіндегі табиғи өріс потенциалдарының графиктері:

1- η_k құрастырылған профильдеумен ($A=100\text{м}$, $MN=20\text{м}$);

2- ρ_k құрастырылған профильдеумен ($A=100\text{м}$, $MN=20\text{м}$);

3- η_k симметриялық профильдеудің ($AB=400$, $MN=20\text{м}$);

4 ρ_k - симметриялық профильдеудің ($AB=400$, $MN=20\text{м}$);

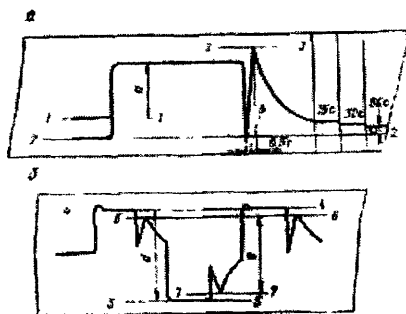
5 - табиғи өрістің потенциалы; 6 - делювий;

7- сазды тақтатастар құмтастардың жұқа қабаттарымен; алмасады; 8- рудаланудың түйірлі өзектері; 9-рудалы денелер

$U_{\text{жп}}$ және $\Delta U_{\text{кс}}$ нөлдік сызығының орналасуын поляризациялаушы тоқты қосқанға дейін гальванометрлер

трассаларына сәйкес анықталады. Содан соң, ток өшірілгеннен кейін 0,5 уақыт жылдамдығына сәйкес келетін ЖП гальванометрінің трассасынан бақылау нүктесін уақыт маркасы бойынша анықтап, сол арқылы 3-3 көлденең сызығын жүргізеді. ΔU_k шамасы a кесіндісімен, ал $\Delta U_{вп}$ мөлшері b кесіндісімен анықталады.

Өлшеу аспапынан алынған кесінділер мен шкалаға бөліктенген графиктері сезімталдығына сәйкес милливольтқа аударылады.



3.16-сурет. ЖП тіркеуінің осциллограммалары:

a – жалғыз импульстер режимінде ΔU_k ; b – әр түрлі полярлы импульстер режимінде

Әр түрлі полярлы импульстер режимде жұмыс гальванометрдің осциллограммаларынан анықталып алынған ΔU_k ауытқу (3.17 б-сурет) трассасы бойымен 4-4 және 5-5 түзулерін жүргізеді. ΔU_k шамасын d кесіндісі ұзындығының жартысымен анықтайды. $\Delta U_{вп}$ шамасын анықтау үшін $\Delta U_{вп}$ гальванометрінің әр түрлі полярлы сағымдары (бликлары) бойымен 6-6 және 7-7 түзулерін жүргізеді. $\Delta U_{жп}$ мәні e кесіндісі ұзындығының жартысына сәйкес келеді. Содан кейін, η_k және ρ_k шамаларын анықтап журналға енгізіп, оларға сәйкес графиктерді тұрғызады. Соңғы этап, бұл алынған η_k және ρ_k карталары мен графиктерін түсіндіру болып табылады. Яғни рудалы денелерге немесе зоналарға сәйкес келетін, әр түрлі поляризацияланушы

жыныстардың жапсарлары бар бөлімдерді анықтау және деполяризацияланған объектілердің геометриясымен кеңістікте орналасуын анықтау. Интерпретацияны теориялық есептелген қарапайым геометриялық формалар үшін және кейбір геоэлектрлік қимамен экспериментальды графиктерді салыстыру арқылы жасалады.

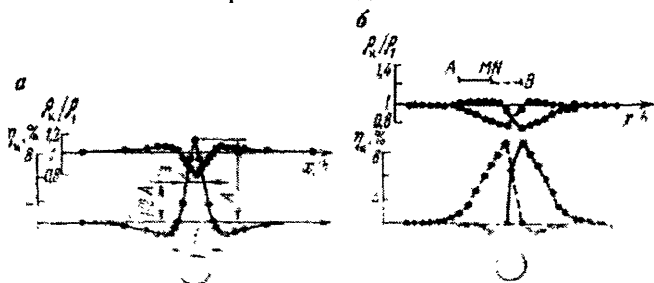
Осциллографиялық тіркеу жұмысы кезінде келтірілген фотоленталарды нөмірлеп, оларды далалық журналда белгілеп, мәліметтермен толықтыруларды кадр нөмірлері, электродтардың орналасуы, поляризациялаушы ток күші, каналдар сезгіштігі және т.б.

Бүгінгі күні ЖП әдісімен профильдеу және тік зондылау жұмыстарын жасау үшін орталық градиент қондырғысымен жүзеге асырылады.

3.18-суретте орталық градиент тәсілімен құрастырылған қондырғылармен профильдеу жағдайында сфераның поляризациялануы ортаның поляризациялауынан жоғары болғандығын көруге болады.

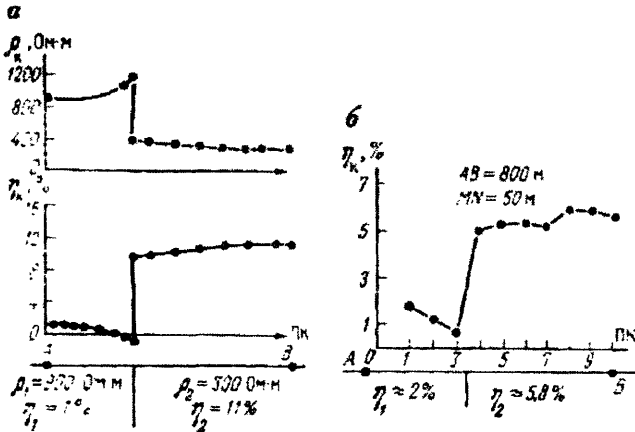
Бұл суреттерде (3.19, 3.20-сурет) қондырғыларға сәйкес алынған графиктері көрсетілген η_k және ρ_k графиктерінің ұқсастығын байқаймыз, олар бір-біріне қатысты симметриялы болады.

Егер ВЭЗ ұңғыманың жанында жасалған болса, онда тік зондылау қисықтары геологиялық бағананың схемасы немесе ұңғыма қимасымен бірге жасалады.



3.17-сурет. Орта градиент тәсілімен құрастырылған профильдеу үшін поляризацияланған сфера үсті η_k графигі көрсетілген

Бұл суреттерде 3.20 а,б, кондырғылар мөлшеріне сәйкес η_k және ρ_k графиктерінің ұқсастығын байқауға болады, олар бір-біріне қатысты симметрия орналасқан.



3.18-сурет. Екі ортаның тік жапсарының үстінде, орта градиент кондырғысымен түсірілген η_k , ρ_k графиктері

Сонымен, орталық градиент кондырғысымен (поляризациялануы төмен ортадан жоғары поляризацияланған ортаға өтуіне сәйкес келетін) тік контакт үстінде профильдеу түрі. ρ_k , η_k графиктерінің түрлері (төменгі кедергілі ортадан жоғары кедергілі ортаға өтуге) ұқсас.

Екі жағдайда да сфераның поляризациялануы ортаның поляризациялауынан жоғары болғандығы байқалады.

Көлденең-қабатты кималарды зерттеу үшін ЖП зондылауды сирек қолданамыз.

Сонымен, қарастырылған орта градиент кондырғысының теориялық графиктерін, далалық η_k графиктерімен салыстырып, талдау нәтижесінде жоғары поляризацияланған жергілікті дененің эпицентрі, орталық градиент әдісі графигінің максимум

нүктесіне немесе құрастырылған профильдеу графигіндегі қиылысу нүктесіне сәйкес келеді.

Әр түрлі поляризацияланатын таужыныстары жапсарларының орналасуы теория бойынша η_k -ның күрт өсуіне сәйкес келеді, ал тәжірибе жүзінде η_k үлкен градиент бөлімінің ортасындағы нүкте арқылы анықталады.

ЖП мәліметтерін өңдеу. Тұрақты токпен жұмыс жүргізілгенде жасанды поляризацияның потенциалын тіркеу осциллографияландырылса, оның ауытқу амплитудасы мм - мен анықталады. Бірінші каналдан $\Delta U_{\text{тол}}$ және екінші каналдан қоректендіруші тізбектегі токты өшіргенде, $\Delta U_{\text{вп}(0,5)}$ өлшеніп алынған мәліметтерден жасанды поляризация параметрі — көрінерлік поляризация есептеледі.

$$\eta_k = (\Delta U_{\text{жп}} / \Delta U_{\text{тол}}) 100\%.$$

Екінші параметр бұл көрінерлік депполяризация жылдамдығы.

$$A = \eta_{(1)} \cdot \eta U_{\text{жп}}(1) - \Delta U_{\text{жп}}(11) / \Delta U_{\text{тол}}. \quad (3.2.4)$$

A – параметрі, әсіресе $A_{(11)} = \Delta U_{\text{жп}} / \rho$ параметрі құрамында сазды минералдар мен жерасты суларының минералдық құрамы көбейсе, не олардың ылғалдылығы азайса, суға қанықтылығы өзгерген жағдайда көбейе береді. Табиғатта әсер ететін факторлардың қатарына: поляризациялау тогының тығыздығы, оның таралу мерзімімен қондырғы түрлері жатады.

$$\eta = (1 - \rho) / \rho.$$

Таужыныстарына ($\rho \sim$ және ρ) айнымалы жиілігі > 20 Гц токпен әсер еткенде таужыныстары поляризацияланбайтын болса және кідіріс жиілігі < 10 Гц-ке жуық тұрақты импульсті токты пайдаланса, онда дисперсия параметрінің ауытқуы мына қатынаспен $\rho \sim / \rho$ анықталуы мүмкін немесе фазаның ығысуы

мен электр өрісінің кернеулігін төменгі не жоғарғы жиіліктерде зерттеуге болады. ЖП әдісінде тұрақты токпен әсер еткенде келесі параметрлері өлшенетін болады:

$$\eta_{(0,5)} = \frac{\Delta U_{\text{ВП}}}{\Delta U_{\text{ПР}}} \cdot 100\% ; \quad \eta_K = \frac{\eta_{K(0,5)}}{\rho_K} . \quad (3.2.5)$$

$$A_K = \eta_K(1) - \eta_{K(1)} , \quad A^*_K = \frac{A_K}{\rho_K} \quad (3.2.6)$$

A^*_K Көрінерлік деполяризация жылдамдығының параметрі.

ЖП тұрақты токпен өлшеу методикасының негізгі кемшілігі аспаптарының бөгеуілдерден нашар қорғалуы. Бөгеуілдерді азайту үшін поляризациялаушы ток ошағының қуатын жоғарылату өлшеу құралының шамасын 10-15 есеге ұлғайтып, дала кондырғыларының ауырлауына әсер етеді. Фазалық бұрыштарды өлшеу кезінде немесе айнымалы өріспен (ЖП) бақылау үшін өлшеуге арналған аспаптарға таңдаулы күшейткіш немесе басқа сүзгіштермен қоса, сандық тіркеу жүйелері қолданылады.

Осыған байланысты өлшеу дәлдігін жоғарылату үшін поляризациялаушы токпен жұмыс жүргізудің энергия шығынын азайту арқылы жеңіл және аз қуатты генераторларды қолдануға болады.

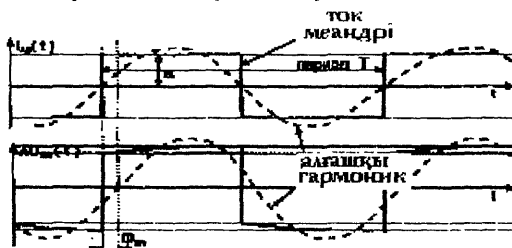
Тұрақты токпен жұмыс істейтін ЖП аспаптарына қарағанда, айнымалы токпен жұмыс істейтін ЖП тіркеулерін сигналдарды каналсыз, генератордан өлшеу аспапына автономды режимде жеткізеді.

Сол себептен, тіркеулерді бірнеше өлшеуге арналған құралдар арқылы көптеген профильдерде бір мезгілде жүргізуге болады. Бұл еңбек өнімділігін жоғарылатады. Сөйтіп, ВП-Ф аппаратурасының құрамына бір мезгілде тіркелу құралдары кіреді.

Айнымалы өрісте ЖП тіркеу кезінде поляризацияланбайтын электродтарды қолданудың қажеті жоқ. Өйткені өлшеуге арналған аспаптың кірісінде табиғи өрісті және басқа тұрақты бөгеуілдерді

(помеха), электродтар поляризациясының тұрақты кернеуін тіркеу (өлшеу) қатарына кіргізбейтін бөлгіш конденсатор орналастырады. Тіркеуге арналған электродтарда қарапайым металды электродтардың болуы далалық жұмысты жеңілдетеді.

Дала жұмыстарын жүргізу кезінде жұмыс өнімділігін жоғарылату үшін жиіліктерін өте аз етіп алуға болмайды, әдетте 0,1–10 Гц диапазоны шамасында қолданылады. Бұл жағдайда өлшейтін фазалық бұрыш ортаның поляризациялауына ғана тәуелді емес, сонымен қоса жердегі құйынды тоқты туындататын индуктивті әсерге де тәуелді.



3.19-сурет. ЖП-ның фазалық бұрыштары

Сол себептен, индуктивті бөгеуілдерді жою үшін өлшеулерді екі жиілікте жүргізу керек. Өйткені, ЖП-ның фазалық бұрышы және индуктивті эффект жиілікке әр түрлі деңгейде әсер етеді. Электромагниттік өрістің аз параметрлері облысында жұмыс жасау барысында индуктивті өрістің фазалық бұрыштары жиілікке пропорционал үлкейіп, ал ЖП-ның фазалық бұрыштары өз шамасын тұрақты сақтайды.

Егер өріс туындатушы тоқты мынандай түрде деп жорамалдасак.

$$\omega_1 i \text{ және } I_2 = I'_0 \sin \omega_2 i.$$

I'_0 және I_2 өрісті туындатуға арналған токтың амплитудалары; ω_1 және ω_2 жұмыс жиіліктері, сонымен бірге индукциялық өрістің фазалық бұрыштарының жиынтығы болады.

$$(w_1 t + \varphi_{ВП1} + \varphi_{и1}) = A_1 \sin w_1 (t + \frac{\varphi_{ВП1}}{w_1} + \frac{\varphi_{и1}}{w_1}); \quad (3.2.7)$$

$$(nw_1 t + \varphi_{ВП2} + \varphi_{и2}) = A_2 \sin nw_1 \left(t + \frac{\varphi_{ВП2}}{nw_1} + \frac{\varphi_{и2}}{nw_1} \right); \quad (3.2.8)$$

« $\varphi_{ВП2}$ », φ және 2 –ЖП-ның индукциялық өрістің екі жиілігіндегі (3.21) фазалық бұрыштары U_1 және U_2 сигналдарының кешігулеріне сәйкес уақыттары былай есептеледі:

$$\Delta t_1 = \frac{\varphi_{и1}}{w_1} + \frac{\varphi_{ВП1}}{w_1}; \quad \Delta t_2 = \frac{\varphi_{и2}}{nw_1} + \frac{\varphi_{ВП2}}{nw_1}.$$

Екі жиіліктегі сигналдардың кешігу уақытының айырмасы:

$$\Delta t = \Delta t_1 - \Delta t_2 = \frac{n(\varphi_{и2} + \varphi_{ВП1}) - \varphi_{и2} - \varphi_{ВП2}}{nw_1}.$$

Егер $n \leq 5$, онда жоғарыда көрсетілгендей $\varphi_{и2} = n\varphi_{и1}$

$$\begin{aligned} \varphi_{ВП2} &= \varphi_{ВП1} = \varphi_{ВП} \\ \text{сонда } \Delta t_1 &= \frac{n-1}{nw_1} \varphi_{ВП} \end{aligned} \quad (3.2.9)$$

$$\text{немесе} \quad \varphi_{ВП} = \frac{n}{n-1} w_1 \Delta t \quad (3.2.10)$$

Бүгінгі күні ЖП әдісімен осындай параметрлерді өлшеу тәсілін ВП-Ф аспаптарымен жүргізу кең тараған және ол бұрын шығарылған ИНФАЗ-ВП аспапымен де іске асырылады. Бұл аспаптар (3.2.9) формуласына сәйкес екі жиіліктің кешігуін сигналдың уақыт айырымын тікелей өлшеуді жүзеге асырып, бұдан кейін (3.2.10) формуласы бойынша ЖП-ның фазалық бұрышы анықталады.

Егер туындаған токтың амплитудалары бірдей болса, онда екі жиіліктің A_1 және A_2 қабылданған сигналдар амплитудалары

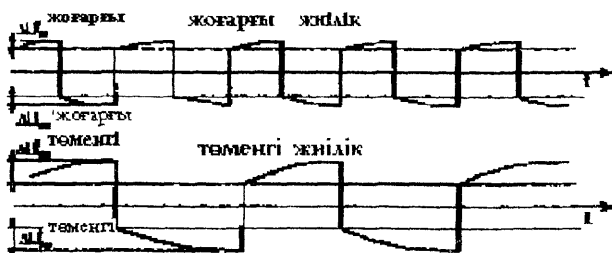
поляризацияланбайтын ортада бірдей болып, ал поляризацияланатын ортада – әр түрлі.

Амплитудалық-жиіліктермен өлшеу. Айнымалы токпен ЖП-ны бақылау кезінде тұрақты токтың қондырғылары қолданады. Бұл токтың спектрі көптеген гармониктерден тұратын болғандықтан олардың тек қана жоғары амплитудалы біріншісі мен үшіншісі қолданылады.

Генератордағы көптеген ағымдардың әсерін азайту үшін оны қоректендіруші электродтардың бірінің қасында орналас тырып, қондырғы өлшемін міндетті түрде қолданылатын жиілікпен сәйкестендіру керек. Өйткені, бұл жағдайда электро магниттік өрістің параметрлері аз мәнді облыста жұмыс тәртібінің сақталуы индукция әсерін жояды. Қоректендіруші тізбектің индуктивтік әсерін қабылдағышта азайтып, біржолата болдырмау үшін қоректендіруші тізбек бойымен 50–100 м қашықтықта В электродтары арқылы тік бұрышты импульстер белгілі бір жиілікпен өткізіледі.

Әдетте, генератордағы көптеген ағымдар әсерін азайту үшін қоректендіруші электродтардың бірінің қасында орналастырады. Қабылдау тізбегінде потенциал айырмасы тіркеліп, стандартты формуламен көрінерлік кедергі есептеліп, зерттеледі.

$$\rho_{k(\omega)} = k \frac{\Delta U_{MN(\omega)}}{I}$$



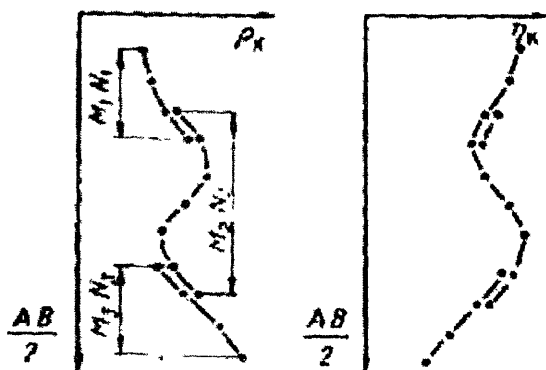
3.20-сурет. Көптеген гармониктерден тұратын айнымалы токтың спектрлері

Егер токтардың амплитудалары қатал түрде бірдей болып, поляризацияланған ортадан қабылданатын сигналдардың амплитудалары A_1 мен A_2 екі жиілікте ω_1 және ω_2 тіркеліп және $\omega_2 > \omega_1$ -деп қарастырылса, онда: поляризацияланбайтын орта жағдайында амплитудалары бірдей ал, поляризацияланатын ортада әр түрлі болар еді. Өлшеу нәтижелерінен $\rho_{k(\omega)}$ есептеліп, поляризацияланушы ортаның амплитудаларының параметрі ретінде жиілікпен поляризациялану әсері m_k – көрінерлік жиілік дисперсия коэффициентінің (%) пайыздық мөлшері анықталады.

$$m_k = \frac{A_2 - A_1}{A_2} = \frac{\rho_{k(\omega_2)} - \rho_{k(\omega_1)}}{\rho_{k(\omega_2)}} 100$$

Бүгінгі күні ЖП әдісімен төмендегі параметрлерді өлшеу тәсілі кең тараған.

Ал қоректендіруші электродтардың кедергісі тұрақты емес және сонымен қоса ол кешенді шама болып табылады. Сол себептен, бірінші және үшінші гармониктердің арасында фазалық ығысу пайда болады. Бұл ығысу фазалық өлшеулер бірнеше күн өлшеніп, нәтижесінде журналға енгізіледі.



3.21-сурет. ТЭЗ және ТЭЗ-ВП кысықтары

Тік қиманы салу үшін (егер симметриялық қондырғысымен жұмыс жүргізілсе) горизонталь сызыққа центрінің нүктесін түсіреді. Тіркеу жүргізілген нүктелерде параметрлердің мәні және тасымалдардың нөмірлері қойылады. Егер жұмыс үш электродты немесе дипольді қондырғымен істелсе, онда осы қоректендіруші электродтан немесе қоректендіруші дипольдің центрін, қабылдаушы дипольдің центрімен 90° -тық бұрышпен қиылысқанша, түзу сызық жүргізіледі.

Нүктелерде өлшеніп, есептелген өріс параметрлерінің мәндерінен изосызықтар жүргізіледі. Изоом сызықтарының қимасы ауытқу қателігі мәнінен 2-3 есе көбірек алынады.

Интерпретациялау кезінде графиктер мен графиктер картасынан және басқа да параметрлер картасынан η , η^*_k , A_k , A^*_k , ρ_k , F , φ , k , M ауытқулары бөлініп алып қарастырады. Өзінің фонынан 2-3 есе артық болып жоғары деңгейде поляризацияланған жыныстар мен рудалардан пайда болған ауытқулардан жасалған ЖП параметрлерінің аномалия карталары жасалады.

Айнымалы токпен жұмыс істегенде, ТЭЗ-ЖП материалдарын өңдеу, аспаптардан бірден алынатын мәліметтер әр түрлі жиіліктегі потенциалдар айырмасы. $U(f_1)$, $U(f_2)$, $U(f_3)$ және фазалары φ_1 , φ_2 , φ_3 әр түрлі жиілікте f өлшеніп, есептеледі; k_1 , k_2 , k_3 - қондырғы коэффициенттері.

Ары қарай

$$\rho_{k1} = k_1 \frac{\Delta U(f_1)}{I_1}, \quad \rho_{k2} = k_2 \frac{\rho_{k2}(f_2)}{I_2}, \quad \rho_{k3} = k_3 \frac{\Delta U(f_3)}{I_3}. \quad (3.2.12)$$

Логарифдік масштабпен ВЭЗ бланкасына координат осімен ВЭЗ қисықтарының қасына ТЭЗ-ЖП қисықтары салынады: горизонталь бойымен $AB/2$, тік оське – η_k , ρ_k -ның бір мәнін ρ_b -деп алып, калғандарын ρ_n -деп, φ , φ_{12} , F анықталады (пайыздық жиілік эффектісі), k – жиілік дисперсиясының коэффициенті.

F – орташа пайыздық жиілік эффектісі, металл өткізгіштік факторы – M . ЖП-мен профильдеу әдісінде, бақылау нүктелерінен тік және горизонталь өстерді пайдаланып, графиктер салынады. (η , η_k^* , A , A_k^* , ρ_k , F , M , φ , k). Кейде осы параметрлердің графиктер картасы мен изолиния картасы салынады.

Техникалық жағын қарастырсақ, ЖП әдісінде қолданылатын қондырғы кедергі әдісіндегі қондырғымен бірдей. Екі әдістемеден қоректендіру және қабылдағыш тізбектері бар. Сондықтан, ЖП әдісінде кедергі әдісінің кез келген қондырғысын пайдалануға болады. Ал, η_k анықтау үшін ΔU_{kk} өлшеу қажет болады. Олай болса, поляризациялау тоғын өткізген кезде ешқандай шығынсыз ρ_k көрінерлік кедергісінде анықтап, тәжірибе жүзінде η_k , ρ_k есептеледі.

ИНФАЗ – ВП әдісінде айнымалы тоқты қолдану:

1. Жиілікпен поляризацияланудың тиімділігі немесе пайыздық жиілік тиімділігі ρ_b жоғары жиілікте меншікті кедергі (инфра дыбысты және дыбыс жиілігінде ($10 < f_b < 100$), ρ_n төменгі жиілікте меншікті кедергі ($0,01 < f_n < 10$ ГЦ) өлшенеді.

$$F = \frac{\rho_n - \rho_b}{\rho_b} \cdot 100\% = K \frac{\rho_k}{\rho_b} \lg \frac{f_k}{f_n} \cdot 100\% \quad (3.2.13)$$

Жиілік дисперсия коэффициенті – жиілік өскенде меншікті кедергінің азаю дәрежесін сипаттайды.

2. Екі төменгі бір жоғарғы жиілікте өлшенген орташа пайыздық жиілік тиімділігі.

$$m = (F_1 - F_2) \cdot 100\% = \frac{\rho_{H1} - \rho_{H2}}{\rho_b} 100\% (f_{H1} < f_2) \quad (3.2.14)$$

3. Металл өткізгіштік фактор:

$$M = \frac{F}{\rho_n} = \frac{\rho_n - \rho_b}{\rho_n \rho_b} = K \frac{1}{\rho_b} \lg \frac{f_b}{f_n} \quad (3.2.15)$$

4. Қоректендіруші тізбектегі токпен қабылдаушы тізбектің кернеуліктері арасындағы фазалардың ығысуы:

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_{\Delta U} = \varphi_{ВП} + \alpha f. \quad (3.2.16)$$

α —қоректендіруші және қабылдаушы электродтардың өзара индукциялануын ескеретін коэффициент.

Потенциалдар айырмасы арасындағы фазалық ығысу екі жиілікпен өлшенген кезде 3–10 есеге дейін өзгереді.

$$\varphi_{ВП} = \frac{\varphi_1 f_{H_2} - \varphi_2 f_{H_1}}{f_{H_2} - f_{H_1}}. \quad (3.2.17)$$

Нәтижелерін талдау. Профильдеу әдісінің материалдарынан, графиктерден, графиктер картасынан және басқа да әр түрлі карталардан ЖП - ның мына параметрлерінің (η_k^0 , η_k^* , A , A_k^* , ρ_k , F , M , φ , k) фонының шамасынан ауытқуы, далалық жұмыстың өлшем мөлшерінің қателігі 1,5–2 бірнеше есе көбіректері анықталып бөлінеді.

ЖП – аномалиясы – деп таужыныстары мен рудалардың жоғары деңгейде поляризациялануын айтады. ЖП-профильдеу әдісінің жеке ауытқуларына, ЭП қисықтарындағыдай сандық талдау жасалып, поляризациялану деңгейі және қабаттардың геометриялық шамаларымен әр түрлі η анықталады. ВП-аномалия сын бөлудің негізі болып бақылған – η_k шамаларының фоннан ауытқуы таужыныстарының поляризациялануы болып саналады.

Ток күшінің I_0 қоректендіруші тізбектегі фазалық ығысуын өлшеу үшін АВ тұзуіне эталонды 0,1ом болатын резисторы қосылады. Алынған өлшемді 5-ші графаға жазады. Бұдан кейін өлшеу аспапын эталонды кедергіден сөндіріп, оның кірісіне төмендегі потенциал беріледі:

$$U = \varphi_1 = \varphi_{AB} + \varphi_C.$$

Бақыланған токты тіркеу журналы

Зерттеу бөлімі _____

Күні _____

Профиль _____

Қондырғы _____ АВ _____

2-кесте

Нүкте Нөмірі	Жиілігі Гц	I_{AB}, A	U_{AB}, B	И өлшеу	К Калибров- калау	$N_0 =$ И-К	Өлшеу уақыты	Ескерту
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Оператор _____

Есептеуші _____

Тексерген _____

мұндағы φ_C - өлшеу аспабының өзіндегі ығысу фазасы; φ_{AB} – токты туындатушы бірінші және үшінші гармониктердің арасындағы фазалық ығысу.

Екінші жағдайда шкалаға бөліктеу сигналын өлшеу кезінде φ_{AB} фазалық ығысуы нөлге тең болады. Сондықтан $K = \varphi_{2\omega} = \varphi_C$ гармоникалар арасындағы фазалық ығысуды 5 және 6-шы графалардың айрымы арқылы тауып, 7-ші графаға жазады.

Содан кейін профиль бойымен ЖП өлшеуін жүргізіп, нәтижелерін төмендегі журналға жазады.

Айнымалы токпен ЖП бақылау журналы

Зерттеу бөлімі _____ Күні _____

Профиль _____ Қондырғы _____

АВ _____

Бақылау қадамы _____

3-кесте

Нүкте нөмірі	Жиілігі Гц	I_{AB}, A	U_{AB}, B	$\Delta U,$ мВ	И өлшеу	Калибр- овка К	$N_0=I-K$
1	2	3	4	5	6	7	8

4-кесте

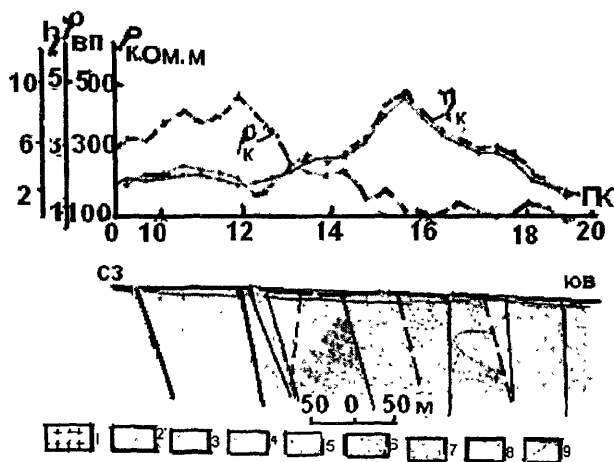
N_0	М $N-N_0$	$U_{вп}, мВ$	$\varphi_{вп},$ градус	Қондыр. Коэф-ті	$\rho_K, Ом.м$	өлшеу уақыты	Ескерту
	9	10	11	12	13	14	

Оператор _____ Есептеуші _____ Тексерген _____

Әр нүктеде оператор бірінші қабылдағыш MN тізбегіне қосып, ΔU сигналының амплитудасын өлшеп, оны 5-ші графаға жазады; содан кейін ол фазалық ығысуды өлшеп оны 6-шы және 7-ші графалар бойынша алынған есеп айырымы ЖП-ның фазалық бұрышының қосындысын және φ_{AB} фазаның қоректендіруші тізбегіндегі гармониктердің арасындағы ығысуы 9-шы графаға 7-ші графадан алынған есептеу жазылады. 8 және 9-шы графаларға жазылған есептеу айырымы 10-шы графаға жазылады; бұл тек ортаның поляризациялауына тәуелді. Параметр нәтижесіне көшу үшін m айырымын (3.2.14)

формуласымен сәйкестендіріп көбейтіп, нәтижесін 11-ші графаға жазады.

Қорытынды мәнін өлшеу жиілігін $\varphi_{\text{ВП}}$ ескере отырып есептеп, 12-ші графаға жазады. L' қондырғы коэффициентін 13-ші графаға, ρ_k - нің есептелген мәнін 14-ші графаға жазады. Сөйтіп, өлшеу барысында екі параметрді аламыз – фазалық бұрыш $\varphi_{\text{ВП}}$ және көрінерлік кедергі ρ_k (3.22)-суретте. Борлы (Орталық Қазақстан) мыс–порфирлі кенорнының бакылау нәтижелері көрсетілген. Суретте рудалы дене ρ_k графигінде ерекшеленбеген, бірақ анық η_k аномалиясымен $\varphi_{\text{ВП}}$ көрініп тұр. Сонымен, айнаымалы өрісте ЖП өлшеулерінде энергия шығыны төмендеп, далалық аспаптардың жеңілденуімен, еңбек өнімділігі жоғарылады.



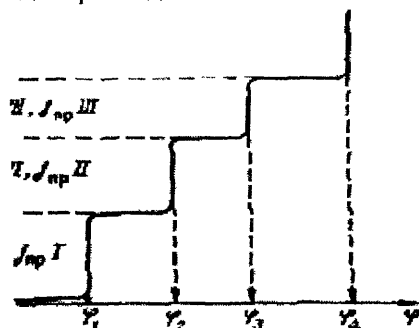
3.22-сурет. Борлы (Орталық Қазақстан) мыс – порфирлі кенорында ЖП - мен бакылау нәтижелері көрсетілген.

1–гранодиорит пен граниттер, порфириттер; 2–гранодиорит – порфирлер; 3– Липаритті – порфирлер; 4–туфтар; 5– кварциттер; 6 – рудалық дене; 7 – тотыққан рудалар; 8 – морылу қыртысы; 9 – тектоникалық бұзылымдар

3.10.3. Поляризацияланған қисықтардың контакт тәсілі

Табиғи және жасанды поляризацияланудың себебі болып табылатын электро – химиялық процестерді зерттеу электрлік барлау әдістерінің тағы бір модификациясын анықтауға мүмкіншілік берді. Оның атауы поляризацияланған қисық тардың контакт тәсілі (ПҚКТ).

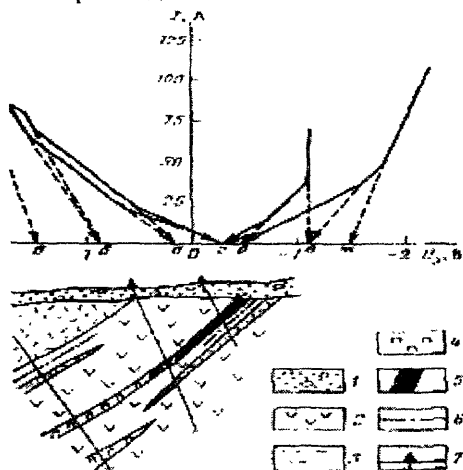
Бұл тәсілдің мәні руда арқылы өткізілген ток күшінің өзгерісі кезіндегі рудалы дененің кіріктіруші ортамен жер бетіндегі түйіскен жерінде жасанды электрохимиялық процестерді туындату (қоздыру). Осының нәтижесінде пайда болатын электрохимиялық процестер поляризациялану қисықтары түрінде тіркеледі.



3.23-сурет. Идеалды поляризацияланған қисық көрсетілген

Жер бетіндегі электронды өткізгіш минералдарымен сұйық фазаның түйіскен жерінде контактінің потенциалдар айырмасы пайда болады. Оны тағы да электронды потенциал U_e деп атап, оны электрод – минерал және стандартты теңестіру электроды арасындағы потенциалдар айырымы сияқты өлшейді. Минералдардың электронды потенциалы 0,2 В-тан – 2 В-қа дейін ауытқиды. Қатты және сұйық фазалар шекарасындағы контактілі потенциалдар айырымынан тағы басқа фазалар арасындағы бөлшектердің алмасуы пайда болады.

Сыртқы (ошак) ток көзінің қосылуына байланысты үлгі бетінде электрондардың кетуі немесе келуі (пайда болуы), оның поляризациялануына сәйкес анықталады. Теріс полюс қосылған жағдайда электрондар ағыны үлгіге бағытталып, оның бетінде катодты процесс күшейеді.



3.24-сурет. Мыс – никелді руда орындарында КСПК мен бақылау нәтижелері: 1 – төрттік жүйе; 2 – филлиттер; 3 – габбро; 4 – перидотиттер; 5 – руда; 6 – тектоникалық бұзылым; 7 – ұңғыма

Олардың қайта калпына келу қабілеті бар, яғни бұл электрондардың қосылуымен байланысты. Оң полюстің қосылуына байланысты электрондар ағыны үлгіден қарсы бағытта таралады. Бұл қышқылдану реакциясының күшеюіне әкеледі. Сонымен, екі жағдайда да фаза контактысында тепе-теңдік бұзылып, фазалар шекарасы арқылы ошақтың сыртқы электр тогы таралып, қос электрлік қабаттың құрылысы, таужыныстарының жапсарларында потенциал айырымы өзгереді.

Электрхимиялық реакцияға қатысатын компоненттер өтетін ток мөлшері не байланысты шығындалып, реакция өніміне ауысады. Егер келетін, кететін электрондардың

жылдамдығы реакция ағымының жылдамдығынан көп болса, онда фазалық шекарасында артылып қалған зарядтардың болуына байланысты қос қабатты электр зарядтары құрылысының өзгеруі күшейіп, бұл беттік электрон (б/э) шамасының өзгеруіне әкеледі.

Егер электрохимиялық реакцияларға ионды, яғни жоғары энергетикалық деңгейде түсетін компоненттер үлгі құрамында болса, онда бұл тек б/э шамасы белгілі мәнге жеткендігі. Сөйтіп, үлгіде кезектесе бірнеше электрохимиялық реакциялар ағып, бірақ олардың әрқайсысына сәйкес әр түрлі ағынды токтың мәні мен электродтың потенциалына тең болады. Ток күші мен электродтар арасында потенциал тәуелдіктерінің графиктері поляризацияланған графиктер қисығы деп аталып, электрохимиялық реакциялардың кезектесіп туындау процесін көрсетеді. Ол саты тәрізді болып келген. Әр саты баспалдақ реакцияға сәйкес реакция потенциалына тең. Тік осьті абсциссамен қиылысқанша созу арқылы біз электр потенциалдарының мәнін анықтай аламыз. Оларды реакция потенциалдары деп атайды. Сатылы қисықтың ординатасы бір реакциядан екінші реакцияға өтуі ток күшінің мәні болып табылады.

Реалды поляризацияланған қисық түзулерінің қиылысуы тік бұрышты болмайды.

Анодтық процестер тотығу сипатында болып және әсерлесуші атомдар компоненттерін жоғалтуымен жалғасады. Мысалы, бұл процесті пирит пен мынандай реакция түрінде көрсетеді: $\text{FeS}_2 \rightarrow \text{Fe}^{++} + \text{S}^0 + 2\text{e}^-$; Fe^{++} және S^0 қалыптасқан компоненттер тағы да тотығады: $\text{Fe}^{++} \rightarrow \text{Fe}^{+++} + \text{e}^-$



Компенсациялау генераторы потенциалдарды өлшеу тізбегінің құрамына кіреді. Өлшенетін параметрлер екі каналды тіркеу арнасы 9 (регистратор) көмегімен жүргізіледі.

Электрод – снаряды үшін ең жақсы материал платина болып табылады, бірақ кейде тотықтанбайтын болатты

қолдануға болады. Поляризацияланбайтын өлшеуге арналған электрод ретінде қаныққан каломельді электрод қолданылады, кедергісі 5–10 Ом-нан аспау керек. Әдетте, 20–50 параллель қосақталған электродтардан жасап және де оны ылғалдайды. Ұңғымадан 0,3–1 км қашықтықта орналастырады.

Контактілік тәсілде поляризацияланған қисықтармен жалпы жұмыс жасау принципі мынандай: Станцияны ұңғымаға жақын орналастырып, ұңғымаға снаряд – контактор түсіріледі. Руда мен таужынысының (жапсарында), оны лебедка көмегімен осы тереңдікте бекітеді. Бұдан кейін катодтық немесе анодтық процестерден поляризацияланған қисықтан бірінші реакцияны тіркеу үшін керекті компенсация кедергісі таңдалады. Осының нәтижесінде әр реакцияны көрсететін бірнеше қисық тұрғызады. Токты бір бағытта тіркегеннен кейін қарама-қарсы поляризациялап, бақылау жүргізеді.

Руданың минералдық құрамын 3.24-суретте көрсетілген әдіспен анықтайды. Ол үшін поляризацияланған жанама қисықтарын абсциссамен қиылысқанға дейін созып, потенциалдар мәнін (Вольтпен) түсіріп алу керек.

Руданың негізгі минералдарымен жасалған электро-химиялық реакция эксперименттері нәтижесіне сәйкес *a, б, в, г, д, е, ж* нүктелерінде потенциал реакциясының минералдарын анықтайды. Мәні 0,15; +0,9; +1,45 В-ке сәйкес келеді. Бұл мәндер халькопиритке, пирротинге, графитке тән. Бұл тереңдікте зерттелінген рудалық денеден руданың минералдық құрамы мен геометриясын, пропорционалдық коэффициентін анықтауға болады.

$$\beta = \frac{dh\alpha}{d^A h^A \alpha^A}.$$

Алынған өрнектерді қолдану арқылы. S шамасын анықтау үшін келесі өрнекті қолданамыз:

$$S = \frac{S^A}{\beta C^A} = \frac{K^A I_{пр}^A}{\beta C^A} = \frac{K_{100}^A I_{пр}^A}{C^A}.$$

Бұл өрнекте егер рудалық минералдың құрамы мен коэффициенті $I_{\text{пр}}$ берілген болса, онда дененің созылу ұзындығын келесі өрнек арқылы анықтап, рудалық дененің ауданын анықтауға болады:

$$l = \sqrt{S/2}$$

бұл өрнек созылмалы және линзалы кенорындарына негізделген.

3.10.4. ЖП әдісінің қолданылуы

ЖП әдісін геологиялық қимада поляризациялануы жоғары объектілерді анықтауға қолданады. Мұндай объектілерге негізінен электронды өткізгіш минералдары бар нысандар жатады: темір, сульфид, мыс, никель, қорғасын, күміс, молибденит, магнитит, ильменит, графит, пиролюзит т. б.

ЖП әдісінің мақсаты – аталған минералдың шоғырларын анықтауда емес, тек бұл минералдардың дақтық рудаларын іздеу және барлау. Сонымен қоса, ЖП әдісі массивті рудаларды іздеуге қолданылады. Массивті руда кенінің айналасындағы ЖП аномалиясы бір жағынан кен мен қоршаған ортаның жапсарларында болатын поляризациялық процестерге, екінші жағынан әдетте, массивті рудалар кенін қоршайтын дақты рудалар ореолының поляризациясымен байланысты.

Егер таужыныстары минералдар сульфидінен немесе көмірқышқылды заттардан тұратын болса, онда көптеген аномалиялар пайда болып, олардың арасында перспективті өндірістік рудаларды анықтау қиынға соғады. Бұл жағдайда ЖП әдісін басқа геофизикалық және геохимиялық әдістермен комплексті түрде жүргізеді. Комплексті жұмыстардың нәтижелерін талдау арқасында көп жағдайда геофизикалық аномалияның табиғатын бағалауға болады.

Саздың және құмтастың құрамына, жерасты сулардың минералдануына және басқа критерийлерге байланысты шөгінді құрылымдардың зоналарын анықтау мақсатында инженерлік–

гидрогеологиялық карталауды жасауға ЖП әдісін қолдану әрекеттері жасалған. Эксперименттік жол және ЖП әдісімен өлшеу кезінде анықталатын η , ρ геофизикалық параметрлері және таужыныстарының жеке жиынтығының гидрогеологиялық параметрлерінің арасындағы коррелятивтік байланысы анықталып, жерасты суларының көлемі бағаланады.

Соңғы жылдары мұз күйіндегі ионды – өткізгіш таужыныстарының аномальді жоғары поляризациялануы, сұйық күйіндегі таужыныстарына қарағанда поляризациялануы бойынша дифференциалануы әлде қайда жоғары болатындығы анықталған. Мұз күйіндегі жыныстарының поляризациялану деңгейі η мәні 10% -дан жоғары болуы мүмкін. Бұл ЖП әдісі бойынша.

Мұз күйіндегі жыныстардың поляризациялануы ЖП әдісінің қолданылу облысын кеңейтіп, бірақ басқа жағынан кіріктіруші ортадағы мұзды жыныстардың жоғары поляризациялануы рудалы аномалияларды анықтауды қиындатады. Сол себептен, көп жылдық мұзды аймақтарында рудалық геофизика міндеттерін шешу үшін ЖП әдісін қолдану тиімді, ең алдымен ЖП аномалиясының табиғатын бағалауға қосымша критерийлерді тауып пайдаланған жөн.

Сонымен нақтылап айтқанда ЖП әдісінің қолдану облыстары:

1. Рудаланған аудандарды іздестіру (пириттелген, графиттелген көмірленген таужыныстарының зоналарын).
2. Полиметалды кенорындарын (электрөткізгіш) іздеумен барлау.
3. Көмір және графиттелген кенорындарын іздеу.
4. Горизонтальды қималарды жіктеу және құрылымдық зерттеулер.
5. Геологиялық карталау.
6. Жерасты суларының су деңгейін, алар орнын, тереңдігін, қалыңдығын анықтап, минералдану деңгейіне байланысты бөліп, жіктеу.

Бүгінгі күні ЖП әдісі–рудалы кенорындарын іздеуде электрлік барлау әдістерінің ішінде, кең тараған тереңдік

әдістердің бірі. Бұл қоршаған ортаның таужыныстарымен төрттік кезең құрылымының поляризациялануынан туындайтын кедергі деңгейінің төмендеуімен түсіндіріледі. Бұл деңгей η әдетте 1–2% -дан аспайды. Ионды-өткізгіш таужыныстарының поляризациялануы олардың ылғалдығы мен минералдануына байланысты. ЖП әдісін шөгінді таужыныстарынан құралған қималарды бөлу үшін суды іздеуде, тұщы сулы коллекторларды анықтауда қолданылады. Мұндай мақсаттарды шешуде ЖП-ны профильдеу және зондылау қолданылады.

4. АЙНЫМАЛЫ ТОКПЕН ЖҰМЫС ІСТЕУГЕ АРНАЛҒАН ӘДІСТЕР

4.1. Айнымалы электромагниттік өріс теориясынан түсінік

Табиғатта жекелеген электр зарядтары (электрондар, протандар, йондар және т.б.) кездескенімен, магнит зарядтары – жоқ, кездеспейді. Тек қана жекелеген магнит дипольдерінің кездесуі анықталған (мүмкін). Осыған байланысты барлық электромагниттік құбылыстардың алғашқы себебі нақты геологиялық ортадағы бөлшектердің электрлік жағдайларымен айқындалады. Бөлшектердің электрлік жағдайлары уақытқа тәуелді немесе кеңістікте өзгергенде электр тогы пайда болып, осыған сәйкес магнит өрісі туындап, электромагниттік өріс қалыптасады. Тек қана вакуумда жоғары жиіліктегі өрістер теориясының негізін зерттеу кезінде электрлік және магниттік құраушылардың өзара теңдігі анықталған.

Фарадей мен Ампер электр зарядтарынан пайда болған токтар магнит өрісімен тұйықталады деп ойлайды, яғни $\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j}$.

Максвелл өз кезегінде Фарадей мен Ампер, Био және Саваро, Ленце сияқты т.б. Физиктердің ашқан заңдарын жүйелеп, электромагниттік өрістің математикалық теориясын жазған.

Максвелл электр өрісі тізбегіне конденсатор жалғастырып токтың ығысуынан электр индукциясының уақытқа тәуелді өзгеруін зерттеп, магнит өрістері тек-қана зарядтардың ағымынан (өткізгіш токтарынан) – ғана емес токтың ығысуынан да туындайтындығын дәлелдейді, немесе

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \varepsilon_a \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}.$$

яғни

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}. \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{H} &= \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{H} &= 0 \\ \operatorname{div} \vec{D} &= q_3 \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

Сонымен Максвеллдің төрт теңдеуі бес белгісіздіктен тұрады: $H, E, \vec{D}, B$

Максвеллдің бұл теңдеулерінде геологиялық ортаның электрлік параметрлері қатынаспайды. Сондықтан оның физикалық параметрлеріне тәуелді емес. Олар электромагниттік өрістің қасиеттерін жан-жақты ғана сипаттайды. Төменгі шартты белгілермен енгізілген, үш теңдеу электромагниттік өрісті нақты ортада байланыстырып, анықтауға мүмкіндік береді. Өйткені, олар материалдық параметрлерден (γ – электр өткізгіштігі; ε_a – диэлектрлік өтімділік және μ – магниттік өтімділік; q_3 – белгілі бір көлем ішіндегі бос электр зарядтарының тығыздығы, $q_3 \approx 0$ жуық;) құралған:

$$\vec{j} = \gamma \vec{E}, \quad \vec{D} = \varepsilon_a \vec{E}, \quad \vec{B} = \mu \vec{H}, \quad \gamma = \frac{1}{\rho}.$$

$\vec{H}, \vec{E}, \vec{J}$ – Электр, магнит өрістері векторларының кернеулігі,
 ϑ – ток тығыздығы;

$\vec{D}, \vec{B}$ – электр және магнит индукцияларының векторлары;

γ – электр өткізгіштігі; ε – диэлектрлік өтімділік және μ – магниттік өтімділік;

q_3 – белгілі бір көлем ішіндегі бос электр зарядтарының тығыздығы, $q_3 \approx 0$ жуық; Дифференциалау (t) уақытымен жүргізіледі. Қалыптасу тәртібі (режимі) $t > 1c$.

Максвелл теориясының физикалық мәні өріс векторлары мен ток тығыздығы және зарядтардың арасындағы байланысты қалыптастырады. Олар өріс кернеулігі мен зарядтардың материалдық ортада өзара тәуелділігін сипаттайды. Жоғарыда 150

енгізілген екі система өрісті сипаттап және оларды туындатқан өріс көздері жоқ аймақтарда болғаны дұрыс болар еді. Алғашқы өрісті туындатқан көзді ескеру яғни өріс туындатушы біртекті ортада өрнек жүйесінің бірінші тендеуінің оң бөліміне «сыртқы» ток тығыздығын $\mathbf{a}_{\text{ст}}$ ал, төртінші тендеудің оң бөліміне «сыртқы» тығыздық $\mathbf{q}_{\text{ст}}$. ($\mathbf{a}_{\text{ст}}$, $\mathbf{q}_{\text{ст}}$) – параметрлері өрістің көзі ретінде сипатталады. Максвеллдің бірінші тендеуінің оң және сол бөлімдерінен ротор алып сондай-ақ, $\text{rot}\mathbf{H}=\text{grad}$ $\text{div}\mathbf{H}-\Delta\mathbf{H}$ тең десек, тағы да осы тендеу жүйесінің басқа тендеулерін ескере отырып, $\mathbf{H}$ -қа арналған телеграфтық тендеу деп аталатын дифференциалдық тендеуді аламыз:

$$\Delta\mathbf{H} = \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial\mathbf{H}}{\partial t} + \varepsilon\mu \frac{\partial^2\mathbf{H}}{\partial t^2}. \quad (4.2)$$

$$\Delta\mathbf{E} = \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial\mathbf{E}}{\partial t} + \varepsilon\mu \frac{\partial^2\mathbf{E}}{\partial t^2}. \quad (4.3)$$

Егер изоляторда $\rho \rightarrow \infty$ шексіздікке ұмтылуымен сипатталса, телеграфтық тендеу толқындық тендеуге айналады:

$$\Delta\mathbf{H} = \varepsilon\mu \frac{\partial^2\mathbf{H}}{\partial t^2}. \quad (4.4)$$

Өткізгіш ортада ($\rho \rightarrow 0$) ұмтылып ол жылу өткізгіштік тендеуіне айналады:

$$\Delta\mathbf{H} = \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial\mathbf{H}}{\partial t}. \quad (4.5)$$

Яғни, бұл жағдайда электромагниттік өрістің ауытқуы, өзгеріп таралуы, қызған заттан жылудың таралуына ұқсас болады.

Гармониялық өзгертін электромагниттік өріс. Электрлік барлауда айнымалы токпен гармониялық өзгертін өріс жиі қолданылады.

Гармониялық өзгертін өрістің әрбір параметрі төмендегідей символдық түрде (формамен) беріліп, тендеулері мынадай өрнекке ие болады:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot} H &= \gamma_{\kappa} E = -i \omega \epsilon_{\kappa} E \\ \operatorname{rot} E &= -i \omega \epsilon_{\kappa} H \\ \operatorname{div} H &= \operatorname{div} E = 0 \end{aligned} \right\} \quad (4.6)$$

Кешенді электр өткізгіштігі γ_{κ} мен диэлектрлік ϵ_{κ} өтімділіктері тең.

$$\gamma_{\kappa} = i \omega \epsilon_{\kappa}, \quad \gamma_{\kappa} = \gamma - i \omega \epsilon_{\kappa}, \quad \epsilon_{\kappa} = \epsilon - \frac{\gamma}{i \omega}. \quad (4.7)$$

Осы тендеулер жүйесінен айнымалы электромагниттік өріс теориясының негізгі дифференциалды тендеуін оңай алуға болады.

$$\Delta H = k^2 H, \quad \Delta E = k^2 E. \quad (4.8)$$

Толқындық сан k мына өрнекпен анықталады.

$$k^2 = -(\omega^2 \epsilon \mu + i \omega \epsilon \mu), \quad k = b - i a \quad (4.9)$$

Гельмгольцтің біртекті тендеуімен енгізілген туынды электромагниттік өріс мазмұндалады. Ол бірінші өріспен бірігіп өрістердің (қосынды) жиынтығын көрсетеді. Тәжірибе жүзінде бұл өрістер электрлік барлау әдістерімен тіркеледі.

10 өрнекте толқындық санның нақты және болжам бөліктері тең: $b = \omega$

$$b = \omega \sqrt{\epsilon \mu} \sqrt{0,5 \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\gamma}{\omega \epsilon} \right)^2} - 1 \right]}, \quad a = \omega \sqrt{\epsilon \mu} \sqrt{0,5 \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\gamma}{\omega \epsilon} \right)^2} + 1 \right]}. \quad (4.10)$$

Оларды теріс таңбалармен алу қалыптасқан. Сонымен, айнымалы электромагниттік өріс ортада үш қасиеттерімен анықталады: $\gamma = \frac{1}{\rho}$, ϵ , μ және келесі (k , a , b , n) электромагниттік параметрлерімен.

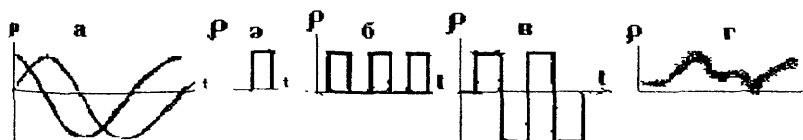
4.1.1. Уақытқа тәуелді косинус заңымен өзгертін гармониялық және импульстік өрістер

Гармониялық ауыспалы өрістер. Бұл өрістерде кернеулік, ток тығыздығы, потенциал айырмасы т.б. ерекшеліктері косинусоидалық және синусоидалық заңмен, импульстік периодтармен өзгереді (4.1-суретті қараңыз).

$$H = H_0 \cos(\omega t + \varphi_H), \quad E = E_0 \cos(\omega t + \varphi_E), \quad \alpha = \alpha_0(\cos(\omega t + \varphi_1)).$$

H , E , α — магниттік, электрлік өріс кернеуліктерінің лездік мәні және уақыттың t мезгіліндегі ток тығыздығы. H_0 , E_0 , α_0 — амплитудалық мәндері. ω — айнымалы жиілік немесе $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$; T — периодтар саны 2π секундта. Егер екі шама $\omega_1 = \omega_2$ және әр түрлі φ_1 мен φ_2 болса, онда фазалар ығысуы. Әдетте, бастапқы фаза I қоректендіруші тізбегінде.

$(\omega t + \varphi_1) - (\omega t + \varphi_2) = \varphi_1 - \varphi_2$ ф а з а л а р ы ғы с у ы — дейді.



4.1-сурет. а — гармониялық; б — жалғыз, в — периодты полярлы; г — әр түрлі полярлы; д — кездейсоқ

Әдетте, бастапқы фаза I қоректендіруші тізбекте (жерге қосылмаған ілмекте генератордың рамкасы және т.б.) нөлге тең деп алынады $\varphi_1 = 0$. Бұл жағдайда қалған өлшемдердің φ_H мен φ_E

бастапқы фазасын, алғашқы I – фазамен салыстырғанда жылжымалы фаза болып саналады.

Жалпы жағдайда өрістің (сыңарларын) компоненттерін символикалық формада көрсеткіш функциясымен жазуға болады. I_{φ_n}

$$H = |H|e^{i(\omega t - \varphi_n)} = |H| e^{-i(\omega t - \varphi_n)} = |H| e^{i\varphi_n} e^{-i\omega t} = H e^{-i\omega t}. \quad (4.11)$$

$$E = |E| e^{-i(\omega t - \varphi_E)} = |E| e^{i\omega t} = E e^{-i\omega t}. \quad (4.12)$$

H, E – кешенді амплитудалары нақты және жорамал бөліктерімен.

$$H = |H| e^{i\varphi_n} = |H| \cos \varphi_n + i |H| \sin \varphi_n = \operatorname{Re} H + i \operatorname{Im} H. \quad (4.13)$$

$$E = |E| e^{i\varphi_E} = |E| \cos \varphi_E + i |E| \sin \varphi_E = \operatorname{Re} E + i \operatorname{Im} E. \quad (4.14)$$

Кешенді амплитуданың мөлшері өріс кернеулігінің лездік мәніне тең $\omega t = 0$.

4.1.2. Айнымалы электромагниттік өрістің негізгі сипаттамасы

Тұрақты электрөріс көзімен жұмыс істегенде.

1. Өріс көзінің бөлініп таралуына;
2. Таужыныстарының меншікті электр кедергісіне;
3. Таужыныстарының поляризациялануымен байланысты болса.

Айнымалы электромагниттік өріс мына параметрлерге тәуелді:

- ε – диэлектрлік тұрақтылығына;
- μ – магниттік өтімділігіне;
- γ – ортаның меншікті электрөткізгіштігіне.

Бұл электр параметрлері өріс компоненттерінің бағытын анықтап, то л қ ы н д ы қ с а н құрамына енеді.

$$k^2 = \omega^2 \epsilon \mu (1 + i\gamma / \epsilon \mu).$$

ω – айналмалы жиілікке.

Электрлік барлау әдісінде (төменгі жиілік бірден – мың Гц) $\gamma \gg \omega \epsilon$, олай болса, $\epsilon_{\text{пров}} \gg \epsilon_{\text{сметч}}$, немесе 1-ді елемесе де болады, $k^2 = \omega \epsilon \mu$, егер $i = 1$ - деп қарастырсақ.

$$1/k = \sqrt{\omega \epsilon \mu} \quad (4.15)$$

Магнитсіз ортада $\mu = 4\pi 10^{-7}$ Гн/м; $1/k = 2,81 \cdot 10^{-3} \sqrt{f/p}$, Гц; p ом.м (Электромагниттік өріс компонентінде: r – ток көзіне дейінгі ара қашықтық.

k -толқындық сан. kr -көбейтіндісі түрінде ғана әсер ете алады. Оның модулі «Сан аралық қашықтық» – деп аталып және мөлшері өлшенбейді. Төменгі жиіліктегі электромагниттік өрісте «сан аралық» қашықтықты P – әрпімен белгілеп өріс параметрі – деп атайды;

$$P = kr = 2,81r \sqrt{f/p}; \quad (4.16)$$

r -км мен өлшенеді. «Сан аралық» қашықтық $/kr/$ -ге байланысты электромагниттік өріс көздері былай бөлінеді:

1. Жакын немесе индукциялық зона $/kr/ \ll 1$, ендеше $r \ll \lambda$ - (толқын ұзындығы);

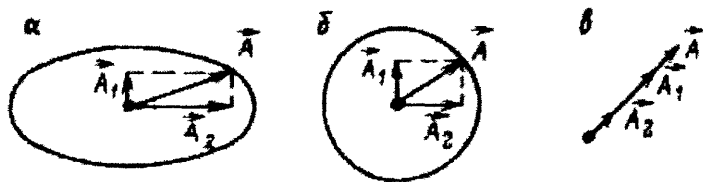
2. $/kr/ \gg 1$ немесе $r \gg \lambda$ - алыс немесе толқындық зона деп атайды;

3. Аралық зона $/kr/ \sim \lambda$.

Екі вектор бар A_1 және A_2 амплитудасы және фазасы әртүрлі, бірақ бірдей жиілікпен.

$$A_1 = A_0(\cos(\omega t + \phi_1)), \quad A_2 = A_0 \cos(\omega t + \phi_2). \quad (4.17)$$

A_1 мен A_2 фазаларының ығысуына байланысты олардың бағыты мен геометриясы уақытқа тәуелді.



4.2-сурет. Эллипстік шеңберлік, түзулік

Толық вектор A -ның өзгеруі, яғни кеңістікте толық период мерзімінде A векторымен сызылатын қисық, A -векторының *годографы*.

Годографтар, A_1 және A_2 векторларының жазығындағы поляризацияланған эллипс. Егер өріс құраушыларының фазасы 90° - қа ығысса, бір-біріне перпендикуляр және шамалары тең болса, эллипс поляризациясы шеңберге айналады (эксцентриситет тең 0). Егер екі компоненттің бірі «0» немесе екеуі де бір бағытта дәл келсе, $\phi_1 = \phi_2$ эллипс түзуге айналады (эксцентриситет = 1).

Импульсті өзгертін өріс. Импульсті токтың қарапайым түрі сатылы өзгертін өріс. Магниттік және электрлік өрістер ток қосылғанда өзінің тұрақты деңгейіне дейін жетеді. Ал, токты өшіргенде бірден жоқ болып кетпей, өте күрделі «ауыспалы процестердің әсерінен біртіндеп азайып немесе «өрістің қалыптасу процесі». Біртекті ортада айнымалы электромагниттік өрістің магниттік және электрлік құраушылары электрлік ϵ , μ , γ параметрлерімен телеграф теңдеуіне бағынады (4.3; 4. 4) – теңдеулері.

Бұл теңдеулерді айнымалы электромагниттік өрістің векторлық потенциалымен ауыстыруға болады.

$$\Delta A = \epsilon \mu \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} + \mu \gamma \frac{\partial A}{\partial t}. \quad (4.18)$$

$$\text{Бұл теңдеуді ықшамдаса,} \quad \Delta A = -k^2 A. \quad (4.19)$$

k – толқындық сан. Гельмгольцтің теңдеуі.

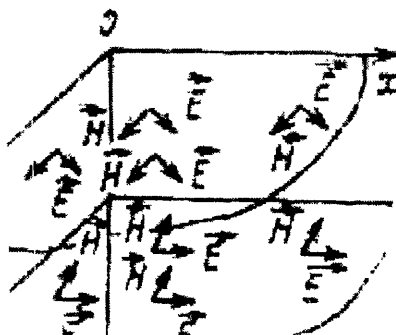
Әртекті ортадағы электромагниттік өріс. Жазық электромагниттік өріс қатпарлы ортада. Егер кернеулік векторлары барлық нүктелерде кез келген жазықта, толқынның таралу бағытына перпендикулярлы болып, әр түрлі уақыттың бірдей мәнге ие болса. Бұл жазықтықтарды *ф а з а л ы қ беткейлер* – деп атайды. Олардың таралу бағытын *z* тік осьпен бағытталған деп алсақ толқын *жазық біртекті* – деп аталады. Жазық гармониялық толқынның өріс кернеулігінің символдық формасы былай болады:

$$E = E_0(z)e^{-i\omega t}, \quad H = H_0(z)e^{-i\omega t} \quad (4.20)$$

Бұл жағдайда
$$\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{\partial E}{\partial y} = \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\partial H}{\partial y} = 0, \quad (4.21);$$

Олай болса, Гельмгольц теңдеуіндегі векторлардың амплитудасына E_0 , H_0 арналған түрі төменгідей болады.

$$\frac{\partial^2 E_0}{\partial Z^2} = k^2 E_0, \quad \frac{\partial^2 H_0}{\partial Z^2} = k^2 H_0. \quad (4.22)$$



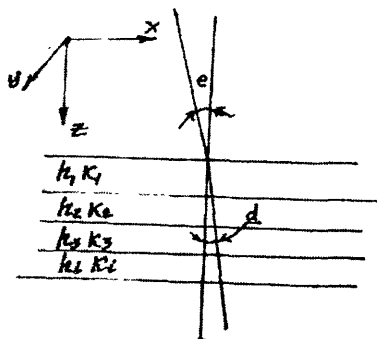
4.3- сурет. Жазық толқындар

25 дифференциалды теңдеудің формалды шешімі, экспонент жиынтығы түрінде жазылып, толқындардың оң және теріс бағыттағы z осімен таралуын сипаттайды.

$$\left. \begin{aligned} E_0 &= Ae^{kz} + Be^{-kz} \\ H_0 &= Ce^{kz} + De^{-kz} \end{aligned} \right\} \quad (4.23)$$

Интегралдау тұрақтылары A, B, C, D міндеттің физикалық талабына сәйкес табылады. 23 теңдеудің дұрыстығына көз жеткізу үшін оларды 22 теңдеуге қоюға болады.

Жазық өрістің таралу теориясы математикалық тұрғыда басқа өріс көздеріне қарағанда әлдеқайда жеңіл болады. Табиғатта жазық өріс көзіне ионосферада орналасқан магнитотеллурлық өріс көзі алынады. Егер жазық электромагниттік өріс толқыны қатпарлы ортаға белгілі бір (e) бұрышпен түссін. Егер өрістің толқын көздері айнымалы ток көзімен немесе ионо – сферада байланыста болатын 80–100 км биіктіктегі табиғи айнымалы электромагниттік өріспен (жоғарғы шекарасы – Жердің магнит өрісінің сырты) қоректендірілсе және осы ток көзінің толқыны, зерттелетін аудан ұзындығынан әлдеқайда алыс қашықтықта орналасса, онда оны электромагниттік өрістің *жазық толқыны* – деп атауға болады. Жазық толқын түскенде сынады.



4.4-сурет. Жазық толқын сыну зонасында

Сыну зонасында электромагниттік өрістің таралуы:

$$\sin e / \sin d = \frac{v_B}{v_3} \quad (4.24)$$

Жылдамдығы ауа мен жерде ауаның кедергісі шексіз үлкен, $v_B \geq v_3$ болғандықтан, $d -$ бұрышы $d \approx 0$, яғни сынған толқын жер бетіне 90° -пен тік таралады.

Егер тік бұрышты система координатасын енгізсек. $E -$ векторының толқын бағыты ось x -пен, ал $H -$ векторы ось y бағытымен таралып өзгерсе, 4.4-суреті, онда электромагниттік өріс өзара перпендикулярлы екі компонентке ие болады. E_x, H_y . Бұл екі шаманың өзара қатынасын «импеданс» деп атап немесе қиманың толқындық кедергісі дейді.

$Z = E_x / H_y$. Өлшем бірлігі $(B/m)/(A/m) = \text{Ом}$.

Қабатты ортаның импедансы. h_1 -ден k_1 (толқындық сан) дейміз.

4.1.3. Жасанды электромагниттік өрістерді туындату тәсілдері

Электромагниттік өрістерді туындату тәсілдері: табиғи электромагниттік өрістер, энергетикалық қондырғылар мен өндірістік қондырғылар, ЛЭП. Табиғи құбылыстарға байланысты пайда болатын: электрохимиялық, электрокинетикалық. Ионосферада – электродинамикалық топтарын жатқызуға болады. Электромагниттік өрістерді туындатудың жасанды тәсілдеріне жататындар: гальваникалық тәсіл, индуктивтік, сыйымдылық және аралас тәсілдері болады.

Гальваникалық тәсіл. Жермен тұйықталған екі темір қазықты, яғни электродтарды (әрі қарай осылай деп атаймыз) потенциалдар айырмасымен (гальваникалық элемент-батарея, аккумулятор; тұрақты ток генераторы т.б.с.с) жалғастырамыз. Кедергіні азайту үшін электродтарды топтастырып, күрделі түрде жалғайды.

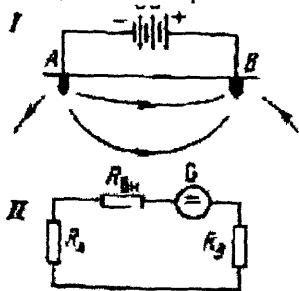
$$R_{\text{обш}} = R_i / n$$

Егер

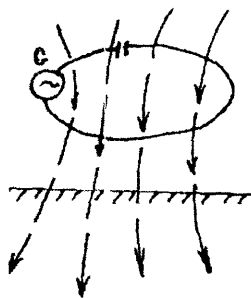
$$\bar{I} = \bar{E} / (R_A + R_B + R_{np} + R_l).$$

Егер электродтар бірдей болса, тізбектің толық кедергі электродтардың кедергісі мен сымдардың және электр көзінің ішкі кедергісінің қосындысынан тұрады.

Индуктивтік тәсіл. Электромагниттік өрістерді туындату мақсатында саны бірнеше ондаған-жүздеген болатын.



4.5-сурет. Электромагниттік өрістерді туындатудың негізгі және эквивалентті схемасы

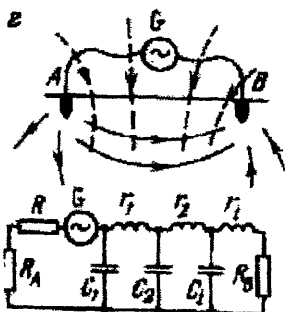


4.6-сурет. Генератормен тұйықталған, жерге қосылмаған өткізгіштің электромагниттік өрісі

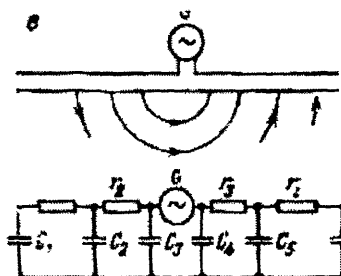
Кедергісі аз өткізгіш сымдардан істелген буманы, (дөңгелек ілмек, квадрат, төрт бұрышты рамалар сияқты түрлерін) геологиялық міндеттерге сай етіп таңдап алып, жер бетіне таратып жазады (ары қарай ілмек немесе рама деп атаймыз). Осы таратылған (жазылған) өткізгішті айнымалы ток генераторымен тұйықтаса, ілмектен немесе рамадан өткен токпен жердің астында және үстіне электромагниттік өріс тарайды. Жерастының өткізгіш қабаттарына индукцияланған электромагниттік өрістен пайда болған э. қ.-нің электр тогы қосымша туынды электромагниттік өріс туындатады. Қосымша өріс пен алғашқы өріс қосылып, жер бетінде өрістер жиынтығының тиімділігі (эффектісі) пайда болады.

А және В электродтары жалғастыратын өткізгіш сымдар айнымалы кернеулік генераторы (G) мен тұйықталады. Осыған байланысты А, В электродтарынан жердің кез келген нүктесінде

туындаған айнымалы электр зарядтарынан және электродтардың арасын жалғастыратын өткізгіш сымның бойындағы электромагниттік өрістің жерастына индукцияланып таралуынан туындаған электрлік және электромагниттік өрістердің жиынтығынан тұрады.



4.7-сурет. Аралас тәсіл
коректендіруші тізбекте ток
көзінің жүктемесі ретінде жерге
қосылған екі электрод А және В



4.8-сурет. Сыйымдылық
тәсілі жерге қосылмаған
екі электрод А және В

Ток көзінің жиілігі неғұрлым жоғары болса, жермен тұйықталған электродтардың кедергісі соғұрлым үлкен болады. Өрісті есептеген кезде өткізгіш сым бойы мен жердің арасындағы қалыптасқан $C_1, C_2, C_3, \dots, C_i$ сыйымдылықтарын да ескерген жөн. Олар арқылы токтың бір бөлігі жерастына бағытталады. $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_i$ кедергілері де осыларға сәйкес орналасады.

4.1.4. Электрлік және магниттік дипольдерге түсініктеме

Айнымалы электромагниттік өріс көзінің қорынан электрлік және магниттік дипольдерді алуға болады.

Электрлік диполь – деп (кейде Герц вибраторын айтады) қысқа сымдардың кесіндісін ($dz = \ell$) (ұштары жермен тұйықталған немесе тұйықталмаған болса) және олардың

бойынан айнымалы гармониялық ток күші (I) өтетін болса, $IdZ=P$, көбейтіндісін электр диполінің *электр моменті* – деп атайды.

Дипольдің бойынан өтетін токты екі шаманың өзара тең мөлшері, таңбалары әр түрлі зарядтардың уақытқа байланысты гармониялық заңмен өзгертін болса,

$$q = q_0 e^{-i\omega t}.$$

Онда

$$I = \frac{\partial q}{\partial t} = i\omega q_0 e^{-i\omega t} = I_0 e^{-i\omega t} \text{ және } P_s = I_0 d z e^{-i\omega t} = P_s e^{-i\omega t}. \quad (4.25)$$

q_0 , I_0 – заряд пен токтың амплитудалық мәндері; ω – айналмалы жиілік; t – уақыт.

Магниттік дипольдің рөлін тұйықталған сым орамдары ауданы S_r - ге тең немесе генератор ілмегі (рамкасы) ауданы S_r . Ондағы сымдардың саны n , гармониялық өзгертін ток (I) күшімен қоректендіретін болса, магнит диполінің *магнит моментіне* тең болады. $P_m = I_s n_r$ құнын арттырады.

4.2. Электромагниттік зондылау

Электромагниттік зондылау әдістері геологиялық қиманы, электромагнит өрістерінің көмегімен тік бағытта зерттеуге негізделген. Бұл әдістердің құрамына ВЭЗ және МТЗ әдістері де кіреді.

Электромагниттік зондылау әдістері айнымалы электромагнит өрісінің электрлік және магниттік құраушыларын бақылауға негізделген жеке топ құрайтын әдістер бар. Олардың қатарына жиілікпен зондылау (ЧЗ) және өрісті қалыптастырып (ЗС) зондылау әдістері кіреді.

Жиілікпен электромагниттік зондылау (ЖЗ) беткейлері көлденең орналасқан геологиялық қиманы, айнымалы гармониялық заңдылықпен өзгертін өріспен қоректендірілетін электрлік барлау әдісін айтады.

Айнымалы электромагнит өрісінің көзі ретінде гармониялық заңдылықпен өзгертін электрлік немесе магниттік диполь қолданылады. Бұл әдіс екі түрлі тәсілмен жүргізіледі. Бірінші тәсілде өріс көзі мен бақылау пункті аралығындағы өрістің өзгерісі зерттелсе, екіншісінде – өріс көзі мен бақылау пункті тұрақты түрде қалып, өрістің әр түрлі жиіліктердегі өзгерісі зерттеледі.

4.2.1. Жиілікпен зондылау

Жиілікпен зондылау ЖЗ электрлік барлаудың классикалық әдістерінің бірі. Жасанды ток көздері арқылы туындайтын электромагниттік өріс компоненттерінің жиілікке тәуелділігін зерттеу арқылы геологиялық орта кедергісінің өзгеруінен мәліметтер алуға мүмкіндік береді. ЖЗ әдісінде тереңдіктің өзгеруі скин-эффект арқылы зерттеледі. Оны былай түсінуге болады: электромагниттік өрістің жиілік қарқындылығы жоғарылған сайын, жер қыртысының жоғарғы қабатында сөну қарқындылығы жоғарылайды. Осыған байланысты жоғары жиіліктерде үстіңгі қабаттарды қамтып, ал жиілік төмендеген сайын тереңге таралып, қиманың төменгі қабаттарынан мәліметтер береді.

ЖЗ әдісімен электромагниттік өрісті зерттеу кезінде жермен тұйықталған АВ-тізбегі немесе жермен тұйықталмаған ілмек (Q), яғни (дөңгелек, квадрат, төрт бұрышты етіп жерге жазылған, кабель-көлденең қимасы, көптеген сым талшықтарын құрайтын – жуан, бумадан тұратын өткізгіш пайдаланылады. Өріс көзін туындатушы (АВ-ның ұзындығы, Q-ілімегінің радиусын – разности «тасымал» – деп атаймыз. Тасымалдың мөлшерінен бірнеше есе асатын аралық (г) қашықтықта, магнит және электр өрістерінің компоненттерін (сыңарларын) өлшеп, осыдан АВ-тізбегі горизонталь электр диполі ГЭД, ал Q – ілімгін тік магнит диполі ТМД деп атайды.

Өріс көзі туындататын ток жиілігі өзгертілсе, бұл тереңдіктің өзгеруіне мүмкіндік береді. Өлшеу нәтижелерінен көрінерлік кедергі есептеліп, ρ_k - қисықтарын тұрғызып, содан

соң талдау жұмыстарын жүргізуге болады.

Электромагниттік зондылаудың басқа әдістерінің ішінде (ЖЗ) классикалық (тарихи) әдіс. ЖЗ әдісі айнымалы өрістерді зерттеуге негізделген соғыстан кейінгі жылдары пайда болды. Оның пайда болуы А. П. Караева, А. Н. Тихонов, Л. Л. Ваниянов аттарымен байланысты. Сол уақытта электрлік барлауда тұрақты ток әдістерін қолдану енгізілді. Платформа жабындарында жоғарғы ом-ды қабаттарының дамуына байланысты тұрақты ток әдісінің нәтижелілігі (эффективтілігі) төмен болған. Тұрақты токтың экранды қабатқа өте алмау себебінен мұндай әдіс тереңдіктері үлкен таратулар мен қуатты ток күші болса да, аз болған. Мұндай жағдайда ЖЗ әдісіне, айнымалы токпен зондылау әдістерін енгізу болашаққа деген үлкен қадам болған. Айнымалы өріс электромагниттік индукциялану арқылы жоғарғы омды экран астына өте алады. Осыған байланысты экран асты қабаттарын зерттеу мүмкіндігі арта түсті. Зондылауды өткізу үшін жасанды өрістерді жиілікпен зондылауды қолдану немесе тасымалды айнымалы токпен тұйықтап бір тарату, яғни бір ілмекті қондырғымен, жұмыс жүргізу, жұмыс сапасын күрт көтерді. Қазіргі уақытта ЖЗ әдісімен шөгінді қабаттарын, жергілікті құрылымын және ауданның кристалдық фундаменттің бедерін, мұнайгазды құрылымдарды іздеу және барлауда, тағы рудалық кенорындарын игеру кездерінде қолданыс табады.

Әдістің көмегімен жер қойнауының терең құрылысын (бірнеше километрлерден) немесе жоғарғы қабаттарын (жүздеген метрге дейін) зерттеуге болады. Тереңдік зерттеулерде жиілігі $10^{-1} - 10^{-3}$ Гц (төменгі жиіліктегі ЖЗ) өрістер пайдаланылса, жоғарғы қабаттарды зерттеу үшін $10^3 \sim 10^7$ Гц жиіліктегі (жоғарғы жиілікті) өрістер пайдаланылады.

Жиілікпен электромагниттік зондылауда ЖЗ электромагниттік өріс жер бетінде АВ диполі немесе Q_0 ілмегімен жиілігі біртіндеп өзгередіін айнымалы электр тогын жіберу арқылы іске асады. Жиілікпен электромагниттік зондылау ЖЗ әдісі бір жағынан ДЗ, ЗС әдістерін еске түсірсе, екінші жағынан МТЗ әдісіне ұқсас. ЖЗ әдісінде де осы әдістермен шешілетін

геологиялық міндеттер орындалады. Дала жұмысы электрлік барлау станциясы мен дипольдік қондырғылар көмегімен орындалады. Қоректендіруші және қабылдаушы дипольдердің арасын қосатын ара қашықтық тұрақты болады. Бұл аралық барлаудың жобалау тереңдігінен 5–10 есе үлкен болғаны жөн, өйткені жұмыс ток көзінің алыс зонасында жүргізіледі. ЖЗ әдісі МТЗ әдісі сияқты «скин – эффект» принципіне негізделген. Ток күші I қоректендіруші тізбектен, ал өрістің екі құраушылары потенциалдар айырмасы мен айналмалы жиілік қабылдаушы

дипольде өлшенеді. Көрінерлік кедергі $\rho_{\text{кв}} = k_{\omega} \frac{\Delta U_{\omega}}{I_{\omega}}$

формуласының көмегімен өрістің екі құраушылары да есептеледі. Логарифмдік бланкке ЖЗ әдісінің қисық сызықтары тұрғызылады. Тік оське көрінерлік кедергі, көлденең оське тереңдікке пропорционал $\sqrt{T}$ параметрі салынады. Бұлардан басқа кернеуліктің амплитудалық мәні фазалардың айырмасы және токтың тірек болар фазасы зерттеледі. Өрістің екі құраушылары және екі ығысу фазасын өлшеу, ЖЗ әдісінің нәтижелерін интерпретациялауды жоғары дәлдікпен жүргізуге мүмкіндік береді. Далалық жұмыс жеке профильдермен немесе бірқалыпты профильдер торабымен жүргізіледі. Зерттеу нүктелерінің арасы жобалау тереңдігімен салыстырмалы деңгейде қолданылатын спектрлер жиілігіне байланысты. ЖЗ әдісінің тереңдігі бірнеше ондаған м-ден бастап алғашқы мыңдаған м-ге дейін өзгереді.

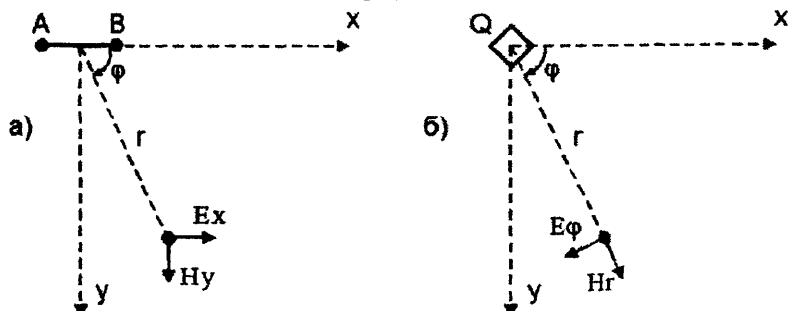
4.2.2. Біртекті ортадағы қалыпты өрістер

ЖЗ қалыпты өрістерін қарастырайық, яғни жартылай кеңістіктегі горизонтальды электрлік ГЭД және тік (вертикальды) магнит ТМД дипольдерінің біртекті ортадағы өрісі. Бұл қарапайым ортаның моделі, өріс компонентінің формуласы күрделі түрге ие. Сондықтан тек жақын және алыс зонаға жуықтағанда құралатын мәндерді қарастырамыз (Электрлік барлау, 1989).

Электромагниттік өрістің компоненттері ток көзінен r аралығында орналасқан нүктеде және ось x -пен бақылау нүктесіне бағытталған φ бұрышына тең. (4.1.2-сурет) ГЭД АВ ось x бойымен бағытталған және P^{ab} моментіне ие ($P^{ab} = I \cdot (AB)$ тәжірибе жүзінде) мұндағы I -ток күші, АВ-тізбегінің ұзындығы). ТМД моменті, тәжірибе жүзінде $P^Q = I \cdot S \cdot N$, мұндағы S -ілемек ауданы, N – бумаланған өткізгіш қимасындағы сымдардың саны.

Пайда болған өрістің айналмалы жиілігі $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ мұндағы жиілік T – өріс периодының, амплитудасы.

Пайда болған өрістің айналмалы жиілігі $\omega = 2\pi ; f = \frac{2\pi}{T}$ мұндағы жиілік T – өріс периодының амплитудасы. Жартылай кеңістіктің кедергісі ρ -ге тең, магнит өтімділігі – μ_0 (магниттелмеген таужыныстары).



4.9-сурет. Қоректендіруші дипольдердің орналасуы және бақылау нүктелері:

а) АВ – тізбегімен б) Q – ілемгін ток көзі ретінде пайдалану

Жартылай кеңістікте толқындық сан $k = \sqrt{-i\omega\mu / \rho}$.

Дипольден тарайтын токты шамалары өзара тең, әр түрлі таңбамен заряд алған, екі мөлшердің, уақытқа тәуелді

гармоникалық заңдылықпен өзгеруі деп қарастырсақ $q = \rho e^{-i\omega t}$,
онда $I = - \frac{\partial q}{\partial t} = i\omega t q_0 e^{-i\omega t} = I_0 e^{-i\omega t}$ және $P_z = I_0 d z e^{-i\omega t}$,

I_0, q_0 – Ток пен зарядтың амплитудалық мәндері

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}; \quad k = \sqrt{\frac{-i\omega\mu}{\rho}}$$

Алыс зона «санаралық» қашықтық – kr параметрінің үлкен мәніне сай болады. $kr \gg 1$. Сөйтіп, сөз жоғары жиілік пен үлкен ара қашықтықта (тасымалда) болады.

Жақын зонада «санаралық» қашықтық $kr \ll 1$. Бұл жағдайда төменгі жиілікке кішкентай ара қашықтыққа, яғни тасымалға сәйкес келеді деп түсінуге болады.

Электромагниттік өріс өткізгіш кеңістікте e^{-kr}/r^3 -на пропорционал болады. Жақын зонада $e^{kr} \approx 1$ тең десек, біз өрістің $\frac{1}{r^3}$ қатынасымен, яғни геометриялық прогресспен төмендеп

сөнуін байқаймыз. Алыс зонада $e^{-kr} = 0$ және егер де жарты кеңістік біртекті болған жағдайда өріс өте аз болады. Ал, біз бақылауды жер үстінде жүргіземіз. Бұл жағдайда, жоғарғы жарты кеңістікте, яғни атмосфераның кедергісі өте жоғары болғандықтан, оның толқындық саны нөлге жуық болады. Сонымен, алыс зонадағы өріс ауамен таралып, жерге түскенде әртекті жазық толқындарға ұқсас болады.

Горизонтальды электрлік E_x горизонтальды магниттік H_y және тік магниттік H_z өріс компоненттерін бақылау

Жақын аралықтағы горизонталь электрлік дипольді қарастырсақ.

4.1.2-суреттегі бақылау нүктесінде өрістің көлденең электрлік E_x көлденең магниттік H_y және тік магниттік компоненттерінің формуласы:

$$\bar{x} = \frac{P^{AB}}{2\pi} * \frac{3\cos^2\varphi - 1}{r^3} * \rho \quad (4.1.1)$$

$$H_y = \frac{P^{BA}}{2\pi} * \frac{\sin\kappa\varphi - 0.5}{r^2}. \quad (4.1.2)$$

$$H_z = \frac{P^{AB}}{2\pi} * \frac{\sin\varphi}{2r^2}. \quad (4.1.3)$$

$$E_\varphi = i\omega\mu \frac{P^q}{2\pi} \frac{1}{2r^2}. \quad (4.1.4)$$

$$H_r = \frac{P^q}{2\pi} \frac{1}{8r} \frac{i\omega\mu_0}{\rho}. \quad (4.1.5)$$

$$H_z = \frac{P^q}{2\pi} \frac{1}{2r^3}. \quad (4.1.6)$$

Жақын зонада тік магнит диполі (4.1.6) (цилиндрлік система координатасында.)

Бұл формулалардан көретініміз өріс параметрлерінің (сыңарларының) негізгі бөлігі, жарты кеңістіктің кедергісіне (r) тәуелді емес. Одан басқа жақын зонада өрістің таралу тереңдігі, жиілікпен емес ара қашықтықпен анықталады. Сондықтан, жақын зонада геометриялық зондылау қолданылып, электрлік компоненттері өлшенеді.

ЖЗ дипольмен орындалғанда жоғарғы жиілікті және үлкен тасымалдарды қолданған жеткілікті. Басқа жағдайда төмен жиіліктер ауданы жақын аймаққа түсіп және мәліметтері төмен болады.

Енді электромагниттік өрістің алыс зонадағы компоненттерінің бет алысын қарастырайық

Алыс зона деп үлкен параметрлер аймағын $kr \gg 1$ немесе

$$\frac{2\pi\sqrt{2}}{\lambda} r \gg 1, r \gg 1 \text{ айтады. } \lambda \rightarrow \text{толқын ұзындығы.}$$

Тұрақты ток өрістері.

Алыс зонада (ГЭД)

$$E_x = \frac{P^{AB}}{2\pi} * \frac{3\cos^2\varphi - 2}{r^3} * \rho \quad (4.1.7)$$

$$H_y = \frac{1}{\sqrt{-i\omega\mu_0}} \frac{P^{BA}}{2\pi} * \frac{\sin\varphi}{r^4} \sqrt{\rho}. \quad (4.1.8)$$

$$z = \frac{1}{i\omega\mu_0} \frac{P^{AB}}{2\pi} * \frac{3\sin\varphi}{r^4} \rho. \quad (4.1.9)$$

Алыс зонада. (ТМД)

$$E_\varphi = \frac{P^q}{2\pi} \frac{1}{r^4} \rho. \quad (4.1.10)$$

$$H_r = \frac{1}{\sqrt{-i\omega\mu_0}} \frac{P^q}{2\pi} \frac{3}{r^4} \rho. \quad (4.1.11)$$

$$H_z = \frac{1}{i\omega\mu_0} \frac{P^q}{2\pi} \frac{9}{r^5} \rho. \quad (4.1.12)$$

Осыдан алыс зонада өрістің барлық компоненттері жартылай кеңістіктің кедергісіне (r) тәуелді. 4.1.7–4.1.12 формулаларынан білетініміз алыс зонада өріс жазық толқындар сияқты сипатталады (4.9-суретте). Олай болса магниттік және электрлік құраушыларының амплитудалары, ортаның қасиеттеріне тәуелді. Сондықтан экспонент бойынша азаяды және ток көзіне дейінгі ара қашықтыққа (r_0) кері пропорционал. Осындай болғандықтан алыс зона, салыстырмалы түрде, үлкен тасымалдар аймағы немесе қысқа толқындар. Мұнда энергия электромагниттік сәулелену түрінде, радиотолқындар сияқты таралады.

Ортаның электрлік, электромагниттік қасиеттеріне сәйкес өріс компоненттерінен МЭК мәнін шығарып (R) жартылай кеңістікті төменгі формуланы пайдаланып, сипаттаймыз

(анықтаймыз). Тәжірибе жүзінде бұл формулаларды әртекті орталарға қолданып, көрінерлік кедергі (ρ_ω) табуға қолданады.

Алыс зонада өрістің таралу тереңдігі жиілікке тәуелді, осыған лайықты r_ω жер бетінен өрістің тереңдігіне дейінгі кедергі қимасын анықтайды.

$$\text{Алыс зонада} \quad \frac{E_x}{H_y} = \sqrt{\frac{-i\omega\mu_0}{\rho}}, \quad \text{деп белгілейміз} \quad (4.1.13)$$

Бұл қатынас импеданс деп аталып, жазық өрістің импедансына сай болады. Сондықтан, магнитотеллурлық зондылау әдісінде қарастырылады.

Айта кететін жайт ГЭД компонентті E_x және H_y дипольдан алыстаған сайын қатынасымен $1/r^3$ азайып, ГЭД компоненті сияқты, H_z және ТМД өріс компоненті де $1/r^4$ қатынасымен азаяды. ТМД өрісінің компоненттері H_z $1/r^5$ қатынасымен азаяды. Осындай азаю кезеңінде үлкен тасылымдарда (разности-тасымал деп атаймыз) берілген сыңарлары сенімді өлшеп жұмыс жүргізуге болады. Үлкен тасылымдардағы өлшеулер (тиімді) маңызды. Өйткені жақын зонада өте төменгі жиілікте өлшеу жүргізіліп, терең қабаттардан мәліметтер алынады.

4.2.3. Дала жұмыстарының методикасы

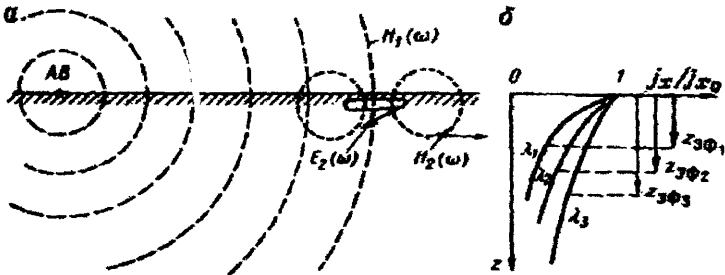
Өріс көздері. Жоғарыда жазылғандай ЖЗ әдісінде өрісті – туындатудың екі тәсілі қолданылады:

Гальваникалық тәсіл – жермен тұйықталған АВ-электродтарының тізбегі және жерге тұйықталмаған ілмек, яғни – (дөңгелек, квадрат, төрт бұрышты түрлерінде болатын АВ, MN-қондырғылары деп түсіну керек.)

Гармониялық өрісті зерттегенде әдеттегідей екі құраушыда тіркеледі: электр өрісінің кернеулігі $|E|$ және магнит өрісінің кернеулігі Электр өрісінің кернеулі $|E|$ жермен тұйықталған АВ немесе тұйықталмаған, қабылдау тізбегінің ұзындығы $\ell = MN$ -ге тең $|E|$ -нің мөлшерін төменгі формула көмегімен анықталады.

$$E = \frac{\Delta V_{\omega}}{h_{\ell}};$$

$\Delta V_{(\omega)}$ – қабылдау тізбегіне индукцияланған э.к.к.;
 h_{ℓ} – қабылдау тізбегінің ұзындығы $\ell \approx MN$.



4.10-сурет. Өртектегі жазық толқындардың қалыптасу схемасы; жер бетінде, алыс зонада: а) және құйынды ток тығыздығының j_x/j_{x0} біртіндеп азаю графигі б) $H_{1(\omega)}$ - алғашқы магнит өрісі; $E_2(\omega)$ - $H_{2(\omega)}$ - туынды электрлік және магниттік өрістер

Магнит өрісінің кернеулігі $|H|$ – Жерге таратып жайылған – рама (сымдардың жиынтығы – топтастырылған, бұрандалы бума) немесе ферромагниттік өзекшесі бар цилиндрге ұқсас катушка орамындағы э.к. күшінің магнит тасқыны жылдамдығының өзгеруіне тура пропорционал $\Phi = qB = qBe^{-i\omega t}$;

$$\Delta V_{(\omega)} = -\frac{\partial \Phi}{\partial t} = q \frac{\partial B}{\partial t} = i\omega q B$$

n – кабельдегі (бума орамындағы) сымдардың саны.

B – магниттік индукция.

q – заряд амплитудасының мәндері.

Өлшенетін сигналдың амплитудасы, магнит өрісінің кернеулігіне пропорционал.

$$\Delta V_{(\omega)} = \omega q |\ell| = \mu q |H| = \check{g} |H|.$$

$\check{g}$ – аудару коэффициенті ом.м - мен өлшенеді.

Айта кету керек, мұндай өріс көзін туындату тәсілінде жермен тұйықталған АВ тізбегіндегі электродтарда, тек қана гальваникалық токтардан пайда болатын өріс көзі емес, сонымен қатар А және В электродтарын жалғастыратын өткізгіш сымның, яғни «тасымалдың» бойынан өтетін, айнымалы гармониялық токтың әсерінен, электромагниттік өрістің, жер қойнауына индукциялануына осыған байланысты өткізгіш қабаттарда туындайтын электромагниттік өрістің пайда болуында еске алу керек. Сонымен, АВ тізбегі айнымалы токпен қоректендірілетін болса, өріс көзі аралас өріс көзін туындатады. Қоректендіруші тізбек көлемі 100 м-ден 1 км-ге дейін. АВ тізбегінде үлкен тор құру үшін оның минималды кедергісін жасайды. Ол өткізгіш сымдардың кедергісінен және екі А және В электродтарының кедергісінен құралады.

Ереже бойынша АВ тізбегінің кедергісі 30 ом болатын мыстан жасалған электродтармен өткізгіш сымдар қолданылады.

Электродтардың кедергісін төмендету үшін электродтарды топтастырып, жермен тұйықтау және бұрғылау инструменті (шнектер) қолданылады.

Жерге тұйықталмаған ілмекті электромагниттік өрістің көзі ретінде аз қолданады. Бұл екі негізгі себептермен байланысты: 1) тұйықталмаған магниттік диполь өрісінің барлық компоненттері электрлік диполь АВ өрісі компонентіне қарағанда жиілік жоғарылаған сайын тез сөне бастайды; 2) қоректендіруші Жерге тұйықталмаған ілмек, үлкен АВ тізбегін құрастырумен салыстырғанда көлемді күрделі жұмыстарды қажет етеді.

4.2.4. Өріс қабылдағыштар (датчиктер)

ЖЗ әдісінде электрлік компоненттерді өлшеу үшін жерге тұйықталған қабылдаушы MN тізбегі қолданылады. Ереже бойынша қабылдаушы тізбектердің ұзындығы бір метр болатын поляризацияланатын және поляризацияланбайтын электродтар қолданылады. Көбіне, тәжірибе жүзінде үшкір болаттан

жасалған электродтарды қолданады. Өлшеуге арналған қондырғының шығысында жеңіл сымдар ПСРП-0.35 немесе ПСРП-0.5 пайдаланылады.

Магниттік құраушыларын өлшеу үшін ілмек және индукциялық қабылдағыштар қолданылады. Магнит өрісінің тік құраушысы (H_z) жер бетіне квадрат түрінде төселетін үлкен (100×100 м түрімен) көп орамды. (Мысалы, 23 талшықты сымнан тұратын бұрандалы, бумаланған ілмекті қолданады. Мұндай ілмектің тиімділік ауданы $23 \times 10 \text{ м}^2$ құрайды. Ілмектің артықшылығы, өрістің үлкен ауданда интеграциялауында (жер бетінде әркелкіліктерді жоюда) және оның жиіліктік сипатын үлкен жиілік диапазонында ескермеуге болады. Алайда, мұндай ілмекті орналастыру үшін үлкен ашық кеңістік керек.

Магнит өрісінің горизонтальды компоненттерін өлшеу индукциялық датчиктер көмегімен жүргізіледі. Мысалға ЦЭС-2 станция құрамына кіреді. Олар көп орамды жақсы өткізгіш сымдардың өзегінде ферромагнитті материалы бар катушкадан тұрады. Қабылдағыштың жалпы ұзындығы – 2 м, салмағы – 15 кг. Қабылдағыштың тиімді ауданы $6 \cdot 10^4 \text{ м}^2$. Индукциялық датчик жеңіл және оңай орнатылады. Жергілікті (локальды) әртектіліктерге сезімтал, вибрацияға жақын және өзінің күрделі жиіліктік сипаттамасы бар. Мәліметтерді өңдеуде мұны ескеруге тура келеді.

4.2.5. ЖЗ әдісінің қондырғы түрлері

ЖЗ әдісінде қондырғылардың нұсқаулары көп. Электрлік диполь ауданында экваториалды қондырғыны пайдаланып және диполь экваторында максималды болатын E_x , H_y , H_z сыңарларын өлшеу қолайлы. Кейде осьтік технологиялық қондырғылар қолданылған кезде E_x және H_y компоненттері тіркеледі. Ілмек өрісі цилиндрлік симметрияға ие. Сондықтан, бұл жағдайда ереже бойынша E_j , H_r және H_z компоненттерін өлшейді.

Өріс көзі мен қабылдаушы арасындағы әртектілік сонымен қатар, жұмыс жиіліктері геологиялық мақсаттарға, аспап мүмкіндіктеріне және алыс зона жағдайына байланысты

таңдалады ($kr \gg 1$). Тасымал ережесі бойынша өлшенетін терендіктен 3–5 рет артық болуы керек. Александровка полигоны ауданында барлық шөгінді кабат қалыңдығын зерттеу үшін өріс көзі 0,76-дан 156 Гц құрайды.

ЖЗ әдісінің қондырғылары. АВ тізбегінде немесе қоректендіруші Q ілмегінде өрісті туындату үшін күшті ток көздері пайдаланады: ЭРС-67 генератор станциясы немесе генератор тобы УГЭ-50 [Электрлік барлау..., 1989].

Кернеуді өлшеу үшін сандық электрлік барлау станциялары, мысалға ЦЭС-2 немесе ЦЭС-М, тағы да тасымалданатын құрал-жабдықтар мен төменгі жиіліктегі өрістерді өлшеуге арналған ЭИН-204 немесе көп функциялы МЭРИ аспаптары, электрлік барлау әдістерінде қолданылады.

Генератор тобы УГЭ-50. Электрлік барлау әдістеріне арналған генераторлық топ УГЭ – 50-дің шығысында құрылған әр түрлі формалы электромагниттік өріс ауытқулары алынып (меандр, үзілістері бар әр полярлы импульстер). ЖЗ, ДЭЗ, ЗСБ, ЗСД, ВП және т.б. әдістерде қолданылады. Ток АВ тізбегіне немесе Q ілмегіне беріледі. УГЭ – 50 шығысында токтың максималды күші 100 А, 9 Ом-дық кедергі күші түскенде және 20 Ом кедергілік күш түскенде 50 А. Меандрге арналған жиіліктерінің жұмыс жасау диапазоны 0.019–312 Гц. Жиілікті ауыстыру 2-ге тең фиксацияланған көбейткіш мәндерімен орындалады. Аспап ЗИЛ-131 екі машинасында орнатылған.

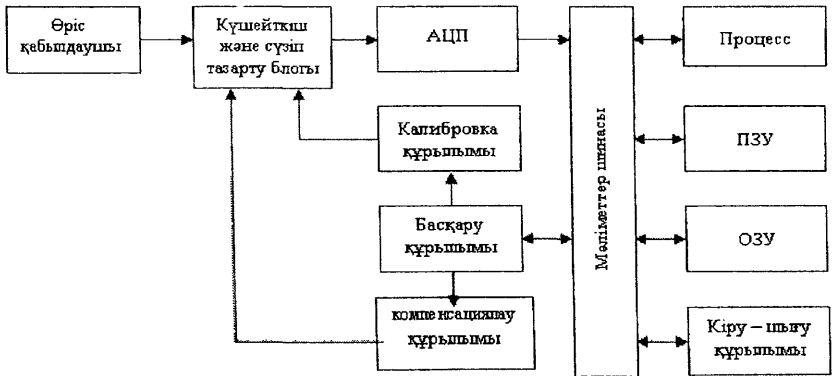
Біраз уақыттан бері ток көзі ретінде автомобиль мен дизельдің генераторлары, қуаты 60–150 кВт, ал ток күші жүктемеде 60–100А қолданылған. Бұл сияқты ток көздері Жерді бірнеше км-ге дейін зондылауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ақырғы жылдары мұнай–газ геологиясында мұнай мен газ кенорындарын барлауды нақты бағыты (тенденциясы) қалыптасқан. Бұлардан басқа да болашақ кенорындарын болжау мақсатында, тағы да осы кенорындарының тегін айтарлықтай үлкен терендікте зерттеу үшін, яғни Жерді зондылдау әдісін жоғары мантия шекарасына дейінгі терендікте жүргізу.

Осындай ток көзі қатарына қуатты магнетогидродинамикалық МГД импульстік генераторы,

импульс кідірісі 10 сек. одан да жоғары, жүктеме, қуаты (80–100) мың кВт және ток күші $(5 \div 20) \cdot 10^3$ А-ге дейін ток күшін жіберуге мүмкіндік береді. Қысқаша МГД генераторының жұмыс істеу принципі соңғы порохты, ракета двигателі болып саналып, плазма энергиясын, электр тогына төте түрлендіріп, іске асыруға мүмкіндік береді.

МЭРИ өлшеу көп функционалды, электрлік барлау әдістеріне арналған.

Өлшеуіш МЭРИ электрлік барлау әдісінде тұрақты және айнымалы кернеулікті және басқа да параметрлерін далалық жағдайда өлшеуге негізделген.



4.11-сурет. МЭРИ Өлшеуішінің блок-схемасы

Аналогты блок тұрақты токты күшейткіштен, сигналдың тұрақты құраушыларының компенсаторынан, 50 Гц-тік режекторлы фильтр, төменгі жиіліктегі (ФНЧ), жоғарғы жиіліктегі (ФВЧ) және жолақты фильтрлер (ПФ), (сигналды қалыптастырушы) калибровкасын қалыптастырып 65536 рет күшейткіш. Күшейтуді қамтамасыз етіп, басқаратын екі каскады бар. Аспаптың тораптарын (узел) функционалдау, өлшеу және мәліметтерді өңдеу бақылаушы көмегімен іске асады. Бақылаушы 80L 188EC (Intel) микропроцессор базасында

жасалған немесе 16 битті АЦП тіркеу бөлімдері және өңдеу, мәліметтердің программаларын сақтауға арналған энергияға тәуелсіз 2 Мбайт көлемді есте сақтау, ЖЕС 128 Кбайт, дәл қазіргі уақыттағы автономды сағат ішкі компьютермен байланыс үшін интерфейс орнатылған. Аспапта графикалық СК- индикаторы және клавиатурасы, қоректендірілуі тасымал аккумулятормен орындалады.

Сигналдың кірісін өлшеп, оны өңдейді, анықталатын параметрлердің мәнін индикаторға шығарып және оны есте сақтайды. Тағы да аспап нақты дәл осы уақытта жасалған сигнал жазбаларын индикатордан көруге және жедел жадыға (есте сақтауға) енгізуіне мүмкіндік береді.

Ары қарай өлшеу нәтижелері арнайы программалық қамтамасыздандыру мен талдау жасау үшін персоналдық компьютерге тасымалдануы мүмкін. Өлшеуіштің кіріс кедергісі 10 Мом, минималды өлшенетін сигнал 1 Мкв-қа тең болған жағдайында (-3-тен +3В) диапазондағы сигналды тіркеуге болады.

4.2.6. ЖЗ мәліметтерін өңдеу және талдау

Жиілікпен зондылау мәліметтерін өңдеу көрінерлік кедергілерді есептеп графиктерін (қисықтарын) салу болып табылады. Ол үшін ΔU_{Ex} , ΔU_{Hy} және ΔU_{Hz} (Потенциалдардың әр түрлілігі MN тізбегімен, индукциялық қабылдағыш датчикпен және ілмекпен (дөңгелек, квадрат, төрт бұрышты түрінде не болмаса көп орамды катушка ретінде қабылдағыш болуы мүмкін) компоненттердің амплитудалары E_x , H_y , H_z мына формулалар бойынша есептеледі:

$$E_x = \frac{\Delta U}{|MN|}, \quad H_y = \frac{\Delta U_{Hy}}{k}, \quad H_z = \frac{\Delta U_{Hz}}{\omega \mu_0 n S}.$$

Мұндағы $[MN]$ – қабылдаушы тізбектің ұзындығы, k – индукциялық датчиктің жиіліктік сипаттамасы, n – ілмектегі (кабельдің) бұранданың ішіндегі сымдардың саны, S – ілмектің

ауданы. Осыдан өріс сыңарларының (компоненттердің) амплитудаларынан ауысу арқылы алынған формулаларға сәйкес көрінерлік кедергілерді санайды. [Иванов және Скугаревская, 1978]. Бұл операциялармен өлшенген мәндерді және қондырғылардың параметрлерін енгізіп, көрінерлік кедергінің қисықтарын есептеп және олардың айқындалуын қамтамасыз ету үшін FSInPro V программасын пайдаланып орындаған.

Ток күші I қоректендіруші тізбектен, ал өрістің екі құраушылары, потенциалдар айырмасы мен айналмалы жиілік қабылдаушы дипольде өлшенеді. ЖЗ көрінерлік кедергілері

$$\rho_{\kappa\omega} = k_{\omega} \frac{\Delta U_{\omega}}{I_{\omega}} \quad \text{формуласының көмегімен өрістің екі}$$

құраушыларыда есептеледі. Логарифмдік бланкке ЖЗ әдісінің қисық сызықтары тұрғызылады. Тік оське көрінерлік кедергі көлденең оське тереңдікке пропорционал $\sqrt{T}$ параметрі, яғни өрістің периодтық (T) ауытқуларының түбірі алынады. Бұлардан басқа кернеуліктің амплитудалық мәні, фазалардың айырмасы және токтың тірек болар фазасы зерттеледі. Өрістің екі құраушылары және екі ығысу фазасын өлшеу, ЖЗ әдісінің нәтижелерін интерпретациялауды жоғары дәлдікпен жүргізуге мүмкіндік береді. Далалық жұмыс жеке профильдермен немесе бірқалыпты профильдер торабымен жүргізіледі. Зерттеу нүктелерінің арасы жобалау тереңдігімен салыстырмалы деңгейде қолданылатын спектрлер жиілігіне байланысты. ЖЗ әдісінің тереңдігі бірнеше ондаған м-ден бастап алғашқы мыңдаған м-ге дейін өзгереді.

ЖЗ қисықтары. ЖЗ қисықтарының жалпы заңдылығын түсіну үшін төрт қабатты моделін қарастырамыз.

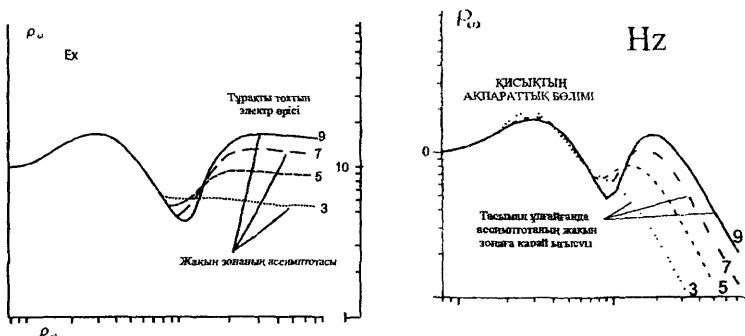
А және В модельдері тәжірибе жүзінде жиі кездесетін екі, төрт қабатты геоэлектрлік қимаға сәйкес келеді. Қиманың негізі фундаменті жоғарғы омды қабаттан тұрады. Ол жоғарғы омды үш қатпарлы шөгінді қабатпен жабылған. Құрамында жоғарғы омды экран болса (А моделі) немесе экрансыз (В моделі).

Модельдердің параметрлері келесідей:

А	және	В модельдері	
$\rho_1=10$ Ом	$h_1=100$ м	$\rho_1=10$ Ом.м	$h_1=100$ м
$\rho_2=3000$ Ом.м	$h_2=500$ м	$\rho_2=20$ Ом.м	$h_2=500$ м
$\rho_3=20$ Ом.м	$h_3=500$ м	$\rho_3=2$ Ом. м	$h_3=500$ м
$\rho_4=1000$ Ом.м,		$\rho_4=1000$ Ом.м	

А моделінің параметрі кездейсоқ таңдалмаған. Осындай геоэлектрлік қима Орыс плитасының көп бөлігіне және Александровка геофизикалық полигонының аймағына тән [Куликов және т.б. 1999].

Бірінші қабат, өткізгіш төрттік кезеңінің және төменгі карбонның шөгінділеріне сәйкес терригенді және карбонатты таужыныстардың қабаттануымен таныстырылған. Екінші қабат кедергісі 3000 Омм карбонатты таужыныстары орналасқан жоғарғы девон шөгінділері сипатталады.



4.12-сурет. Электрлік горизонтальды және тік магнитті сыңарлары бойынша көрінерлік кедергінің қисықтары В моделіне арнап тұрғызылған

Бұл қабаттарда жоғарғы кедергінің кездесуі, оларда негізінен гипс және ангидрид қабатшаларымен түсіндіріледі. Үшінші үлкен қалыңдықты өткізгіш қабат, орталық девон мен вендтің терригенді шөгінділерімен байланысты. Бұл қабат кедергісінің төмендеуі, күшті минералданған сулармен түсіндіріледі.

Горизонталь қабаттардың қимасында бұл қисықтар электрлік барлаудың басқа әдістері сияқты тереңдеген сайын таужыныстардың физикалық қасиеттерінің, яғни кедергілерінен күрделі өзгерістеріне сәйкес құралады.

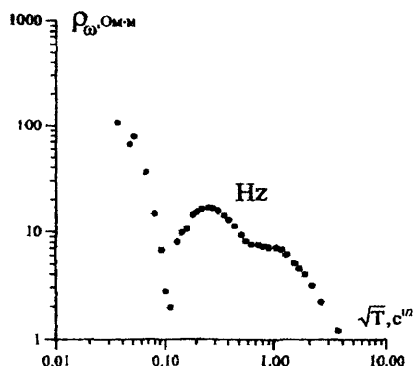
Төменгі омды тұздардың кедергілерінде білінбейтін өріс қисықтарының бұтақтары мен минимумдары, жоғарғы омды кедергілерге сәйкестене шығатын бұтақтар максимумдармен үйлесін табады. Көрінерлік кедергі қисығын үш бөлікке бөлуге болады. Қисықтың сол жағы алыс зонаға сәйкес. Мұндағы қисық барлық компонентімен көрінерлік кедергі қисықтары мен жазық толқын импедансына сәйкес және жоғарғы жиілікте асимтотадан орын тауып, шығады. Қисықтың оң жағы параметрлердің төменгі мәніне сәйкес. Бұл ауданда қисықтар r_ω , E_x сыңарлары бойынша тұрақты токтың электр өрісін сипаттайтын горизонталь асимптотасына сәйкес. Магнит өрісі $|k\tau| \ll 1$ болған ауданда АВ тізбегінің алғашқы магнит өрісіне тең болып, r_ω асимтота қисықтарынан шығып, тек қана қоректен діруші және қабылдаушы тізбектерінің центрлерін қосатын r ара қашықтығына, яғни тасымал ұзындығына тәуелді және қима параметрлерімен байланыспаған. Тасымал үлкейген сайын, жақын зонаның асимптотасы, төменгі жиіліктер ауданына жылжиды. Қисықтың мәліметтерге толы (ақпараттылық) ауданы үлкейеді.

АВ электр диполінің өрісінен алынған r_ω қисықтарын талдау кезінде А моделінің электрлік компоненттері Жиілікпен электрлік барлау әдісінің мәліметтерін интерпретациялау кезінде, әр түрлі кедергілі таужыныстардың қабатшалары бір қабат ретінде қарастырып, қабаттың кедергісі ток ағысының бағытына байланысты әр түрлі болады. Мұндай қабат *анизотропты* — деп аталады.

4.2.7. ЖЗ әдісінің қисықтарын талдау

Жиілікпен зондылау әдісі қисықтарын талдап, геологиялық қиманың параметрін анықтау үшін, асимтота көмегімен талдау әдісі қолданылады. (мысалы, 4.13-сурет). Ол үшін ρ_ω қисығының

жоғары көтерілген және төменге қарай бағытталған бұтақтарына 63^0 бұрышпен жанама жүргізіп жанаманың осьпен $\rho_\omega=1$ түзуі қиылысынан, өткізгіш қабаттың табанына дейінгі тереңдік, яғни изолятор үстіндегі шөгінді қабаттың тереңдігі анықталады. Асимтота бойынша интерпретациялау, бастапқы геоэлектрлік модельді құруға және кейін талдау әдісінде қолдануға мүмкіндік береді.



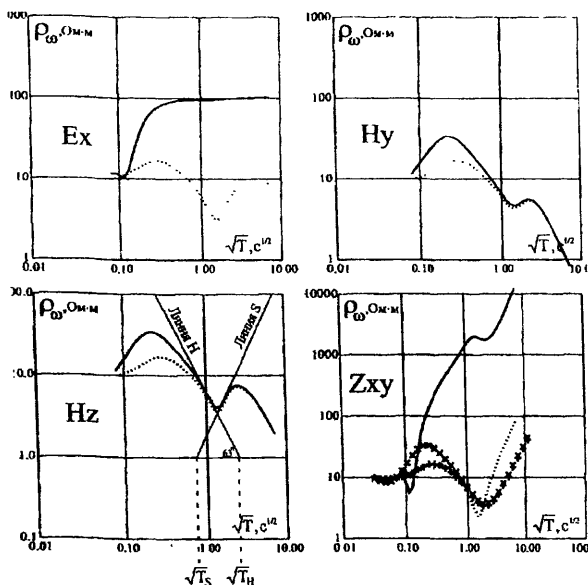
4.13-сурет. Тік магнит құраушы ρ_ω қисығының бұрмалануы

Шындығында бізге бір өлшемді екі өлшемді және тағы да бір үш өлшемді ортамен жұмыс істеуге тура келеді.

4.15-суретте. Жиілікпен зондылау әдісінде қолданылатын дипольдік қондырғының мәліметтері, қиманың жергілікті және аймақтық әртектіліктерінің әсер етуіне қатты ұшырайды. Орта әртектіліктерінің әсер етуінен өте күрделі жағдайға ұшырап ауытқитын бір өлшемді модельдер. Бір өлшемді (ρ) қисықтарын интерпретациялау кезінде қабаттың қалыңдықтарын анықтап және барлық қабаттың кедергісін ЭЕМ-да, талдау әдісін қолданып, есептеулерді 1986 Жданов жүргізген. Осыған байланысты ортаның моделін өзгертуге тура келеді. Тапсырманы шешу мақсатында алынған модельді эксперименталды қисықпен сәйкестендіреді. Талдау нәтижелері лайықты деп есептеледі, егер қателіктері минималды мөлшермен қанағаттандырылып,

геологиялық мәліметтерге жуықтау жорамалданса және басқа да әдістерге қарсылық әсерін тигізбесе.

Бір өлшемді талдау, арнаулы программа MGSII. көмегімен жасалынады. Жиілікпен зондылау әдісінде қолданатын диполь қондырғысымен, екі өлшемді және үш өлшемді орталармен жұмыс жасағанда жергілікті және аймақтық әртекті ортаға тәуелділігі яғни ортаның күрделі жағдайы, құрылымының әртектілік әсерінен магнит өрісінің құраушы H_z қатты бұрмаланады. Тік магнит құраушысы бойынша ρ_w қисығының бұрмаланған мысалы, 4.14-суретте келтірілген жоғарғы жиілік ауданындағы жіншке және терең минимум горизонтальды әртектілікпен байланысты және горизонтальды қабат моделінен орын алмайды. Бұл жағдайда интерпретацияны екі өлшемді және үш өлшемді ортамен модельдеу аспабымен өткізу керек.

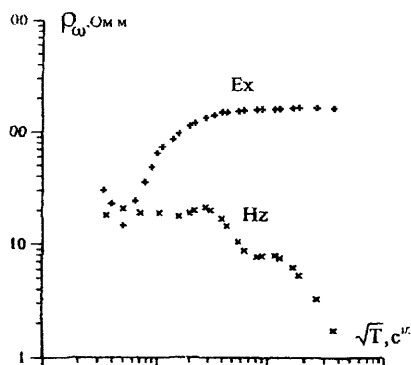


4.14-сурет. E_x E_y H_z және импеданс Z_{xy} компоненттерінің экранды және экрансыз, 4 – қабатты модельге арналған көрінерлік кедергінің қисықтары. Өріс көзі – магниттік диполь Q

- А-моделіне арналған ЖЗ қисығы.
- ... В-моделіне арналған ЖЗ қисығы.
- × А-моделіне арналған МТЗ қисығы.
- + В-моделіне арналған МТЗ қисығы.

Бақылау – тіркеу нүктесінің кемшілігі, импедансты бақылаулар. ЖЗ әдісінде тіркеу нүктесін таңдау негізінен тасымал мөлшеріне байланысты. Үлкен ара қашықтықты қолдану алыс зона жағдайын қанағаттандыру қиындықтары – көзбен көріп қабылдап, бағалау мүмкіндіктерін туындатады.

Егер бұл тасымалда геоэлектрлік қима айтарлықтай өзгерістерге ие болса, онда зондылау нәтижелерін интерпретациялау кезінде, бақылау нүктесін таңдау дәрекі қателік жіберілгеннің белгісі деп санауға болады.



4.15-сурет. E_x , H_z құраушылары бойынша студенттердің оқу тәжірибе полигоны:

Александровкадан алынған ρ_ω қисығы келтірілген

Бұл жағдайдың тиімділігі импедансты есептеген кезде өріс көзінің жанындағы әртектіліктің әсерін елемесе де болады. Өлшеу нәтижелері бақылау нүктесіндегі қимаға байланысты өзгереді. Осыған байланысты оған тіркеу нүктесін байланыстырып бекітуге болады. Шет елде көп тараған импеданс технологиясы CSAMT әдісінде көрсетілген. Бірақ, өрісті бақылау кезінде электрлік құраушыларының жоғарғы омды

жыныстардан бұрмаланып, экран асты қабаттарынан мәлімет ала алмайды. Сондықтан, өрісті бақылап тіркеу қоректендіруші магнит диполімен жүргізіледі.

Өріс көзі ретінде ілмек Q болған жағдайда өрістің гальваникалық құраушысы болмайды және экранның кедергісін ескермей барлық құраушылары экран асты қабаттары жайлы мәліметтер алып келеді (4.16-сурет). Мысал ретінде, E_x және H_z құраушылары бойынша оқу полигонында алынған жиілікпен зондылау әдісінде қолданатын диполь қондырғысының ρ_ω қисығы келтірілген.

Бұл аудандағы жағдай А моделіне сай. (4.15-сурет) H_z магнит құраушысы геоэлектрлік қима өзгерісін тік бағытта бейнелеп, ал жоғарғы жиіліктегі электр құраушысы жақын аймақтағы асимтотаға шығады.

ЖЗ әдісі ерекшеліктері және кемшіліктері. Жиілікпен зондылау, басқа электромагнитті зондылаулармен салыстырғанда бірқатар ерекшеліктері бар:

1) Жоғарғы омды экрандар электрлік диполь өрісінің магниттік компонентінің және магниттік диполь өрісінің барлық құраушысына бөгеуіл (кедергі) болмайды.

2) Бір ілмекпен – «тасымалмен» жұмыс жүргізу жұмыстың шығынын төмендетеді.

3) Талдау кезінде өрістің электрлік және магниттік құраушыларын қолдану, көлденең және бойлық кедергілері жайлы мәліметтер (ақпарат) алуға мүмкіндік береді.

4) Белгілеп, бекітілген (фиксацияланған) жиіліктерде өлшеулер жіңішке өзекті фильтрацияны қолдануға мүмкіндік туындатады. Ол бөгеуіл тұрақтылығын айтарлықтай арттыра түседі.

Кемшіліктеріне мыналарды жатқызуға болады.

1. Жазу нүктесінің анықталмағандығы;

2. Экраны бар аудандарда электрлік диполь өрісінің, электрлік құраушысы, экран асты қабаттан мәлімет алып келе алмайтындығы;

3. Магнит өрісінің тік құраушысы жиі кездесетін горизонтальды әртектілікке өте сезімталдығы;

4. Қуатты өріс көздерін қолдану еңбек өнімділігін төмендетіп, жұмыстың құнын арттырады.

4.3. Электромагниттік өрісті қалыптастырып зондылау

4.3.1. Электромагниттік өрісті қалыптастырып зондылау (ӨҚЗ) әдісі

Өрісті қалыптастырып зондылау (ӨҚЗ) индукциялық электромагниттік зондылаудың бір түрі. Ол жерде тоқты импульсті түрде қосып ажырату кезінде пайда болатын ауыспалы процестер өрісін зерттеуге негізделген.

Қоректендіру тізбегінде ток күшінің лезде өзгеруі кезінде (мысалы, тоқты сөндіріп қайта қосқан кезде) қабылдау тізбегінде өлшенетін кернеу бірден нөлге тең болмайды, ол (жеткілікті) күрделі түрде өзгеріп, біртіндеп жойылады. Токты сөндірген уақытта қиманың өткізгіш қабаттарына (облыстарында) электромагниттік өрістің индукциялану нәтижесінде туынды токтардың электромагниттік өрісі пайда болады. Олар басында жердің жоғарғы (беткі) қабаттарында таралады, содан соң (кейін) жердің терең қабаттарына өтіп, қашықтаған сайын азайып өшеді. Бұл процесс *жерде өрісті қалыптастыру* деген атқа ие, ал қабылдау тізбегінде өлшенген кернеудің, тоқты сөндірген кезден бастап өткен уақытқа тәуелділігін өрістің *қалыптастыру қисығы* деп атайды. Айнымалы электромагниттік өрістің жерге таралу (өту) тереңдігі уақытпен анықталады. Бұл қасиет қалыптасу өрісі компоненттерінің уақытқа тәуелділігін зерттей отырып, зондылауды жүргізуге мүмкіндік береді.

1. Шексіз үлкен амплитуданың қысқа уақытты (кратковременный) импульсі, Дирактың δ – функциясымен сипатталады:

$$I(t) = \delta(t) = \begin{cases} 0, t \neq 0 \\ \infty, t = 0 \end{cases} \quad (4.2.1)$$

2. Қосылу импульсі Хэвисайдтың s – функциясымен сипатталады:

$$\text{ол} \quad I(t) = I_0 \sigma(t) = \begin{cases} 0, t < 0 \\ I_0, t > 0 \end{cases} \quad (4.2.2)$$

3. Сөну импульсі, Хэвисайдтың s – функциясымен сипатталады:

$$I(s) = I_0 \cdot (1 - \sigma(t)) = \begin{cases} I_0, t < 0 \\ 0, t > 0 \end{cases} \quad (4.2.3)$$

Дирактың d – функциясын қанағаттандыратын токты импульсті жасау қиын болғандықтан әдетте, өрісті сатылы туындату қолданылады.

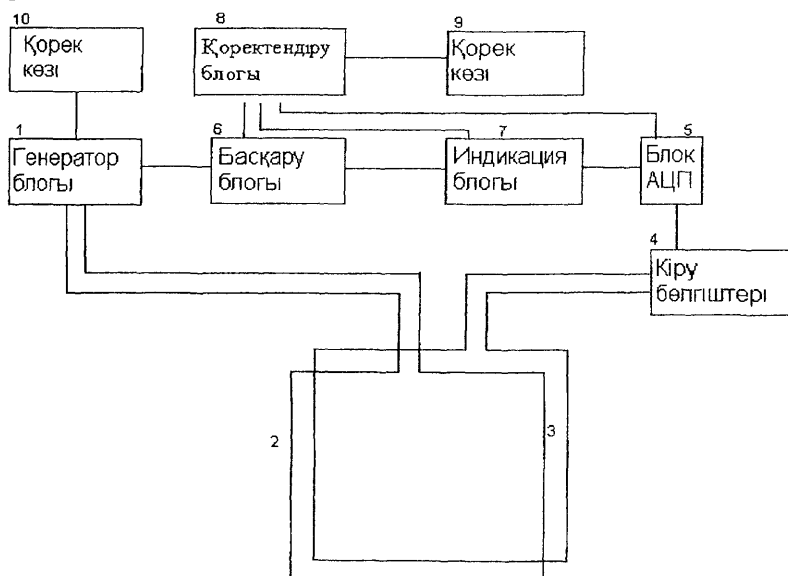
Біртекті көлденең қабатты жарты кеңістікте өрістің қалыптасуы туралы тапсырманың теориялық шешімі бастапқы және шекаралық шарттарға сәйкес квазистационарлы жақындасуда (ығысу тоғын ескермегенде) Максвелл теңдеуін қарастырған уақытта алынды.

Индикация уақытының өзгеруі “жинақтау” (накопление) тұтқасының тұрған орнына тәуелді.

Ауыспалы процесс өрісінің электрлік және магниттік құраушылары кернеулік векторлары үшін аналитикалық түрлері алынды. Олардан туындаған өріс көзіне дейінгі (r) ара қашықтықта қалыптастыру уақыты мен қиманың электрлік қасиетіне тәуелді. Геоэлектрлік мәліметтерді алуда өрісті қалыптастырып зондылау процесін қолдану мүмкіндігін теориялық түрде дәлелдегенмен, әдісті тәжірибе жүзінде ұзақ уақыт бойы жүзеге асыру оңай болған жоқ. Қалыптаспаған электромагниттік өрістің жақын және алыс зоналары туралы түсінікті енгізейік. Өрісті алыс зонада туындатудың бірінші түрі математикада ө/т қатысымен анықталады. Аспаптың сезгіштігі сандық дисплейде кіші разрядтың бір-бірлігі 1.7мкВ орнына тәуелді: “1”- 0.5с, “10”- 5.6 с. Кернеуді өлшеудің динамикалық диапазоны 120 дБ.12В. Қуаты (жалпы басқаруды қажет ететін тізбек) бойынша 15Вт-тан аспайды. Сыртқы шектік көлемі – габаритті өлшемдері: 370 x190 x340.

Қоректендіру көзін санамағанда аспаптың массасы 10 кг-нан аспайды.

Генератор блогы генератор ілмегінде ұңғымалығы (скважиной) 4/3 (импульс периодының ұзындығына қатынасы) ток импульстерінің бір полярлы серияларын қалыптастырады. Т_с сериясының ұзақтығы $T_n = 256 \times 4^{n-1}$ мкс пен Т_о сериясының болмауы барлық диапазондар үшін 280 мкс тең. Импульстердің периоды диапазонға тәуелді және мына заң бойынша өзгереді: мкс, n – диапазон нөмірі. 1 – диапазон үшін Т_и = 192 мкс, паузаның ұзақтығы Т_п = 64 мс. Келесі диапазондар импульстер мен паузаның ұзақтығы алдыңғысынан 4 есе ерекшеленеді, яғни Т_и = 768 мкс, Т_п = 256 мкс және т.с.с.



4.16-сурет. Аспаптың блок схемасы

Ауыспалы процестің Э. Қ. күші 3 қабылдау ілмегінен белгіштің 4 кірісіне келіп түседі. Ол аспаптың динамикалық диапазонын кеңейтуге мүмкіндік беріп, содан соң АСТ-ның (АЦП)

(5) кірісіне беріледі. АСТ блогынан басқару блогына (6) берілген сигнал Т уақыт лездігінде бөлшектеніп (стробируется), күшейеді және ол импульске түрленеді. Оның ұзақтығы сигналдың кірісіне, периодына тура пропорционал. Кіріс сигналы тіректі кернеуден, яғни кедергінің э.к.к. және ауыспалы процестің э.к.к-нен құралады.

Тірек болар оң таңбалы кернеулік амплитудасы индикатордың шығысында топталып, толыққан кезінде өлшенетін э.к.к-тің үлкені таңдалады. Осы себептен, біздің жиынтық сигналдың таңбасы өлшенетін э.к.к. таңбасына қарамастан әрқашан оң болу қажет.

Ұзақтығы кіріс сигналына пропорционал импульс жиілігі 1МГц болатын импульстермен толтырылады. Олар реверстік ондық счетчиктерге келіп түседі.

T_0 уақытында зондылайтын импульстер және генератормен қабылдау ілмектерінің сигналдары болмайды. Қабылдау ілмегінен э.к.к. өлшеу T_c уақыты кезінде кідіріс және ұзақтық сигналына сәйкес туындайды.

Егер импульс сериялары өту уақытында кедергімен қосылған сигналдың жиынтығынан құралса, ал импульс сериялары болмаған (T_0) уақытта тек қана кедергілерден тұрады. Ол индикация блогында төрт разрядты сандық дисплейде көрсетілетін соңғы нәтижесінен есептеп шығарылады.

Басқару блогы генератор блогының (1), АСТ (5) блогы және индикация блогының (7) жұмысын синхронизациялайды. (5), (6), (7) қоректендіру блоктары (8) қоректендіруші блокпен жүзеге асырылады. (8) қоректендіруші блокқа кернеуі 12В тұрақты ток көзі (9) жалғанады. Қоректендіру көзі (10) генератор блогын (1) қоректендіреді. Қоректендіруші көзінің кернеуі генератор жүктемесінде ($\leq 70V$) максималды токпен қамтамасыз етеді және қорек көзі үшін қажетті 4В және 12В кернеу алынатын тарамдар болуы керек.

Өңдеу және талдау. ЖҚЗ мәліметтерін талдау принципі ТЭЗ, ДЭЗ т.б. электрлік барлау әдістерімен зондылау мәліметтерін талдау принциптеріне ұқсас.

Басқа геофизикалық әдістердегі талдау тәсілдері сияқты талдау сапалық және сандық болып бөлінеді. Сапалық талдау

эквивалент принципінің кері есебін шығару үшін пайдаланады. Сандық талдау әр түрлі геоэлектрлік модельдер шегінде қатан түрде кері есептерді шешуге негізделген. Мұнда негізгі модель бір өлшемді модель (біртекті көлденең қабатты жарты кеңістік) деуге болады. Қарапайым көлденең қабаттың модельдерін талдаудың негізгі ерекшелігі, тура есепті шешу күрделілігі, ӨЖҚЗ әдісіне тән.

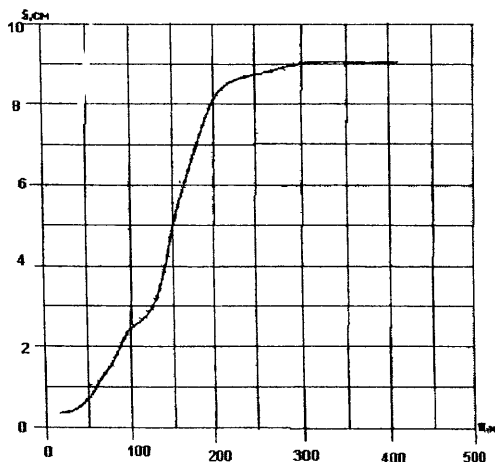
Далалық мәліметтерді алғашқы өңдеуі. Мәліметтерді өңдеудің бастапқы кезеңі “КОД-1” аспабы көмегімен жазылған далалық журналдағы мәліметтерді компьютерге енгізу болып табылады. Кішігірім бағдарламаның көмегімен мәліметтерді енгізу процесінде параметрлерді есептеуге мүмкіндік береді. Олар далалық өлшеулер кезінде (диапазон, кідіру, бөлгіш пен аттенюатордың орны, орташа есептеу, генератор ілмегіндегі импульстік токтар амплитудасын қалыптастыру қисықтарының $E(t)$ дискретті мәндері жазылады.

Өңдеудің келесі кезеңі біртекті изотропты жарты кеңістік үшін тура есепті шешуден алынған көрінерлік кедергінің $\rho_r(t)$ “далалық” қисықтарын 14.10-формуласы бойынша есептеу болып табылады: Мұндағы Q және q – орам санын ескеретін генератор мен қабылдау ілмектерінің нәтижелі аудандары; $E(t)$ қабылдау тізбегіндегі келтірілген $\mathcal{E}.\mathcal{K}.\mathcal{K}$ $E(t)=\varepsilon q(t)/I_0$, Мұндағы (I_0) генератор тізбегіндегі токтың амплитудасы.

Содан кейін көрінерлік кедергінің $\rho_r(t)$ “далалық” қисықтарын (немесе $E(t)$ қалыптастыру қисықтарын түзетеді. Алыс зонаның әсерінен шағылатын қисықтың бастапқы нүктелерін және бөлек «ауытқыған» нүктелерді ығыстырып алып тастау және «қақпаның» (ворота) барлық түрлерін алып тастауға болады, («қақпа» КОД-1 аспабымен жұмыс жасаған уақытта, диапазонды ауыстырғанда және генератор тізбегінде бірдей кідірістегі әр түрлі амплитудалы ток импульстерін өлшегенде пайда болады) кедір бұдырларын тегістеу, кубтық сплайндармен интерполяциялау, түзетулердің қорытындысы болуы мүмкін.

Осылайша мәліметтерді түзеткеннен кейін келесі талдауға жарайтын көрінерлік кедергінің $\rho_r(t)$ қисықтарын және оларға сәйкес қалыптасу $E(t)$ қисықтары алынады.

Көрінерлік кедергі қисықтары көмегімен қима туралы кейбір сапалы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Қабат санын және осы қабаттардағы меншікті кедергілердің қатынастарын анықтау.



4.17-сурет. Қиманың көрінерлік бойлық өткізгіштігі

Осылардан басқа тағы да көрінерлік кедергі қисықтарын «экспресс» – талдау тәсілдері бар. Олар зондылайтын қиманың бір-екі параметрін анықтауға мүмкіндік береді. Ереже бойынша бұл – изолятордан жоғары жатқан және өткізгішке дейін N тереңдікте жатқан S қабаттарының, яғни бойлық өткізгіштердің жиынтығы. N типті қисықтар үшін көтерілетін (восходящей) асимптоталарға сенімді тіркеулер болмаған жағдайда өткізбейтін негізге сәйкес айтарлықтай жиі кездесетін, ρ_{tmin} , b_{tmin} – минимум қисығының координаталарын пайдаланатын эмпирикалық әдіс ұсынылады: Мұндағы $K=0.91$ «ілмек–ілмекте» қондырғысы үшін.

Қатпарлы көлденең қабат қималарының әр түрлі үлгілері үшін қисықтардың теориялық есептелген альбомдары бар. 6.25 немесе 10 стандартты модульдері бойынша мөлдір билогарифмдік бланкте тәжірибе қисықтары тұрғызылып, оларды теориялық қисықтармен беттестіріп, осыдан қима параметрлерін анықтауға болады.

Электрлік барлау әдістерінде кері есепті «келтіру әдісімен» компьютермен шешеді. ЕС, СМ, БЭСМ – 6 және басқаларында бірнеше ондаған минут уақытында есептеледі. Төте есептің бірнеше тәсілдері қарастырылып тәжірибелік және теориялық қисықтарды пайдаланып, модельдің параметрлері есептеледі. Осыған сәйкес қиманың көрінерлік бойлық өткізгіштігінің анықталуына байланысты, талдаудың принципті басқа тәсілдері пайда болып, қарқынды дамып, қазіргі кезеңде кеңінен пайдаланылады.

Көлденең қабатты қималарда, жақын зонада өрісті қалыптастыру процесін қарастырғанда, импульсті ток көзі, уақыттың өсуіне сәйкес терең жатқан жатындардың горизонттарынан мәліметтер әкеледі. Көрінерлік меншікті электр кедергісімен (ρ_r) бірге қиманың тура өткізгіштігі S_r анықталады. Бұл параметр қима қабаттарының көрінерлік кедергілері (ρ_r) жиынтығына сәйкес қалыптасқан, жаңа өткізгіш, уақытының өсуімен сипатталып және қабаттардың параметрлерін жуықтап болса да бағалауға мүмкіндік береді.

4.3.2. Жақын және алыс зоналар

Екі қабатты ортада өрістің қалыптасу процесін қарастырсақ меншікті кедергі ρ және қалыңдығы h , табаны идеалды, жоғары кедергілі изоляторлар болсын десек, АВ тізбегіндегі тұрақты токты тік бұрышты импульсті өшіргенде ток күшінің төмендеуі экспоненциалды заңмен өзгереді болса:

$$I = I_0 e^{-\frac{\rho}{l}}$$

I – импульстің амплитудасы; L қалыптасу процесі жүріп жатқан жоғары қабаттың шектеулі көлемнің өздігінен индукциялануы; t – уақыт, импульсті өшіргеннен кейінгі уақыт. Осы уақытта бақыланған потенциалдар айырмасы:

$$\Delta U = \frac{\rho_k}{K} I_0 e^{\frac{\rho}{L} t}$$

K –төрт электродты АВМN қондырғысының коэффициенті. ρ_k – көрінерлік кедергі.

Өздігінен индукциялану жоғарғы қабаттың кейбір көлемінде тіркелсе осы қабаттың қалыңдығына пропорционал болар еді, яғни

$$L = H \cdot C.$$

Қалыптасу уақытын $t=t_0$, (I) ток өшірілген сәттен бастап MN тізбегінде өлшенетін потенциалдар айырмасы белгілі бір мөлшерге дейін төмендеп $\Delta U = E_0$ мына шартқа тең болар еді:

$$E_0 = \frac{\rho_k I_0}{k} e^{\frac{C \rho}{k} t_0}.$$

Осы теңдеуді логарифмдеп және алынған теңдеудің тұрақты мүшесін A – деп белгілеп

$$A = \frac{\ln \frac{\rho_k I_0}{k} - \ln E_0}{C}.$$

Қалыптасу уақытын табамыз

$$t = \frac{A h}{\rho} = A S. \quad (4.3.2.1)$$

S жоғарғы қабаттың көлденең өткізгіші.

Қалыптаспаған электромагниттік өрістің таралу ерекшеліктерін қарастырайық. Ол үшін жақын (ЖЗ) және алыс (АЗ) зоналар деген түсінікті енгіземіз. Қалыптастырып зондылау әдісінде r/t қатынасы «келтірілген қашықтық» – деген параметр шамасына байланысты жақын және алыс зоналарға бөлінеді.

$$\lambda = \sqrt{10^7 \cdot \rho \cdot T} . \quad (4.3.2.2)$$

Мұндағы r қабылдағыштан қорек көзіне дейінгі қашықтық, t - қалыптасу параметрі.

$$\lambda = \sqrt{2 \cdot \pi \cdot 10^7 \cdot \rho \cdot t} . \quad (4.3.2.3)$$

Мұндағы ρ –қабаттың меншікті кедергісі, t – қалыптасу уақыты. Гармоникалық жағдайда τ параметрі толқын ұзындығының λ аналогы болып табылады.

$$T \leftrightarrow 2 \cdot \pi \cdot t . \quad (4.3.2.4)$$

Мұндағы T период. Осылайша уақыт диапазонында өріс тербелісінің периодына аналог $2\pi t$ болып табылады.

Алыс зонаның шартын мына түрде енгізіледі:

$$r/\tau \gg 1 . \quad (4.3.2.5)$$

Ал жақын зонаның шарты:

$$r/\tau \ll 1 . \quad (4.3.2.6)$$

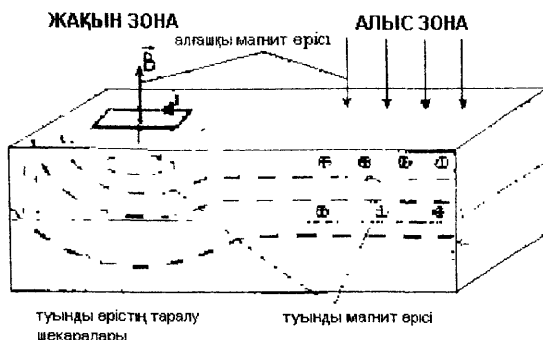
Сонымен, 4.2.2.5; 4.2.2.6 алыс және жақын зоналардың шарттарына сәйкес, алыс зона қорек көзі мен қабылдағыштың аралары үлкен қашықтығына және қалыптасудың аз уақытына жауап береді. Жақын зонаға қарама қарсы жағдай сәйкес келеді. Есте сақтаған жөн r/t параметрі t – уақытына да тәуелді, сол

себепті әр түрлі орталарда бірдей тасымалдар мен қалыптасу уақыттары жақын және алыс зоналарға да жауап бере алады.

Қорек көзінде токты тез өшіріп, ауыстырып, қосуынан ортаның әрбір нүктесіне электромагниттік өрістің туындауы екі тәсілмен беріледі:

1) Ауамен тез және жұтылусыз таралады. Өрістің амплитудасы қорек көзінен қашықтаған сайын, геометриялық бөлінудің әсерінен азаяды. Алыс зонаның барлық нүктелеріне бір уақытта дерлік өріс жазық фазалық фронтымен жерге тік таралады. Сондықтан, әртекті жазық толқындары таралады деп есептеуге болады.

2) Қиманың өткізгіш қабаттарында анықталатын шектік жылдамдықпен жұтылумен жүреді. Бұл механизмді туынды құйынды токтардың біртіндеп таралу процесі ретінде суреттеуге болады. Ол уақыт өткен сайын қорек көзі айналасындағы қиманы қамтып әрі қарай таралады. Туынды құйынды токтардың қорек көзінен қашықтаған сайын қарқындылығы жұтылудың әсерінен азая береді, 4.18-суретте ілмектен қалып таспаған электромагниттік өрісінің таралуы жайлы, туынды өрістің алыс, жақын зоналарда таралу шекаралары көрсетілген. Өріс екі жағдайда да өткізгіш ортаның ішінде диффузиялық құбылысқа немесе жылу өткізгіш теңдеуіне сәйкес таралады.



4.18-сурет. Ілмектен қалыптаспаған электромагниттік өрісінің таралуы

Суда сияның еруі немесе қатты денеде жылудың таралуына ұқсастық түрі болып табылады.

Қоректендіруші және қабылдаушы қондырғы тасымалына және қалыптасу өрісі процесінің зерттелетін уақытына байланысты ҚЗ екі модификацияға бөлінеді: алыс (АҚЗ) және жақын (ЖҚЗ) зоналары. Мәліметтерді тіркеу мен өңдеу тәсілдері бұл әдістерде өте ұқсас.

ӨҚЗ әдісі екі модификациясының бір-бірінен өзгешелігі: АҚЗ—да қорек көзі мен бақылау нүктесі арасындағы тасымалдың ұзындығы (r) зерттеу тереңдігін үлкейтеді, ал ЖҚЗ - ғы зерттеу тереңдігі уақытқа тәуелді, айтарлықтай үлкен болуы мүмкін. Осыған байланысты АҚЗ жиілікпен зондылау әдісіндегідей: өлшенетін өріс қорек көзі мен қабылдағыштың арасындағы кең аралықты сипаттайды; ЖҚЗ әдісінде өлшеу қорек көзінің қасында жүргізіліп, сонда ол жергілікті және нақты зерттеу тереңдігінің үлкеюіне әкеледі. Бұл ЖҚЗ - әдісінің негізгі жетістігінің бірі.

4.3.3. Жақын зонада өрісті қалыптастырып зондылау

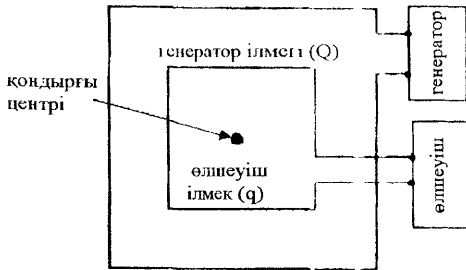
Жақын зонада зондылау кезінде әдетте, қорек көзі болып жермен тұйықталмаған ілмек қолданылады.

Жақын зонада өрістің қалыптасуының негізгі ерекшелігі - кішкентай тасымалмен болса да тереңдікке зондылау жүргізу мүмкіндігі болып табылады. Бұл қондырғымен зерттеу тереңдігі жоғары болады. Тіркеу нүктесінің орналасуы нақты болып, артық сұрақтардан арылады. Генератор және өлшеу ілмектерінің біріктірілген қондырғысын қолдану мүмкіндігі туады.

Алайда, кішкентай қоректендіруші тасымалдардың ортасы (центрі) қондырғының мөлшерін үлкендету мүмкіндігін шектейді. Одан өз өрісі мен **ЖҚЗ** кезінде жақын орналасқан машинаның генераторы туындататын бөгеуілдерді міндетті түрде ескеру қажет. Сондықтан, өлшеуді ток импульстерінің арасындағы кідірістері (паузалары) арасында жүргізіледі.

Көрінерлік кедергі. Көрінерлік кедергінің **ЖҚЗ** - ғы сияқты басқа да электрлік барлау әдістеріндей біртекті жартылай

кеңістік үшін шешілетін мақсаттарға сәйкес енгізіледі. Біртекті жартылай кеңістіктің бетінде қалыптаспаған электромагниттік өріс компоненттері үшін формулалары күрделі түрге ие. Бірақ, ауысу шегін мына қатынастардың көмегімен: жақын зона үшін $r/\tau \rightarrow 0$, алыс зона үшін $r/\tau \rightarrow \infty$ айтарлықтай қарапайымдатылады. Өрісті қалыптастырып зондылау процесін зерттеу кезінде уақытпен тасымалдың шамаларына байланысты осы немесе басқа өріс асимптотасына арнап тендеу беріледі.



4.19-сурет. «Ілмек ішінде ілмек» қондырғысымен өрісті қалыптастырып зерттеу

Осыған сәйкес көрінерлік кедергіні алу үшін жақын немесе алыс зоналарының формулалары бойынша сигналды нормалау қолданылады. Алайда, қалыптасу қисықтарында ереже бойынша алыс және жақын зоналарына сәйкес келетін бөлімдері бар. Бұл көрінерлік кедергі қисықтарының сапалы талдануын қиындатады. Өрістің алыс зонадағы мәні ортаның кедергісіне тәуелділігі тура, (басқа да электрлік барлау әдістеріндей), ал жақын зонада бұл керісінше.

Алыс зонаға сәйкес көрінерлік меншікті кедергіні ρ_r есептеу формуласының түрі мынандай:

$$\rho_r(t) = k_{\text{өжзкзк}} \frac{\Delta U(t)}{I}. \quad (4.3.3.1)$$

$$\text{Ал жақын зонада} \quad \rho_r(t) = k_{\text{өжзкзк}} \cdot \frac{1}{t^{2/3}} \cdot \left(\frac{1}{\Delta U(t)} \right)^{2/3}. \quad (4.3.3.2)$$

Мұндағы $K_{\Theta A3K3}$ және $K_{\Theta Ж3K3}$ қондырғының геометриялық коэффициенттері, ΔU – өлшенген потенциалдар айырмасы, ал I – қорек көзіндегі ток импульсінің амплитудасы.

ЖҚЗ «ілімек ішінде ілімек» қондырғысы. ЖҚЗ әдісімен дала жұмыстарында қоректендіру көзі мен қабылдау тізбегінде квадрат төртбұрышты, дөңгелек жермен тұйықталмайтын ілімектер пайдаланылады.

Екі ілімектен құралған тізбек жекелеген жағдайда «ілімек ішінде ілімекте» деп аталады. Осы кезекте екі вариант болуы мүмкін:

Өлшеуге арналған «ілімек» q – деп белгіленеді, өлшемі m^2 Генератор «ілімегін» Q – деп белгілейді. Бір қарағанда айтарлықтай кішкентай болғанымен, оның іші пункттер немесе профильдермен орын ауыстырылады.

1) Генератор ілімегімен центрлері сәйкес келеді және зондылаудың бір нүктесінен басқа нүктеге бірге ауыстырылады. Жиі қолданылатын қондырғының соңғы варианты «осьтес ілімектері бар қондырғы Генератор ілімегі өлшеу ілімегімен салыстырғанда үлкен болуы мүмкін. Олардың өлшемдері сәйкес болса, бұл жағдайда генератор және қабылдау ілімегімен «біріктірілген» қондырғы және соңғысы генератор да, қабылдаушыда бір ілімекті болуы мүмкін (бір ілімекті қондырғы).

Қабылдау ілімегінде ΔU_q сигналы тиімді S ауданымен (орам санын ескергенде) уақытқа тәуелді магнит өрісінің тік компонентінің H_z өзгеру жылдамдығына пропорционал: «Ілімектің ішінде ілімек» қондырғысымен жұмыс жүргізу технологиясы өте қарапайым. Жерде «бір ілімекті» қондырғымен жұмыс істегенде немесе екі ілімек квадрат пішінімен төселеді.

$$\Delta U_q = -\mu_0 S \frac{\partial H}{\partial t} \quad (4.3.3.3)$$

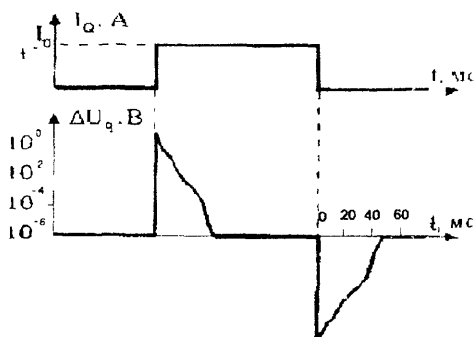
μ_0 – вакуумдағы магнит өтімділігі.

Олардың қимасының қалыңдығы жеке сымдардан немесе сымдарды топтастырып бұрандалы бума түрінде құрастырылулары мүмкін. Олардың жақтары 90 градустық бұрышпен ерекшеленуі керек. Оны буссоль көмегімен істеу

ыңғайлы. Осыдан кейін ілмек (тер) аспаптарға жалғанып өлшеулер жүргізіледі.

Q-q осьтес қондырғылар барлық әдіс түрлерімен кең көлемде қолданылады.

Себебі, зерттеу кезінде «тіркеу нүктесі» орнының анықталуы, яғни өлшеу нәтижелеріне жататын жер беті нүктелері нақтыланып, жұмыс өнімділігінің артуы мен мәліметтердің жоғары сапалы болуын қамтамасыз етеді.



4.20-сурет. Өрісті қалыптастырып зондылау әдісінің қабылдау тізбегінде тіркелген сигналдан мысал

ӨЖҚЗ әдісінің аспаптары. Бұл әдісте қолданатын аспаптармен өлшенетін сигнал сипатын анықтауына байланысты бір топ ерекшелігі бар.

ӨЖҚЗ сигналы қысқа уақытта кең диапазонда өзгереді (5-6 қатарға). Қабылдау тізбегінде ЭЖҚ аз уақытта қалыптасуы ондаған вольтқа жетіп, ал соңында микровольт бөлігіне дейін азаюы мүмкін. Сондықтан да, өлшеуге аспаптары үлкен сезгіштікпен (өлшенетін сигналдың минималды деңгейі және кең динамикалық диапазонға максимальды өлшенген сигналдың минимумға қатынасына ие болуы керек. Аппаратураның негізгі сипаттамасы – зерттеу тереңдігін анықтайтын токтың максималды шамасы. Оны генератор тізбегі жүзеге асыра алады. Импульстің фронтын сөндіру қолданылып, Генератор жұмысымен байланысты

емес тұрақсыз қателіктерден құтылады. Импульспен паузаның ұзақтығы минималды қателік болатындай етіп таңдалады.

ЖҚЗ әдісі аспабының негізгі блоктарына: генератор тізбегі – коректендіруші, қабылдау тізбегімен өлшеу және басқару блогы. Соңғысы генератормен өлшеу жұмыстарын синхронизациялауды қамтамасыз етеді.

Бөгеуіл болатын өрістермен күресу. Жасанды электромагниттік өріспен жұмыс жасағанда тосқауыл (помехи) болатын өрістердің негізгі түрлері мыналар:

1. Жоғары кернеулікті (вольтті) электр тарату тізбектері ЛЭП-мен басқа объектілерден пайда болатын өндірістік жиілігі 50 Гц-тік бөгеуілдер (тосқауыл);

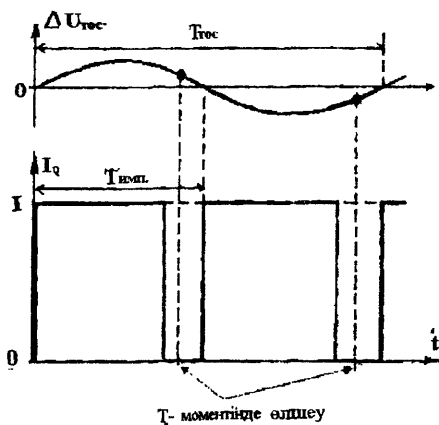
2. Электрленген темір жолдарынан пайда болатын бөгеуілдер;

3. Төменгі жиіліктегі магнитотеллурлық бөгеуілдер;

4. Тұрақты емес байланыс желілердің бөгеуілдері;

5. Жоғарғы жиіліктегі радиотолқынның бөгеуілдері.

Гармониялық қоздыру әдісінде кедергілермен күресу үшін жұқа жолақты сүзгілеу қолданылады.



4.21-сурет. Гармониялық бөгеуілдерді (кедергілерді) жинақтау тәсілімен күресу

Ол өріс туындататын жиілікке дәлденген, ал жиілікпен ерекшеленетін кедергілерді басады. ҚЗ жұқа жолақты сүзгілеу пайдаланылмайды, өйткені уақытқа тәуелді тіркелетін қалыптасу өрісі жиіліктің кең спектрлеріне ие.

ҚЗ тосқауылды басу процесін сүзгілеумен, жинақтаумен жүзеге асыруға болады. Аппаратураның ерекшелігіне байланысты сүзгілеу мен жинақтау сандық және аналогты болуы мүмкіндігі р, кедергісінің гармониялық жиілігі белгілі болса, жақсы нәтижелерді береді. Лездік өлшемдері кірісінде сигналды өлшеу аналогты немесе сандық режекторлы сүзгіден өткізіледі. Ол кедергі жиілігіне келтірілген. Режекторлы сүзгі кейбір жиілік аралығын кесіп тастайды. Содан кейін төменгі және жоғарғы жиілікті сүзгілерден өткізіліп, кедергілерді жүз есеге дейін баса алады.

Бөгеуілдермен күресудің екінші әдісі – жинақтау әдісі (4.22-сурет.) Оның негізі мынада, генератор ілмегінде, яғни қоректендіруші импульстер сериясы жіберіп, олардың әрқайсысынан кейін өлшеулер жүргізіледі. Содан соң бақылау нәтижелері орташаланады. Кездейсоқ кедергілерді жинақтау кезінде $\sqrt{n}$ есеге (n өлшеу саны) азаяды (басылады). Сигнал кедергі қатынасын жоғарылату үшін кедергілерді басу ғана емес, генератор ілмегі мен оның ішіндегі токты жоғарылату жолымен пайдалы сигналды жоғарылату. Бұл тиімді, бірақ қондырғының және генератор тізбегінің үлкен болуына әкеліп, өз кезегінде еңбек өнімділігін төмендетеді.

4.3.4. ӨЖҚЗ мәліметтерін өңдеу мен талдау

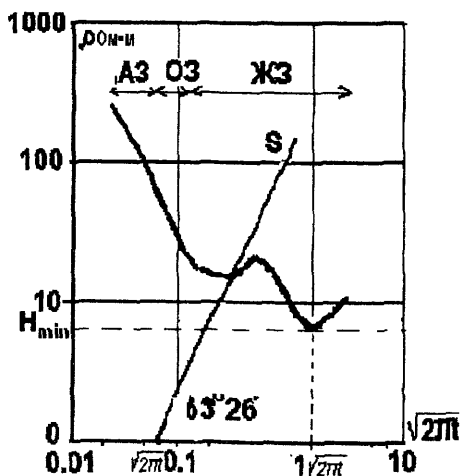
ӨЖҚЗ мәліметтерін өңдеу әр түрлі уақыттағы ЭЖК кідіріс мәндері (көрінерлік әр түрлі диапазондарда ток шамалары) алынған зондылау қисықтарының мөлшерлерін біртіндеп кедергі мәндеріне ауыстырумен жалғасады. Әр түрлі реттелген **ӨЖҚЗ әдісінің аспаптары**. Бұл әдісте қолданатын аспаптардан алынған мәліметтердің нәтижесінде аппроксимацияланған геологиялық қималар тұрғызу кездері жоғарыда айтылғандай және жиі қолданылады.

«Ілмек ішінде ілмек» қондырғысы жағдайында көрінерлік кедергі $\rho_{\tau}(t)$ мына формуламен есептеледі:

$$\rho_{\tau}(t) = \frac{\mu_0}{\pi \cdot t} \cdot \left[\frac{Q \cdot q \cdot \mu_0 \cdot I}{20 \cdot t \cdot \Delta U_q(t)} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (4.3.4.1.)$$

Мұндағы Q мен q генератор мен қабылдау ілмегінің (сым талшықтарының, санын есептемегенде) тиімді ауданы, t -қалыптасу уақыты, $20\Delta U_q(t)$ — қабылдау ілмегінің ЭҚК, I -генератор ілмегіндегі ток күші, $\mu_0 < 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м вакуумдағы магнит өтімділігі.

«Ілмек ішінде ілмек» қондырғысымен зондылау қисығының мысалы 4.22-суретінде көрсетілген. Назар аудару керек, өрістің ЖҚЗ әдісінде көрінерлік кедергі мен сигнал кері тәуелділікпен байланысқан. Бұл факт мынаны көрсетеді, геологиялық қима қабаттарында дененің өткізгіштігі жоғарылаған сайын онда күшті құйынды токтар пайда болады.



4.22-сурет. «Ілмек ішінде ілмек» қондырғысымен зондылау қисығының мысалы келтірілген

Көрінерлік кедергінің графиктері билогарифмдік масштабты тұрғызылады. ЖҚЗ да ось абсцисса бойымен $\sqrt{2\pi}$ параметрін, жиілікпен зондылау ВЭЗ әдісінде $AB/2 \sqrt{T}$ параметрі сияқты тереңдікке эквивалентті параметрлерін салу қабылданған. 4.23-суретте қисық сызықтың басы алыс зонаға сәйкес түсіндірілсе, алыс зона сигналы кедергісіне тура пропорционал, ал жақын зонада кері пропорционал.

ЖҚЗ мәліметтерін талдау әдістері

ЖҚЗ мәліметтерін талдау кезінде көлденең қабатты органың моделіне негізделген. Талдау, әдетте, көрінерлік кедергі қисығы бойынша қиманың жалпылама параметрлерін анықтаумен басталады.

Кері есепті шешу үшін: көрінерлік өткізгіштің жиынтық (сомалық) қисықтары бойынша ЖҚЗ нәтижелерін талдау әдісі және бір өлшемді геоэлектрлік қима параметрлеріне келтіру әдісі қолданылады.

4.3.5. Қиманың жалпы параметрлерін анықтау

Қиманың жалпы параметрлерін (H - өткізгіштің жабынына дейінгі жиынтық (сомалық) қалыңдық және S — изолятор жабынына дейінгі жиынтық бойлық өткізгіш асимптоталар мен координаттар минимумдары бойынша бағалауға болады.

Өрістің ЖҚЗ қисықтарында ұлғаймалы бұтақтар болса, абсциссаға $63^{\circ}26'$ бұрышпен түсетін асимптотаны тұрғызуға болады (4.23 -сурет). Онда изолятор жабынына дейінгі жиынтық өткізгіш мына формула бойынша есептеледі:

$$S = 189.3 \cdot \sqrt{2 \cdot \pi \cdot t_s} \quad (4.3.5.1)$$

Мұндағы асимптота $\sqrt{2 \cdot \pi \cdot t_s}$ түзуімен жанаманың қиылысу абсциссасы.

S пен H жинақтап қорытылған сандық параметрлерді көрінерлік кедергі қисығының координата минимумдары бойыншада анықтауға болады. Бұл параметрлерді есептеу төменгі формулалармен жүзеге асырылады:

$$S = 452 \cdot \sqrt{2 \cdot \pi \cdot t_{\min}} / \sqrt{P_{\tau_{\min}}} \quad (4.3.5.2)$$

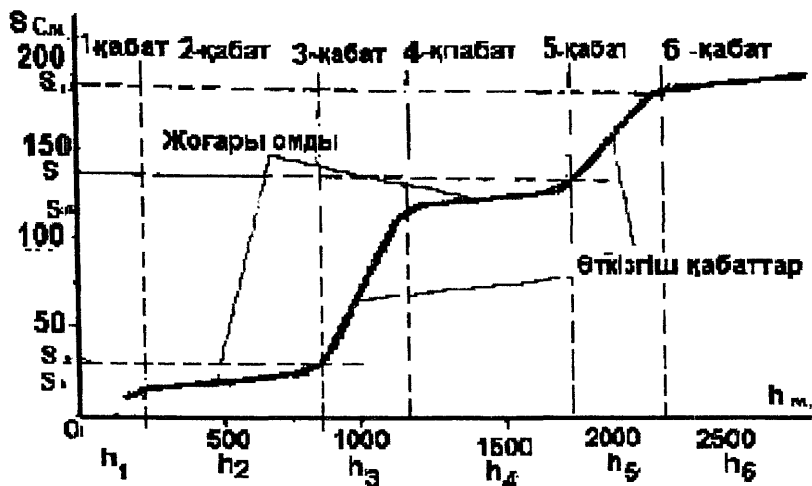
$$H = 360 \cdot \sqrt{2 \cdot \pi \cdot t \cdot \sqrt{P_{\tau_{\min}}}} \quad (4.3.5.3)$$

Мұндағы $\sqrt{2 \cdot \pi \cdot t_{\min}}$ – көрінерлік кедергі қисығы минимумының абсциссасы, ал $P_{\tau_{\min}}$ – оның ординатасы (4.23-сурет).

Көрінерлік бойлық өткізгіштің қисықтары. В.А. Сидоров пен В.В. Тикшаев өлшенген ЭҚК мәні бойынша көрінерлік кедергімен P_{τ} , (t_{τ}) бірге қиманың көрінерлік өткізгішін $St(h)$ анықтауды ұсынды. Көрінерлік өткізгіш $S_{\tau}(h_{\tau})$ h_{τ} тереңдікке дейін қиманың жиынтық тура өткізгішін сипаттайды:

$$St(h_{\tau}) \approx \int_0^{h_{\tau}} \frac{1}{\rho(Z)} dz \quad (4.3.5.4)$$

Мұндағы $\rho(z)$ функциясы қиманың тереңдікте өзгеруін сипаттайды. $St(h_{\tau})$ қисықтары қабаттардың параметрлерін сипаттап, анықтайды. $S_{\tau}(h_{\tau})$ көлденең қабатты ортада азаймайтын функция (4.23-сурет). $S_{\tau}(h_{\tau})$ – қисығының жоғары көтерілген бөлімдері өткізгіштер, ал тұрақты бөлімдері изоляторлар болып, $S_{\tau}(h_{\tau})$ -ның иілген жерлерінен қабаттардың шекараларын анықтайды. Осылай, $S_{\tau}(h_{\tau})$ қисықтары көмегімен қимадағы қабаттардың санын және олардың сипаттамаларын (кедергісі мен қалыңдығын) бағалауға болады:



4.23-сурет. Көрінерлік бойлық өткізгіштің қисықтары

$$h_i = h_n - h_{n-i}. \quad (4.3.5.5)$$

$$\rho_i = \frac{S_n - S_{n-1}}{h_n - h_{n-1}}. \quad (4.3.5.6)$$

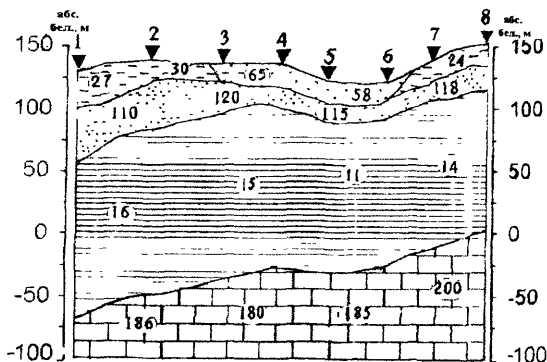
Мұндағы i – қабаттың нөмірі, S_{ti} мен $h_{ti} - S_i(h_i)$ қисығының иілу нүктелерінің ординатасы мен абсциссасы.

Талдаудың геологиялық тиімділігін жоғарылату үшін ерекшеленген $S_i(h_i)$ қисығы мен профильдердің көрші нүктелері бойынша қабаттарды сәйкестендіруге қолданып, шекаралардың орналасу жағдайын бақылауға мүмкіндік береді.

Келтіру әдісімен талдау. Басқа да электромагниттік зондылау түрлері сияқты ӨЖҚ зондылау қисықтарын талдаудың негізі «келтіру әдісі» болып табылады. Ол геоэлектрлік модель қимасының кезектесіп өзгеруін сипаттайды.

Тура есепті тәжірибелік және теориялық қисықтарды, бір - біріне қажетті дәлдікпен, беттестіріп есептелінеді және

минимумын пайдаланып есептеуге арналған қиманың алғашқы мәліметтері бойынша үлгіні (моделі) құрастырады.



4.24-сурет. ЖЗҚ өрісінің нәтижесінде тұрғызылған геоэлектрлік қима

ӨЖҚЗ мәліметтерін «келтіру әдісімен» бір өлшемді талдау көбінесе – «Эра», «Эра-ПЛИОС», «TEM-RES», «AEMR ltd», «TEM-FAST» бағдарламалары және «ПОДБОР» халықаралық жүйесімен жасайды. Бұл бағдарламалар төте есепті шешу тәсілдерімен (жылдамдығымен дәлдігі).

Бұл бағдарламалар төте есепті шешу тәсілдерімен (жылдамдығы мен дәлдігі), модельдерде қабаттардың максималды сандарымен, автоматты келтіру, профильдік және аландық мәліметтермен жұмыс істеу мүмкіндігі және қолданатын интерфейске байланысты өзара ерекшеленеді.

Талдаудың нәтижесі бойынша геоэлектрлік қима тұрғызылады.

Қорытынды. Өрісті қалыптастырып зондылау әдісімен шешілетін геологиялық міндеттер.

ӨҚЗ әдісімен шешілетін негізгі үш геологиялық міндеттер:

1. Жоғары омды тірек болар горизонтының бедерін зерттеу;
2. Карбонатты шөгінділерде өтетін терригенді зоналарды ер окшаулау;

Қолайлы жағдайларда ірі жергілікті құрылымдарды анықтау.

ӨЖҚЗ қолданылуы. ӨЖҚЗ әдісі көмегімен, аз тереңдіктен бастап терең зерттеулерге дейін кең шеңберде қолданылып, геологиялық міндеттерді, тапсырмаларды шешуге болады. Оның қолдану аймағы ВЭЗ бен МТЗ әдістеріндей. ЖЗҚ әдісінің аз тереңдікте жақсы қолдануының мысалы ретінде – палеодалаларды зерттеу мен карталау болып табылады.

Массивті рудалы денелерді іздеуде ӨЖҚЗ әдісінің қарапайымдатылған нұсқасы – ауыспалы процестер әдісі АПӨ (мпп) кең қолданылады.

Терең зерттеулерде ӨЖҚЗ платформалы облыстардың аймақтық құрылысын зерттеуде және жергілікті құрылымдарды анықтауда жақсы қолданылады. Мұнда негізгі шешілетін тапсырмалар: киманы қабаттарға жіктеу, өткізгіш шөгінділерді, олардың қалыңдықтарын анықтау, жабынның жатыс жағдайын, өткізгіштігін анықтау болып табылады.

ЖҚЗ әдісінің жетістіктері мен кемшіліктері. ЖҚЗ негізгі кемшілігі:

1. Ауыспалы өрісінің күрделі құрылысы мен әртекті орталар **ЖҚЗ** мәліметтерін талдауда қиындықтар туындатуы;

2. АҚЗ мен шынайы зерттеу тереңдігі бірінші километрлермен шектеліп, тереңдіктің өсуімен қондырғы жасау шығыны жылдам түрде өседі.

ЖҚЗ -ның жетістіктеріне мыналарды жатқызуға болады.

1. Зерттеу нақтылығының жоғары болуы (тереңдік бойынша) және жергіліктілігі (латеральды);

2. Өлшеудің жоғарғы дәлдігі;

3. Қима параметрлерінің жоғары мүмкіндігі қабілеттері;

4. Зерттелетін тереңдік диапазонының кеңдігі;

5. Жұмыс технологиясының қарапайымдылығы.

Қорытындылай келе ЖҚЗ әдісі бүгінгі таңда болашағы бар, тез дамитын электрлік барлау әдісінің бірі.

4.4. Магнитотеллурлық зондылау МТЗ әдісі

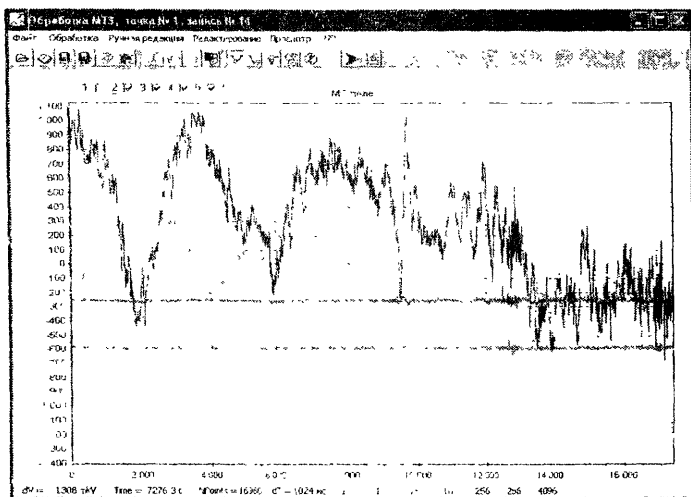
Жердің табиғи айнымалы электромагниттік өрісін зерттеуге негізделген. Табиғи айнымалы электромагниттік өріс жердің үлкен аймағын қамтиды.

Магнитотеллурлық өрістердің табиғаты бүгінде космостағы болып жатқан факторларға байланысты. Күннен тарайтын зарядталған бөлшектердің (корпускулалардың) ионосфераға әсері арқылы түсіндіреді. (Бұл ағынды кейде "күн желі"– депте атайды). Күн желінің магнит өрісі жердің магнит өрісіне әсер етіп, оны деформациялайды. Бұл процесс тұрақты болмағандықтан, ионосфераның өткізгіш қабатында каркынды, өте тез айналымы ток пайда болып, географиялық ендік бағытымен таралады. Бұл токтар негізінен полярлық зоналарда, 70° ендікте шоғырланады. Ионосфераның жақсы өткізгіш қабатында 80–100 км биіктіктегі, шектеулі кеңістікте орналасқан. Өріс толқындары, Жер бетіне тік бағытпен түсетін квазижазық толқындары деп қарастыруға болады. Жер қойнауына тараған жазық толқындар өткізгіш қабаттарында ток дауылын туындатады.

Оның тереңдікке таралу жылдамдығы осы өрістің жиілігі мен өрістің алғашқы вариация периодына тікелей байланысты.

Кең көлемді инфратөменгі жиіліктегі магнитотеллурлық өріс әлсіз скин-эффектінің әсерінен төменгі қабаттарға ондаған, жүздеген км-ге таралады. Қысқа периодты (салыстырмалы жоғары жиілікте) токтар жоғары қабатта шоғырланып, өріс мәліметтерді осы жоғарғы қабаттарының қимасынан әкеледі. Ұзақ периодты толқындар терең қабаттарға таралып, өте терең қабаттардан мәліметтер алуға мүмкіндік береді. Бұл әдістер, электрлік барлау әдісінің ішіндегі ең тереңі. Электромагниттік өріс мынандай өріс векторларымен сипатталады: магнит өрісінің кернеулік векторы H және электр өрісінің кернеулік векторы E (теллурлық ток өрісі) жер бетіндегі геомагнит өрісінің өзгерісі (толқуы) осыған байланысты.

Магнитотеллурлық өрістердің (жиілігі 10^{-5} Гц-тен дыбыс жиілігіне дейін) жер қойнауында таралуы теллурлық токтардың пайда болуының бір себебі.



4.25-сурет. Магнитотеллурлық өріс тіркеулерінен көрініс.
МТ-өрістің импеданс графикатерінің сипаттамасы

Магнитотеллурлық зондылау әдісі (МТЗ) жердің геологиялық құрылымы туралы құнды мағлұматтар алу үшін пайдаланылады. Бұл әдісте өрістің жиілігі секундтың жүздеген бөлігінен бастап бірнеше сағатқа дейінгі аралықтағы өзгерістер зерттеледі. Ал, бұл процесс өрістің жер қойнауында ондаған метрден жүздеген километрге дейінгі тереңдікте таралуын көрсетіп, яғни бұл әдіспен жердің шөгінді қыртысын ғана зерттеп қоймай, тіпті жоғарғы мантияны да зерттеуге болады.

Магнитотеллурлық өрістің жоғарғы жиілікті құраушысы скин-эффектіге байланысты, тереңдеген сайын тез өшіп, тек жердің жоғарғы қабаты туралы мәлімет береді. Төменгі жиіліктер төмендеген сайын, өрістің жер қойнауына ену тереңдігі үлкейеді де, біз геоэлектрлік қиманың терең қабаты (бөлігі) туралы мәлімет ала аламыз. Сонымен, МТЗ әдісі индукциялық

жиілікпен зондылаудың бір түрі деуге болады. МТЗ-ның басқа әдістерден ерекшелігі – бұл оның табиғи өрісті зерттеуінде, зерттеудің үлкен тереңдігімен, жұмыстардың басқаларға қарағанда арзан болуында және қолданылатын аспаптардың ықшамдылығында, оның себебі мынада: МТЗ-да табиғи өрісті пайдалатындықтан үлкен генератор тізбектерін қолданудың қажеті жоқ. Қазіргі кезде МТЗ-ның басқа электр барлау әдістеріне қарағанда, мәліметтерді интерпретациялауға арналған ең жақсы жасалған аспаптары бар. Сонымен бірге, үш өлшемді эртекті орталарда МТЗ әдісінің бір кемшілігі, оның техногендік электромагниттік бөгеуілдерге өте сезімталдығы. Осы кемшілікті жаңа аспаптарды қолданып және мәліметтерді өңдеу тәсілдерін зерттеп, жетілдіріп, өндірістік электромагниттік өрістер туындататын бөлімдерден алыс аудандарда орналасып, синхронды бақылауларды жолға салу арқылы жоюға болады.

4.4.1. Магнитотеллурлық өріс

Магнитотеллурлық өріс, яғни табиғи айнымалы электромагниттік өте үлкен аймақты қамтитын өріс. Бұл өріс – вариация формасында айқындалып электромагниттік өрістің электрлік E және магниттік H құраушыларынан тұрады.

Жер қойнауына және оны қоршаған кеңістікте төменгі жиілікпен табиғи магнитотеллурлық өрістер деп аталатын магнит өрісі таралады. Электр құраушысы жер қойнауында табиғи теллурлық (теллур. грек–жер) токтар деп аталатын айнымалы электр өрісін туындатады. Магнит құраушысы, яғни геомагниттік өріс вариациясы осы теллурық токтың айнымалы ерекшелігіне тікелей байланысты.

Оның тереңдікке таралу жылдамдығы осы өрістің жиілігі мен алғашқы өріс вариациясының периодына, табиғи факторларға байланысты, МТ өрісінің төменгі жиілігінің (1Гц-тен төмен) табиғаты жоғарыда айтылғандай, Күннің және уақытқа тәуелді өзгертін зарядталған бөлшектердің ағымын магнитосфера және ионосфера әсерлесуімен түсіндіруге болады.

МТ өрісінің жиілігі Гц-тен жоғары болатын тербелістер найзағай қарқындылығынан туындайды.

МТ өрісінің төменгі жиіліктегі вариациялары келесідей төрт түрге бөлінеді:

1) әлемдік магниттік құйын – бұл кернеулігінің күрт өсуі және одан кейін ұзақ уақыт бойы төмендеуімен сипатталатын өрістің қарқынды (интенсивті) өзгерісі;

2) күндік – тәуліктік вариациялары – өзгеру амплитудасы 50 нТл-ға жететін периодты тербелістер;

3) бухта түрлі тербелістер – бірнеше сағат ішіндегі өріс деңгейінің жай өзгеруі, ұзақ периодты вариация;

4) пульсттік немесе қысқа периодты тербелістер – периоды негізінен 0,1-ден 1000 с дейін және мәні бірінші нТл-дан қысқа период үшін және бірнеше ондаған нТл – ұзын периодтары квазисинусоидалы және кездейсоқ вариациялар.

Жоғарғы периодты вариациялар алыс найзағай өрістерімен байланысты.

Зерттеулердің тереңдігі. Гармониялық заң бойынша уақытқа тәуелді өзгертін өрістерді зерттеуге негізделген электрлік барлау тәсілдердің тереңдік сипаттамалары негізінен екі факторға тәуелді: өрістің тербеліс жиілігінің көзіне. МТЗ әдісінде МТ өрісінің көзі шексіздікте деп қарастыруға және зерттеулердің тереңдігі тек қана скин-эффекті арқылы анықталады.

Айналу жиілігі ω ($\omega = 2\pi f = 2\pi/T$, f – жиілік, Гц; T – период, с) тербелістері (е) есе өшетін электромагниттік өрістің тереңдігі *скин-қабаттың қалыңдығы* h_δ – деп аталады. Теорияға сай біртекті магнитсіз жарты кеңістіктің кедергісі және магниттік өтімділігі белгілі болса,

$$h_\delta = \sqrt{2\rho/(\omega - \mu_0)}. \quad (4.4.1)$$

Егер $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м тең деп алсақ, онда формуланы келесі түрде жазуға болады:

h_δ шамасы метрмен өлшенеді.

$$h_{\delta} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{10^7 \rho T} . \quad (4.4.2)$$

Осыдан біз көріп тұрғанымыздай, неғұрлым өріс тербелісінің жиілігі аз болса, соғұрлым оның жерастына таралу (ену) тереңдігі артады. Сонымен қатар, скин қабатының қалыңдығы ортаның кедергісімен анықталады. Жоғары Омдық ортада өріс өткізгіш ортаға қарағанда тереңдеген сайын баяу өшеді. Жоғарыда көрсетілген формулалар арқылы біз тек біртекті орта үшін емес, сонымен қатар біртекті емес ортаның да тереңдігін анықтай аламыз. Сол себепті жарты кеңістік үшін кедергінің орнына берілген жиіліктегі көрінерлік кедергіні қоямыз.

Импеданс, көрінерлік кедергі МТЗ әдісінің ерекшелігі: өріс көзінің параметрлері белгісіз және уақыт бойынша өзгереді. Электробарлау әдістерінде көбінесе жасанды өрістерді қолданып, көрінерлік кедергіні келесі формула көмегімен есептейді:

$$\rho_K = k \cdot \Delta U / I . \quad (4.4.3)$$

K – қондырғының геометриялық коэффициенті, ΔU – өрістің белгілі бір компоненті өлшенген датчиктегі потенциалдар айырмасы, I – ток көзіндегі ток күші.

Көріп тұрғанымыздай, магнитотеллурлық өріс үшін біз не ток күшін, не геометриялық коэффициентін білмейміз. Сондықтан да, магнитотеллурлық өрістің жеке бір компонентін өлшеп, геоэлектрлік қиманы тұрғыза алмаймыз. Бұл жағдайды шешуді 1950 жылы Тихонов ұсынды. Ол МТ өрісі компоненттерінің қатынасына негізделген. Негізгі көрсеткіштің бірі болып — Импеданс саналады. Горизонтальды қабатты ортаға арналған.

$$Z_{\omega} = E_x / H_y = -E_y / H_x ; \quad (4.4.4)$$

Мұндағы E_x және E_y – кешенді горизонтальды электр құраушыларының амплитудалары H_x және H_y – МТ өрісінің

комплекті магнит құраушыларының амплитудалары. Импеданс Z комплекті сан болып және де геоэлектрлік қиманы ғана суреттейді (егер ток көзі бақылау нүктесінен шексіздікте орналасқан болса).

Біртекті жарты кеңістік үстінде

$$Z = \sqrt{-i\omega\mu_0\rho}, \quad (4.4.5)$$

Осыдан импеданс модулі, яғни ω жиілігінде электрлік және магниттік компоненттердің тербеліс амплитудаларының қатынасы

$$|Z| = \sqrt{\omega\mu_0\rho}, \quad (4.4.6)$$

Импеданс фазасы, яғни осы компонент фазаларының ығысуы

$$\arg(Z) = -45^\circ. \quad (4.4.7)$$

(4.3.6) өрнегінен біртекті жарты кеңістіктің кедергісін анықтайық

$$\rho = \frac{|Z|^2}{i\omega\mu_0}. \quad (4.4.8)$$

МТ өрісінің Жер бетіндегі компоненттері арқылы импедансты есептеп, одан кейін (4.3.8) өрнегі арқылы көрінерлік кедергіні есептейміз. МТЗ әдісіне көрінерлік кедергіні Л. Каньяр енгізді.

МТ өрісінің тік және горизонталь компоненттерінің қатынасы немесе далалық және базалық нүктелердегі ұқсас (атлас) компоненттер. Осы қатынастар әдістің көптеген модификацияларының негізінде жатыр. Осы қатынастардың бәрі жиілікке тәуелді болғандықтан, өрістің Жердегі жиілік сипаттамалары ретінде қарастырады. Сондықтан, оларды түрлендіруші функциялар деп атайды.

Импеданс тензоры Горизонтальды – қабатты орталар үшін (4.4.4) өрнегін пайдаланып, біз электрлік және магниттік өрістердің ортогональды горизонталь компоненттердің қатынасын ғана аламыз.

$$\begin{aligned} E_x &= ZH_y \\ E_y &= ZH_x \end{aligned} \quad (4.4.9 \text{ а, б})$$

М.Н. Бердичевский мен Т. Кантуэлл көрсеткендей, горизонталь бойынша күрт өзгертін қималар үшін скалярлы импедансты қолданбай, импеданс тензоры қолдану ыңғайлырақ болады.

$$[Z] = \begin{bmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{bmatrix}. \quad (4.4.10)$$

Мұндағы Z_{xy} және Z_{yx} – негізгі, ал Z_{xx} және Z_{yy} – импеданс тензорының қосымша компоненттері.

$$\begin{aligned} E_x &= Z_{xx} \cdot H_x + Z_{xy} \cdot H_y, \\ E_y &= Z_{yx} \cdot H_x + Z_{yy} \cdot H_y, \end{aligned} \quad (4.4.11)$$

Осы жағдайда өрістің электрлік және магниттік құраушыларының горизонталь компоненттері келесідей қатынастармен байланысқан: Импеданс тензорының құрылысы бір өлшемді және екі өлшемді орталарда қарапайымдалады. Яғни 1D, 2D орталарда $Z_{xx} = Z_{yy} = 0$ ал $Z_{xy} = -Z_{yx}$ егерде ось x құрылымдардың құлау бағытымен сәйкес болса, ал ось y олардың созылу бағытымен бағытталса, онда қосымша компоненттер нөлге, ал негізгілері бір-бірінен ерекшеленеді. Интерпретациялағанда көбінесе эффективті импедансты қолданады.

$$Z_{\text{eff}} = \sqrt{Z_{xx}Z_{yy} - Z_{yx} \cdot Z_{xy}} \quad (4.4.12)$$

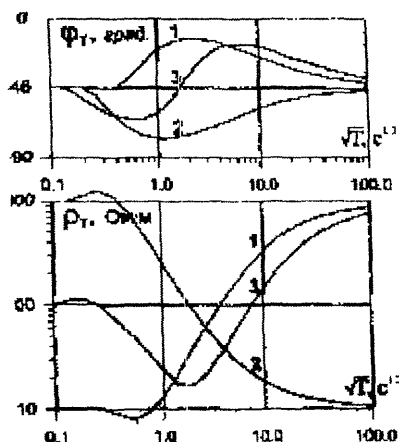
Эффективті импеданстың негізгі ерекшелігі болып оның инварианттылығы, яғни тандалған координата жүйесіне тәуелсіздігі. Қисықтарын келесі талдауға ыңғайлы ету үшін импеданс тензорын және тиімді импедансты көрінерлік кедергіге ауыстыруды келесі формулалар арқылы жасаймыз:

$$\rho_{xy} = |Z_{xy}|^2 / (\omega \mu_0), \quad \text{h} \rho_{yx} = |Z_{yx}|^2 / (\omega \mu_0),$$

$$\rho_{\text{eff}} = |Z_{\text{eff}}|^2 / \omega \mu_0. \quad (4.4.13)$$

Көрінерлік кедергіге коса импеданс фазасымен толықтырып, қима туралы мәліметтерді береді.

$$\varphi_{xy} = \arg(Z_{xy}), \quad \varphi_{yx} = \arg(Z_{yx}), \quad \varphi_{\text{eff}} = \arg(Z_{\text{eff}}). \quad (4.4.14)$$



1-қима

N қима	$\rho(\text{Ohm})$	$h(\text{mm})$
1	10	1
2	1000	

2-қима

N қима	$\rho(\text{Ohm})$	$h(\text{mm})$
1	1000	5
2	10	

3-қима

N қима	$\rho(\text{Ohm})$	$h(\text{mm})$
1	100	1
2	10	2
3	1000	

4.26-сурет. Көрінерлік кедергі және импеданс фазасының қисықтарынан мысалдар

Осы параметрлерінің жиілікке қатынастарын көрінерлік кедергі және фазалық қисықтар деп атайды. МТЗ қисықтарын тұрғызғанда, ось абсциссаға $\sqrt{T}$ мәндерін логарифмдік

масштабта, ал ось ординатаға көрінерлік кедергі мәндері логарифмдік масштабта, импеданс фазасы жәй масштабта тұрғызады. $\sqrt{T}$ параметрінің мәні зерттеу тереңдігіне тура пропорционал.

Көрінерлік кедергінің қисықтары тереңдеген сайын өзгерістерге тез ұшырайды. Сонымен қатар, горизонтальды қабатты ортада олардың көтерілетін, төмен түсетін қанаттары $63^{0}25'$ аспау керек.

Қисықтың оң және сол бөліктері қиманың жоғарғы және төменгі қабаттарына сай келетін мәндерге асимптоталы болып шығады.

Импеданс фазасының қисықтары көрінерлік кедергінің $\sqrt{T}$ бойынша туындысы. Импеданс фазасының тереңдік көрсеткіші жоғарырақ болады. Импеданс фазасы – 90^0 -тан 0^0 -қа дейін өзгереді. Оң және сол бөліктерінде фаза қисықтарының мәндері – 45^0 .

4.4.2. Дала жұмыстарының әдістемесі

Өлшем бірліктері, координаттар жүйесі. Көбінесе оң жақ координаталар жүйесі қолданылады. Осы жүйеде у осі оңтүстікке, ал х осі шығысқа, z – төменге бағытталған.

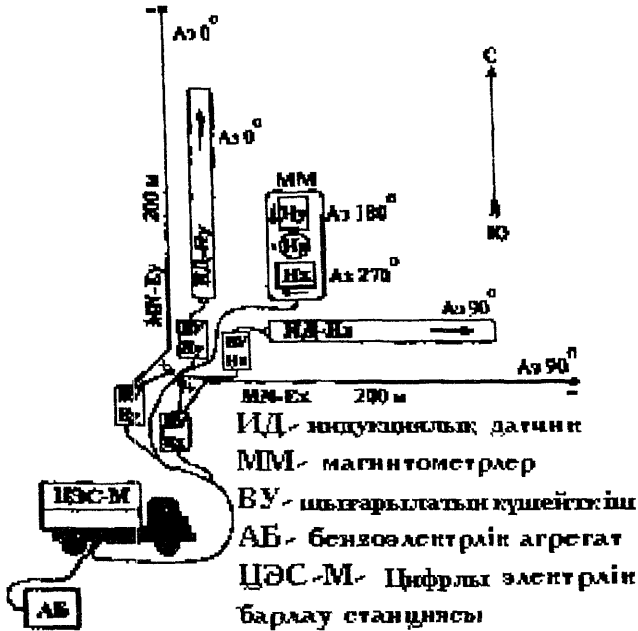
СИ жүйесінде электр өрісінің кернеулігі E – В/м, ал магнит өрісінің кернеулігі H – А/м. Практикада көбінесе, E өлшеу үшін мВ/м, ал H өлшеу үшін мА/м қолданылады. Өлшеуге арналған станцияның мәліметтері мкВ/м және мкА/м анықталады. Көрінерлік кедергіні өлшеп, есептеуге арналған өрнек келесі формаға келеді:

$$P_T = 0.127 \cdot T \cdot |Z|^2. \quad (4.4.15)$$

Регламенттік жұмыстар. Регламенттік жұмыстарды дала мерзімінің басында аппаратураның әрбір комплектісіне жасайды.

Ол келесідей сатылардан тұрады:

– аспаптардың жиіліктік көрсеткіштерін шешу;



4.27-сурет. МТЗ әдісімен жасалынатын түсірілім кезінде станцияны орналастыру схемасы

- шкалаға бөліктеп құнын анықтау;
- аспаптардың кірісінде каналдарының полярлануын анықтау;
- біртекті ортаның қалыпты өрісін жазу;
- ток күшінің минимумы бойынша қос электродтарды тандау;
- біртекті ортаның қалыпты өрісін жазу.

4.4.3. МТЗ нүктелеріндегі жұмыс технологиясы

Жұмыстар негізінен – профильдер және аудандар бойынша жасалынады. Бақылау нүктелерінде МТ өрісінің вариациялары

белгілі бір диапазонда тіркеледі. Диапазон зерттеу тереңдігіне байланысты таңдалады. Бақылау нүктелерін таңдау оның жоба бойынша орналасуына және өндірістік бөгеуілдердің алыстығына байланысты. Кедергіні азайту үшін электродтарды топтастырып, күрделі түрде жалғайды. $R_{обш}=R_i/n$.

Қабылдаушы тізбектің тасымалдарын орналастыру зерттеу нүктесінің алаңына сәйкес жүргізіледі. Қабылдауға арналған тасымалдарды орналастыру үшін бақылау нүктесінің маңайында тегіс алаңда орналастырады.

Қабылдауға арналған тасымалдарды орналастыру үшін бақылау нүктесінің маңайындағы тегіс алаңда орналастырылуы қажет. Қабылдаушы MN электродтарын еңістерге орналастыруға болмайды. Себебі, осындай жағдайда табиғи фильтрациялық электр өрісінен туындаған бөгеуілдер пайда болады. Тіркеуші аспаптармен өріс датчиктері және ток көзін орналастырғанда келесідей заңдылықтарды ескеру қажет:

- станция мен ток көзі бензогенератор арасында минимум 50 м-дей ара қашықтықта орналасуы керек;
- магнит өрісін тіркейтін датчиктер станциядан 50 м қашықтықта орналасады және бензоагрегатты генератор орналасқан жаққа қарама-қарсы;
- станциядан тіркеуші электродтар тізбегіне дейін 15–20 м - ден аз болмау керек;
- топтасқан электродтардың арасы аз дегенде 3м болу қажет.

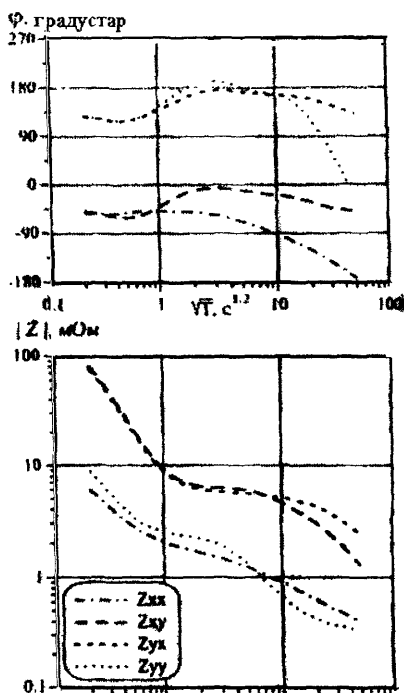
Желдің әсерін жою үшін барлық қабылдаушы электродтар мен жалғастырушы сымдарды көмеді;

- магнитометрді, индукциялық датчиктерді орналастырып, жауынды, күн, су өткізбеу үшін үстін жабады.

Орналастырудың жалпы схемасы 4.28-суретте көрсетілген.

- Аспаптарды орналастырғаннан кейін келесідей операцияларды жасау керек:

- мегомметр көмегімен электрлік сымдарының қапталуының энергия жоғалтуына тексеру (изоляцияның кедергісі–20 Момнан аз болмау қажет);
- аспаптарды градустау, яғни бөлшектердің құнын анықтау.



4.28-сурет. Импеданс тензоры компоненттерінің T с тәуелділігі

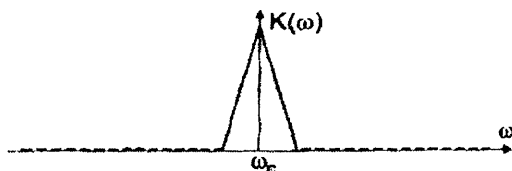
Ол үшін бір жиілікте станцияның өзіндегі градустигішті қолданамыз. Егерде градустеу нәтижелері регламентті жұмыстар негізінде бөлшек мәндерінен 3% асып кетсе, онда осының себебін анықтау қажет.

4.4.4. МТЗ өрісінің мәліметтерін өңдеу

МТЗ әдісінің басқа тұрақты, айнымалы токпен жұмыс істейтін электрлік барлау әдістеріне қарағанда өріс мәліметтерін өңдеу жұмысы көлемді болады. Өндеудің мақсаты – бұл МТЗ өрісін гармониялық құраушыларына жіктеп, одан жиіліктер

жинағына байланысты импеданс тензоры компоненттерін анықтау.

МТ мәліметтерін өндеудің бірнеше тәсілдері бар. Олардың бірі – сандық жіңішке жолақты сүзу тәсілін қарастырайық. Осы тәсіл негізінде уақыттық ауданда жасалады. Орам теоремасына сай, жиілік облысында көбейтіндіні уақыт мезгіліндегі фильтрдің $k(t)$ импульстік көрсеткіштері бар сигнал орамымен алмастырады.



4.29-сурет. Жеңіл жіңішке жолақты сандық сүзгінің сипаттамасы

Ал, $k(t)$ Фурье түрлендіруінің $K(\omega)$ жиіліктік көрсеткішімен (4.29-сурет) байланысты.

Төменде өндеу кезінде қолданылатын жіңішке жолақты фильтрдің жиіліктік көрсеткіші көрсетілген.

$$k(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} K(\omega) \cdot e^{-i\omega t} \omega d\omega. \quad (4.4.16)$$

Өріс $k(\tau)$ компоненті сүзгіштің импульсты көрсеткішімен орамдалуы келесідей өрнекпен іске асырылады:

$$Y(t) = \int_{\tau=-T}^{\tau+T} X(\tau) \cdot k(t - \tau) d\tau. \quad (4.4.17)$$

Мұндағы $y(t)$ – ω_c жиіліктегі өріс өзгерісін сипаттайтын өріс компонентінің түрлендірілген жазуы. Бөгеуілдермен күресуді барлық жазылған орамға емес, тек қана белгілі бір шектерде орындалуы керек. Себебі, қолданылатын сүзгіштің импульстік көрсеткіш мәні аз болғандықтан, $-T$ және $+T$ интервалдан тыс оны нөлге теңестіруге болады. Осыдан кейін

лездік компоненттері үшін ω_c жиіліктегі импеданс тензорының компоненттерін Z_{xx} , Z_{xy} , Z_{yx} , Z_{yy} есептейміз. Екі теңдеу арқылы барлық 4 компонентін таба алмаймыз. Сондықтан да t - уақыттарының жинағы үшін өріс компоненттері алынады. Осының нәтижесінде – түрлендірілген өрнектер жүйесі алынады.

Осы жүйені кіші квадраттар әдісімен шығарғанда ω_c жиіліктегі Z_{xx} , Z_{xy} , Z_{yx} , Z_{yy} мәндерін табады.

Бөгеуілдерді жою мақсатында жазуды бірнеше бөліктері үшін бірнеше өрнектер жүйелерін құру ыңғайлы. Әрбір бөлік импеданс тензоры компоненттерінің мәндерін есептеуге мүмкіндік береді. Одан кейін мәндері күшті ерекшеленетін компоненттерді алып тастап, ал қалғандарының орташа мәндерін есептейді.

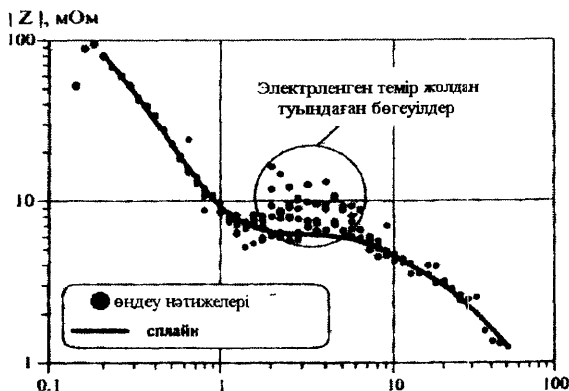
Қарастырылған операцияларды барлық жиіліктер үшін орындалып, Z_{xx} , Z_{xy} , Z_{yx} , Z_{yy} мәндері есептеліп шығарылады. Осында біз тек қана импеданс тензорының амплитудалық мәндерін емес, сонымен қатар, фазалық мәндерінде есептейміз. Өңдеу импеданс тензоры компоненттерінің тәуелділік қисықтарын тұрғызумен аяқталады.

Өңдеу процесін төрт сатыға бөлуге болады:

Бірінші сатының мәні – бұл тіркеу кезінде және тіркелген жазуларды қарап, керек еместерін алып тастауда. Осы сатыда келесі өңдеудің процесінен күшті импульсты және басқа да бөгеуілдері бар динамикалық диапазоннан шығатын бөліктері алып тасталады. Осы сатыдағы жұмыстар интерактивті режиммен бірге автоматты режимде де орындалады.

Екінші сатыда, МТ өрісінің компоненттерін жіңішке жолақты сүзгілеуден өткізеді. Кеңжолақты сигналдан белгілі жиіліктер жиынтығын бөліп көрсетеді. Максималды жиілік дискритизация жиілігінен бірнеше төмен бөлу керек. Осы саты нәтижесінде – МТ өрісінің әрбір жиіліктерге сай төрт компоненттің лездік мәндерінен тұратын файл шығады.

Үшінші сатыда әрбір жиілікте (TREAMTS программасымен) жазудың әрбір бөлігіне түрлендірген теңдеу жүйесі арқылы импеданс тензорының төрт компоненті есептеліп, анықталады.



4.30-сурет. МТЗ мәліметтерін өңдеудің нәтижелері

Төртінші сатының мәні — CORREC NOR программасымен тегістелген МТЗ қисықтарын тұрғызу. Алдымен, әр түрлі тосқауылдардың әсерінен пайда болған мәндерден тазартады. Кейде осындай мәндерге кідірістердің салдары болуы мүмкін. Бұл мәндер жекелеген кездейсоқ, «шұғыл ауытқулар» түрінде сипатталады. Ал, егер бөгеуілдер тұрақты және қалыпты болса, онда мұндай кедергілер салдарынан (мысалы, электрленген темір жол тізбегі) компоненттердің жүйелі түрде ығысуын туындатады. Бағаланған сенімсіз ығысуларды жойғаннан кейін қарастырып отырған жиілікке тәуелді өзгеріске ұшыраған сплайн аппроксимациясымен (кедір-бұдырын) тегістеу жүргізіледі.

Өзгеріске ұшыраған параметрлерін тандағанда біріншіден, қисықтың максималды тегістелуі қамтамасыз етіледі. Сонымен бірге, сплайнмен әрбір периодтағы компоненттердің орташа мәндерімен минималды байланыспау керек.

Сонымен, МТЗ мәліметтерін өңдеу нәтижесінде импеданс тензоры компоненттерінің қисықтарын, фазалық қисықтарды және көрінерлік кедергі қисықтарының жиынтығын аламыз (4.29-сурет).

4.4.5. МТЗ қисықтарын интерпретациялау

МТЗ қисықтарын интерпретациялауының негізінде – ортаның кедергісі тек тік бағытта өзгертін бір өлшемді модельдер жатыр. Осында тек қана оның жеке жағдайына байланысты – горизонтальды қабатты орта үшін модель. Ол өз кезегінде тұрақты кедергілердің соңғы сандарынан тұрады. Көбінесе зерттеліп жататын аудан көлемінде горизонтальды біртекті емес орталар кездеседі. Олардың әсерлерін ескермеуге болмайды. Әртектіліктерді тұрақты кедергілердің қисықтарында гальваникалық және индукциялық өзгерістерді тудырады.

Бірінші жағдайда қисық өзінің төменгі жиіліктеріндегі деңгей бойынша жиіліктік-тәуелсіз жылжулар, ал екінші жиіліктеріндегі деңгей бойынша жиіліктік-тәуелсіз жылжулар болады, ал екінші жағдайда жылжулар тек олардың әсерлерін ескермеуге болмайды. Әртектіліктер тұрақты кедергілердің қисықтарында гальваникалық және индукциялық өзгерістерді тудырады. Олардың әсерлерін ескермеуге болмайды. Әртектіліктер тұрақты кедергілердің қисықтарында гальваникалық және индукциялық өзгерістерді тудырады.

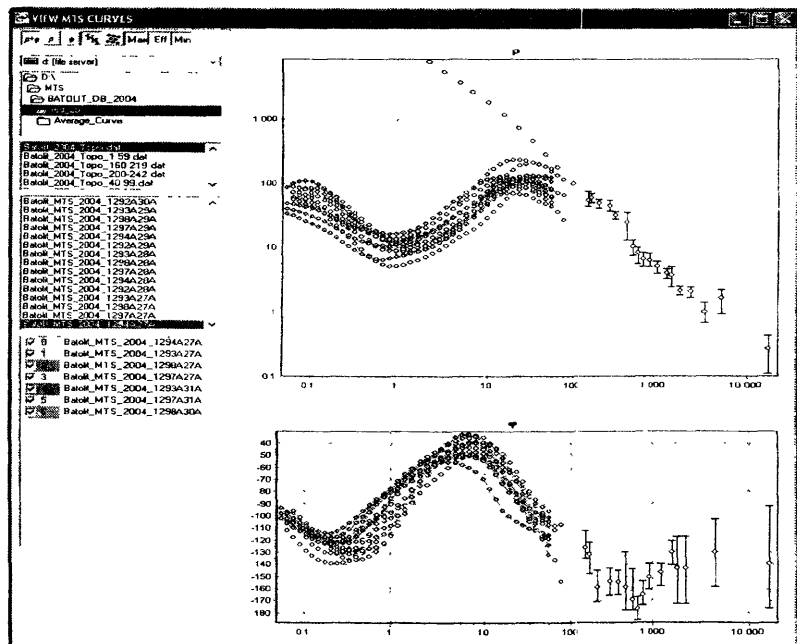
Бірінші жағдайда, қисық өзінің төменгі жиіліктер деңгейі бойынша жиіліктік-тәуелсіз жылжулар болады, ал екінші жағдайда жылжулар тек шектеулі диапазонға әсер етеді.

Үлкен әртектіліктерді және жергілікті жер бетіне жақын орналасқан әртектіліктерді бөліп алуға болады. Егерде әртектіліктер үлкен болса, онда интерпретацияны екі өлшемді немесе үш өлшемді модельдер арқылы жасау керек. Егер жергілікті жер бетіне жақын орналасқан әртектіліктер болса, оларды интерпретациялау моделіне кіргізбейді. Оны МТЗ қисықтарын қалыпқа келтіріп жояды.

Жергілікті жер бетіне жақын орналасқан әртектіліктердің әсерінен импеданс модулі мен көрінерлік кедергілердің қисықтары тік ось бойымен жылжитын болады.

Қалыпқа келтірудің мәні – бұл қисықтардың деңгейлерін өзгерту. Осы жағдайда интерпретация жүргізіліп жатқан шектерде модель көлемі төмендеуі мүмкін. Мысалы, егер

қабатты ортада жергілікті жер бетіне жақын орналасқан әртектіліктер бар болса, онда оларды жойғаннан кейін бір өлшемді интерпретацияны жасауға болады.



4.31-сурет. Алғашқы интерпретациялау кезеңіндегі
МТЗ қисықтарын (қарастыру) талқылау

МТЗ мәліметтерін интерпретациялауды бірнеше сатыларға бөлуге болады: Бірінші сатыда – МТ мәліметтерін талдайды 4.32-сурет. Оның негізгі мақсаты – бұл жергілікті жер бетіне жақын орналасқан әртектіліктердің әсерінің қарқындылығын анықтап, бір өлшемді және екі өлшемді интерпретацияны жасауға мүмкін аудандарды бөліп көрсетіп, ортаның құрылысы туралы сапалы мәліметтерді алуға болады. Осы сатыда арнайы параметрлер қолданылады. Олар импеданс тензоры

компоненттерінен тұрады. Олар нүктелердегі жиіліктік тәуелділіктер, профильдер бойынша графиктер мен жиіліктік қималар, изосызықтар карталары және қисықтар, сонымен қатар, полярлы және векторлы диаграммалар түрінде көрсетіліп талдаудан өтеді.

Екінші сатының мақсаты – МТЗ қисықтарын қалыптастыру және жергілікті жер бетіне жақын орналасқан әртектіліктердің әсерлерін жою.

Қалыптастырудың бірнеше түрі бар. Мысалы, жоғарғы біртекті қабатқа келтіру (сол асимптота бойынша қалыптастыру) немесе әлемдік қисыққа келтіру (оң асимптота бойынша қалыптастыру). Кейде жергілікті құрылымдардың әсерлерін жою үшін осы сатыда МТЗ қисықтарын профиль немесе аудан бойынша қалыпты өріс деңгейіне келтіреді. Айтып кететін бір жайт: қалыпты өріс деңгейіне келтіру амалдарынан кейін бірінші сатыны қайталайды.

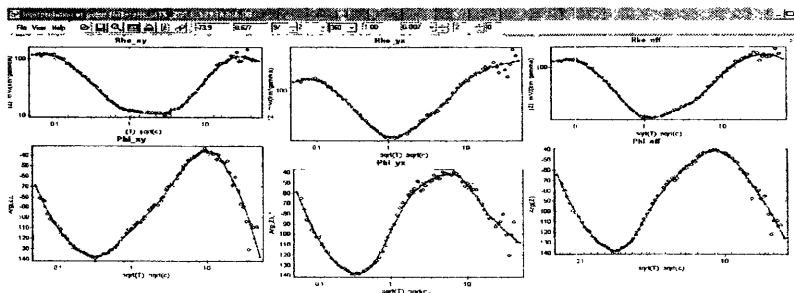
Үшінші сатының мәні – тек қима туралы сандық мәліметтерді алуға арналған қарапайым тәсілдер. Оларға келесі параметрлер кіреді: S және H қисықтары бойынша қиманың жалпыланған параметрлерін анықтау, қисықтардың ерекше нүктелері арқылы ортаның қасиеттерін анықтау, МТЗ қисықтарының трансформациясы, т.с.с. Төртінші сатыда – МТЗ мәліметтердің интерпретациясының өзі жасалынады. Оны жасау барысында қима туралы априорлы мәліметтер қолданылады. Интерпретацияның кең тараған түрі – келтіру (икемдеу) тәсілі.

Ал бесінші сатыда интерпретацияның нәтижелерін таужыныстардың электрлік қасиеттері туралы мәліметтері, қима туралы геологиялық және геофизиканың басқа әдістерінің мәліметтерімен қоса геологиялық – геофизикалық талдау жасалынады.

4.4.6. МТЗ қисықтарын қалыптастыру және талдау

Импеданс тензоры компоненттерінің жиілік тәуелділіктерін қарастырғаннан кейін көрінерлік кедергілер ρ_{xy} , ρ_{yx} , ρ_{eff} қисықтарын қарастырады. Біріншіден, көрінерлік кедергілер

қисықтарын бір-бірімен салыстырып, ал одан кейін көрші нүктелердегі қисықтармен салыстыру қажет.



4.32-сурет. МТЗ әдісінің фазалық және амплитудалық қисықтары

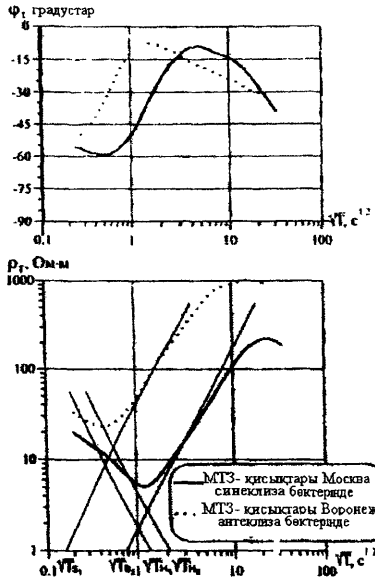
Осы қисықтардың бір-бірінен аз ерекшеленуі, осы жерде горизонтальды әртектіліктердің жоқ болуының белгісі болып, мұнда 1D интерпретациясын жасауға болатынын көрсетеді.

Егерде қисықтар формалары бойынша ұқсас бірақ деңгейлері бойынша әр түрлі болса, ал Φ_{xy} , Φ_{yx} , Φ_{eff} фазалық қисықтар бір-бірінен және көрші нүктелердегі қисықтарынан аз ерекшеленсе, онда осы жерде көрінерлік кедергі қисықтарының бұрмалануы жергілікті жер бетіне жақын орналасқан әртекті таужыныстарының әсерінен деп болжауға болады. Осындай бұрмалануды жою үшін қисықтарды қалыпты өріс деңгейіне келтіру керек.

МТЗ қисықтарын қалыптастырудың ең сенімді тәсілі — ілмек ішінде ілмек қондырғысымен, яғни өрісті жақын зонада қалыптастырып зерттеу ӨЖҚЗ әдісімен анықталған қисықтардың деңгейлеріне келтір.

Индукциялық тәсілмен өрісті туындату кезінде өлшеп, тіркеуден гальваникалық ауытқулар (қисаюлар) болмайды, сондықтанда ӨЖҚЗ қисықтары жергілікті жер бетіне жақын орналасқан әртектіліктердің әсерінен жылжымайды. ЖҚЗ қисықтары жоқ болғанда МТЗ қисықтарының профильдер бойымен өзгерістерін талдау арқылы қалыпты өрісті анықтауға

болады. Сонымен бірге, формасы өзгермеген жағдайда жеке қисықтардың деңгейі бойынша күрт өзгерулердің жойылуы мүмкін.



4.33-сурет. МТ – өрісінің фазасы мен кедергілер қисығы түрлерінің бейнесі

Егерде импеданс тензорының әр түрлі компоненттері арқылы алынған қисықтары және көрші нүктелердегі қисықтардың формалары арқылы қатты ерекшеленсе, онда ортада үлкен горизонтальды әртектіліктер бар деуге болады. Осы жағдайда 1D интерпретациясымен ортаның қасиеттері туралы тек алғашқы бағалауды алып, олар 2D және 3D талдауларымен нақтылануы қажет.

Көрінерлік меншікті кедергінің қисықтарын әлемдік магнитовариациялық зондылаудың қисығымен салыстыру пайдалы болып саналады. Осы қисық тек магнит өрісін төменгі

жиілікті өлшеу нәтижесінде жасалған және оларда жергілікті жер бетіне жақын орналасқан әртектіліктердің әсерлерін жою.

Сонымен, МТЗ қисықтарының бұрмалануының тағы бір белгісі бар. Егерде қисаюлар жергілікті жер бетіне жақын орналасқан әртектіліктердің әсерінен пайда болса, онда МВЗ қисығы арқылы оны қалыптастыруға болады. Бірақта егер терең үлкен әртектіліктер бар болса, осы тәсіл жалған мәлімет беруі мүмкін. Осыдан кейін көрінерлік кедергі ρ_{xy} ρ_{yx} ρ_{eff} және импеданс фазасының φ_{xy} φ_{yx} φ_{eff} қисықтарының формаларын талдауға болады. Осының нәтижесінде-қиманың түрін (типін), қабаттардың санын анықтап және априорлы геологиялық қимаға алғашқы жалғауларды жасауға болады. Фазалық қисықтары үлкен тереңдіктерді қамтып, олар арқылы амплитудалық қисықтары көрсетпеген қабаттарды анықтауға болады.

4.4.7. Сандық интерпретациялау

Бір өлшемді сандық интерпретациялау үшін көрінерлік кедергінің тиімді ρ_{eff} қисығы алынады. Сандық интерпретациялау әдетте, жанамалар арқылы қиманың жалпы параметрлерін анықтаудан басталады. Көрінерлік кедергі қисықтары арқылы қиманың тұрақты параметрлерін анықтауға болады: изолятордың жабынына дейінгі жиынтық (сомалық) бойлық өткізгіштіктік S және өткізгіш жабынының табанына дейінгі H тереңдікті (34-сурет). Ол үшін қисықтың қанаттарына $63^{0.25^1}$ бұрышпен жанамалар жүргізіледі. Одан кейін $\sqrt{T_s}$ және $\sqrt{T_H}$ абсциссаларын және олардың $\rho_t=1$ түзуі мен қиылысын тауып, келесі өрнек арқылы есептейді.

$$S=356 \cdot \sqrt{T_s} \quad H=356 \cdot \sqrt{T_H} ;$$

өткізгіштікті S Сименспен, ал қалыңдықты H метрмен өлшейді.

Кедергілер бойынша қабаттардың аз ерекшелегенде және қалыңдықтардың аз болғанда қисық қанаттарының құлау бұрыш мәні аз болады.

Осымен бірге S және H параметрлерін анықтаудың дәлдігі азаяды. Осылай, шөгінді қабаттың және кристалды іргетастың шекарасы қисықтарда күрт және қатты көтерілетін қанаттың пайда болуына әкеліп, ол өз жағынан шөгінді қабаттың S параметрін анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, төмен түсетін қанат бірқалыпты және қысқа сондықтанда, шөгінді қабаттың қалыңдығын анықтаудың дәлдігі төмендеу болады. Ортаның құрылысы туралы алғашқы мәліметтерді алу үшін бақыланатын трансформация тәсілі қолданылады. Осы тәсілде көрінерлік кедергінің қисығы қарапайым өрнектер арқылы кедергінің тереңдікке тәуелділігі ауысады. Бақыланған және есептелген қисықтардың максималды үйлесімді болуы үшін қима итерационды (қайталап қолдану арқылы) нақтыланады. Көрінерлік кедергінің қисықтарынан псевдогеоэлектрлік қимаға өткенде, орта құрылысы туралы нақтылау мәлімет алуға мүмкіндік туады. Себебі, периодтық осьті тереңдік осьпен ауыстырамыз.

Бірақ осындай қимада интерпретацияның нәтижесі болмайды, себебі, осы қима априорлы мәліметтер ескерілген жоқ, сондықтанда кері есептің көп шешімділігіне байланысты жалған болуы мүмкін.

Қиманы түзеткенде келесідей шарттарға сүйенеді: бір жағынан есептелген және бақыланған көрінерлік кедергі және импеданс фазалары максималды ұқсау, ал екінші жағынан априорлы мәліметтерден ерекшеленбеу керек. Магнитотеллурлық өрістерін тіркеу процесі МТП әдісінде әлдеқайда ұзақ уақыт алады. Теллурлық токтар әдісі (МТТ) әдетте, теллурлық токтар электрохимиялық токтарға (ЕП әдісі) қарағанда үлкен аймақты қамтиды. Олар жер бетіне параллель бірнеше километр тереңдікте таралады. Сондықтан, теллурлық әдіс электрлік барлау тәсілдерінің арасындағы жердің терең қойнауын зерттейтін әдістердің бірі.

Бұл әдістің негізі – жер бетіндегі әр түрлі нүктелерде теллурлық токтардың потенциалдар айырмасын өлшеуге негізделген. Ол үшін поляризацияланбайтын электродтар немесе арнайы қорғасыннан жасалған электродтар қолданылады.

Егер қиманың электр өткізгіштік қасиеті бірдей болса, онда потенциалдар градиенті де жер бетіндегі әр нүктелерде бірдей болар еді. Электр өткізгіштігі өзгеше белдемдер ток сызықтарының таралу бағытын, жер бетіндегі потенциалдар градиентінің шамасын өзгертеді. Жер бетінде осындай өзгерісті бақылай отырып, сол өрістерді тудыратын жерастындағы объектінің орналасуын анықтауға болады. МТТ мағлұматтарын (теллуорограммаларды) талдау барысында негізгі (базисті) және жалпы бақылау пункттері арасындағы синхронды өзгерістерді тауып, олардың амплитудасын өлшеу арқылы қажетті теллурлық параметр есептелінеді. Табылған теллурлық параметрдің изосызықтары тұрғызылып, олар әрі қарай талданады.

Әдетте, магнитотеллурлық әдістер ірі геологиялық аймақтарды зерттеуде (мұнай-газ аймақтарының терең геологиялық құрылысы) және жердің терең геологиялық құрылысын зерттеуде (жер қыртысы мен жоғарғы мантияда кездесетін шекаралық беткейлер) кеңінен қолданылады.

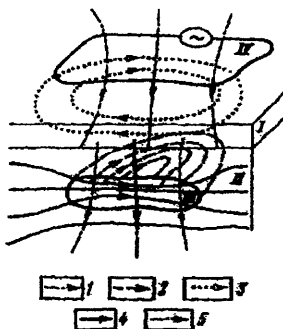
5. ИНДУКТИВТІК ӘДІСТЕР

Электрлік барлау әдістерінің ішінде жерге қосылмаған ілмекті, айнымалы ток көзімен тұйықтап, өткізгіш тізбегінде электромагниттік өріс туындатуға негізделген. Тізбектің түрлері кішірек мөлшердегі рамка, үлкен төрт бұрышты ілмек, өте ұзын кабельдер (электр сымдарының орамы) болады. Индуктивті әдістердің ерекшелігі электр көзінің өрісімен бақылау нүктесінің ара қашықтығы толқын ұзындығынан кіші болуы немесе өріс жақын зонада зерттеледі.

Құйынды токтың магнит өрісі жерге қосылмаған тізбектің алғашқы өрісімен қосақталып, ауытқудың (аномалияның) негізгі қоры болып бақыланады. Ток жақсы өткізгіш рудалық денелерде шоғырланып, нашар өткізгіш денелерді айналып өтеді. Осындай процестерден пайда болатын токтардың бөлінуін концентрациялық шоғырлану – деп атайды.

Геоэлектр қимасының өткізгіш қабатында – алғашқы айнымалы өріс көзінен пайда болған, құйынды токтың қарқындылығы, геоэлектрлік қиманың ерекшелігіне және өрістің уақытқа тәуелділігіне, ток көзінің түріне, орналасуына байланысты.

Оларды түзілімдер жамылғысы, рудалы таужыныстары мен аймақтық рудалы кенорындарында пайда болған токтарға бөлуге болады. Егер таужыныстары мен рудалар жоғары магнит өткізгіштігімен ерекшеленсе, онда алғашқы магнит өрісінде олар магниттеліп, магнитостатикалық ауытқу туындатар еді. Құйындық, концентрациялық, магнитостатикалық ауытқу түрлері қосылып, жалпы ауытқулар өрісін құрайды. Белгілі бір өріс көзін таңдап алып, оның уақытқа тәуелділігімен өлшенетін өріс параметрімен бірге ауытқу (эффекті) әсерін күшейтіп, басқаларын басуға болады. Осындай себептермен индукциялық әдістердің модификациялары белгілі бір бағытқа қоюға болады. Индуктивті топтарға өріс көздерінің түріне байланысты бөлінетін бірнеше әдістер кіреді.



5.1- сурет. Таужыныстарының қабаттарында, айнымалы индуктивті өрістен туындатылған, құйынды токтар:

I—жамылғы түзілімдері; II—рудалы таужыныстар; III—өткізгіш магнитті руда жатыны; IV— алғашқы өріс көзі

Күш сызықтары.

1—алғашқы өріс; 2—рудалық денедегі құйынды ток; 3— жамылғы түзілімдеріндегі құйынды ток, 4— руда кіркіртуші таужыныстарындағы құйынды ток; 5— индукцияланған магниттік зарядтар

5.1. Индуктивтік профильдеу

Дипольдік индуктивтік профильдеудің әр түрлі модификациялары алғашқы зерттеу кезеңінде және геологиялық карта жасауда кеңінен қолданылады. Әр түрлі ДИП қондырғыларының ішінен аз тереңдіктерінен бөліп алуға болады, бірақ ыңғайлы қондырғылар мен тез істелетіндерінің өзінде геометриясы, яғни дипольдері алшақ. Олардың ара қашықтықтары мен тасымалдарының өлшемдері геологиялық құрылымның параметрлерімен анықталады.

Зерттелген жұмыстардың нәтижесіне сүйеніп, индуктивті профильдеудің әр түрлі модификацияларын, геофизикалық зерттеудің ең алғашқы сатысында және геологиялық нысандардың құрылымын толық зерттеу үшін соңғы кезеңінде қолдану өте нәтижелі деген қорытындыға келеміз.

Дипольдік индуктивтік профильдеу ДИП келесі ерекшеліктерімен өзгешеленеді:

1. Алғашқы өріс, гармониялық немесе тұрақсыз горизонтальды, сирек, тік рамалар немесе мөлшері шамалы ғана ілмек арқылы туындатылады. Сондықтан мәліметтерін талдау кезінде, магниттік диполь өрісі теориясының нәтижесін пайдалануға болады. Дипольдің шарттары раманың мөлшері 2–3 есе үлкен болғанда сақталады.

2. Өрісті бағылау ток көзінің жақын зонасында жүргізілетіндіктен туынды аномалияның магниттік түрі пайда болады. Өрістің магниттік құраушылары қабылдаушы тізбектің рамасымен немесе кішкентай ілмектің көмегімен өлшенеді.

3. ДИП-дің әр түрлі модификацияларымен карталау, әдеттегідей, параллельді профильдер жүйесімен 1: 25000 – 1: 2000 аралығындағы масштабтарда жүргізіледі. Профильдердің ара қашықтықтары 200–300 м-ден 20–30 м-ге дейін. Ал, бақылау қадамы 100-ден 10 м-ге дейін. Өрістің кез келген параметрлері генератор мен қабылдау тізбектерінің, яғни рамаларының (тасымалдарының) ара қашықтықтары тұрақты болған жағдайда ғана өлшенеді. Онымен қалыпты өрістің тұрақтылығы, туынды өрістің бірдей жағдайда пайда болуы және зерттеу тереңдігінің тұрақтылығымен де сипатталады. Тасымал жобалау тереңдігімен салыстырғанда шамалас болуы керек. Жете тексеру кезінде бақылау торабы жиіленіп, ал жұмыс әр түрлі жиілікте немесе ауыспалы процесс уақытында жүргізіледі.

4. Тасымалдарының, иілу нүктелері анықталып, аномалиялар көрші профильдермен сәйкестендіріледі.

ДИП әдісінде өлшенетін негізгі параметрлер:

- Өрістің магнит құраушыларының абсолюттік шамалары.
- Аралары 5 м-ге дейінгі қашықтықта орналасқан 2 тік қабылдау рамасымен (ДИП–АФИ) амплитуда мен фазалар айырмасының қатынастары өлшенеді.
- Өрістің эллипс поляризация элементтері.
- Өрістің амплитудалар айырмасы және екі рамалардағы фазалар ығысуын, өрісті сатылы туындату кезінде өлшенеді. (ДИП–ДНЭР).

– Қоректендіруші тізбекте–генератор рамасындағы кернеулікті өшіріп қосқанда пайда болатын (АПӨ) э. қ. к. бір ілмекті вариантпен (МППО) жүргізіледі.

5. ДИП–әдісімен жұмыс тиімділігі қондырғының үйлесімділігін дұрыс тандап оның ішінде генератор және қабылдау тізбегінің рамаларын орналастыру. Егер денеге генератор рамасы тік орналастырылса және генератор рамасынан тарайтын өріс күшінің сызықтары, осы денені тік бұрышқа жуықтау бұрышпен қиып өтетін болса, рудалық денеде туынды құйынды өріс максимальды болады. Сондықтан, шұғыл қатпарлы денеге – қойнауқатқа, генератор рамасын тік орналастырып, оның жазықтығын, мүмкіндігінше дененің созылу ұзындығына тура келетіндей етіп орналастыру керек.

6. Түсіру нәтижесінде графиктер, графиктер картасы ал кейде өрістің өлшенген параметрлерінің картасы, графиктері тұрғызылады. Интерпретациялау кезінде негізінен сапалы талдау жүргізіледі, көзбен шолып, аномалиялардың максимум, минимум сәйкестендіріліп, геологиялық кималармен, карталармен және геологиялық, геофизикалық әдістердің нәтижелерімен салыстырылады.

7. Жекелеген анық аномалияларға сандық интерпретация жасалады. Сонымен графиктерден, аномалияның формасымен (өзгеше) ерекше нүктелерінен, денелердің түрін, атасу жағдайын, тереңдігін, яғни объектінің геометриясын жорамалдап болса да анықтайды. Амплитудалық, фазалық аномалияларды талдап олардың өзара қатынастарын әсіресе аномалияны бірнеше жиілікпен жете тексергенде немесе әр түрлі уақыт мезгілінде өшіріп қайта қосқанда электр өткізгіштігін анықтап, аномалияларды «рудалық, рудалық емес» деп классификациялауға болады.

Зерттелген жұмыстардың нәтижесіне сүйеніп, индукциялық профильдеудің әр түрлі модификациясы ең алғашқы кезеңінде геофизикалық зерттеудің немесе кен құрылымының қабатын толық жете зерттеу үшін өте тиімді деген қорытындыға келеміз.

Жерге қосылмаған ілмек әдісі. ЖҚІ (МНП) Бұл әдіс өзінің келесі ерекшеліктерімен сипатталады:

1) алғашқы өріс индуктивтік тәсілмен үлкен квадрат ілмектері көмегімен (500x500; 1000x1000; 2000x2000) немесе төрт бұрышты ілмектер (1000x500; 2000x500) түрлерімен туындайды;

2) ілмек ортасы, яғни центріне дейінгі ара қашықтыққа өріс аз тәуелді болады. Сондықтан, біртекті деп есептеледі. Ал, Жер бетіне перпендикуляр орналастырылған магнит құраушысымен көлбеу геологиялық объектілерді анықтауға мүмкіндігі артады. Алғашқы өріс кернеулері осы объектіге перпендикуляр болғандықтан;

3) ілмек сыртындағы алғашқы өрістің, тік құраушысынан басқа горизонталь құраушылары да болады. Ілмек сыртындағы өрістің бітімі өте күрделі. Ілмектің маңайындағы өрісті біртекті деп алатын болсақ, алыстағы өріс осы кабельдің өрісіне ұқсайды деп қарастыруға болады.

Жұмысты жүргізу технологиясы. Жерге қосылмаған ілмек ЖҚІ (Н.П.) әдісі төменгі ерекшеліктерімен сипатталады:

Ілмек айнымалы гармониялық немесе белгілі периодпен қосылып отыратын тұрақты кернеулікпен тұйықталады. Өріс параметрлері параллель орналасқан профильдерде өлшенеді. Олар ілмектің ішінде, сыртында орналасуы мүмкін. Профильдердің бағыты зерттелетін объектінің ұзындығына перпендикуляр, ал олардың ұзындығы, ілмек ішінде, ілмектің $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ қысқа ұзындығына тең. Ал, ілмектің сыртында оның қабырғаларынан бірнеше есе ұзын болады.

Жете тексеру (детализация) кезінде өлшеу (3–5) жиілікте немесе уақыттың бірнеше мезгілінде жүргізіледі.

5) Жерге қосылмаған ілмек Н. П. өрісінде негізгі өлшенетін параметрлер:

а) магнит құраушылардың абсолютті мәндері және горизонталь осьте айнала алады. Лимбадан азимут және бұрыш еңкіштігін санап өлшейді;

б) магнит компоненттері өрісінің амплитуда қатынасы

$\frac{H_2 z}{H_1 z}$ және фазалар айырмасы $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ екі нүктеде бір-

бірінен 10 – 15 м қашықтықта. Генератор көмегімен жерде айнымалы электромагнит өрісі туындатылады 75–75000 Гц шамасындағы бір жиілік. Амплитуда қатынастары өлшенеді және фазалар айырмасы электрлік (М–нің екі желісінде) немесе магниттік (НП–АФИ) құраушылары. Компенсациялық әдіспен (АФИ– 4 амплитудасын, фазасын тіркеуші);

в) эллипсше поляризациялану өрісінің элементі (НП–ЭПП–әдісінде) ЭПП эллипс поляризациясының үлкен және кіші жарты поляризация осьтерін өлшейді.

Шексіз ұзын кабель әдісі (ШҰК). Бұл әдісте өрістің ток көзі ШҰК – өте ұзын кабель (1–20 км) түзу бағытта созылған басы мен аяқ жақтары, электродтар мен жерге және генераторға қосылған төменгі жиілікте НЧ кернеуге (1000 Гц) (Кабельдің). Өткізгіштің магнит өрісін осы өткізгішке перпендикуляр немесе параллель орналасқан профильдер көмегімен зерттеледі. Профильдер ұзындығын және олардың кабельден ара қашықтығын тандап алу. Алаңның барлық бақылау нүктелерінде, қоректендіруші тізбекте электродтар жерге тұйықталып, таралады). Токтың магнит өрісі, еленбейтіндей аз болуы керек–кабельдегі токтың магнит өрісімен салыстырғанда.

Төменгі жиілікпен профильдеу. Төменгі жиілікпен гармониялық (ТЖӨ) электромагниттік (индукциялық) профилирлеу әдістерінің қатарына үлкен топтарды жатқызуға, оған 10 Гц – 10 кГц арасындағы интервал жиілігінде біреуінде ұзын кабель ұзындығы (30 км) не ұзын, жермен тұйықталмаған ілмекті (3 км), айнымалы токпен қоректендіру арқылы немесе диаметрі 1 м болатын (төртбұрышты, шаршы метрлік немесе көп орамды сым катушкалардан құрастырылған) антенна жақтаулары қолданылады.

Жұмыс алаңындағы геологиялық орта бір жағынан біркелкі әртекті болса, ал келесі жағынан кендерде туынды индукциялық құйынды өріс пайда болса, электромагниттік өріс өзімен бірге әр түрлі геоэлектрлік мәліметтерді қосып әкелер еді. Сондықтан

осындай орталар гүрлі әдістермен зерттеледі. Осылайша, магниттік және электрлік компоненттерінің амплитуда мәндерін әр түрлі микровольтметр көмегімен өлшеп, поляризация өрісінің эллипс элементтерін анықтап, амплитуда қатынасын және фазаларының әр түрлілігін амфиметрмен (АФИ) т.б. әдістермен зерттейді.

Индуктивтік профилирлеу әдістерінің қысқартылған аттары, өріс көздерімен зерттеу әдістері аттарының қосындысы. Мысалы, ДК- АФИ, ДК- ЭПП, НП- АФИ, НП- ЭПП, ДИП- АФИ, ДИП- ЭПП т.б.

ТЖӘ (НЧМ) түсірілімінің профиль жүйесі бойынша жүргізіліп, олар бір-бірінен 50–500 м қашықтықта және геологиялық дененің ұзындығына перпендикулярлы бағытта орналасады. Профильдердің бақылау нүктелері, егер кабель ұзындығы немесе ілмек ұзындығынан қысқа болса, онда 20–200 м қашықтықта орнатады.

ТЖӘ (НЧМ) нәтижелері бойынша графиктер, график карталарын және дала параметрлерін бақылайтын карталарды құрастырады. Ал, геологиялық нысанның тереңдігі үлкен болуы, зерттелетін өріс жиілігі төмен болып, кедергісі жоғары, кабель ұзын болса немесе ілмек тогының өлшемдері үлкен және қорек көзі мен қабылдау жақтамасының арасындағы ара қашықтықта үлкен болса – оның тереңдігі үлкен болғаны. Магнит диполі өріс көзі болып пайдаланылады. Кішкентай диаметрлі көп орамды – рамка айнымалы токпен қоректендірілсе, магнит өрісін басқа әдістегідей қабылдаушы (тіркеуші диполь) рамка көмегімен іске асырады. Екі дипольді де, дала жұмысы процесінде олардың өзара орналасуын өзгертпей профиль бойымен жылжытады.

Ауыспалы процесс әдісі (МПП). МПП әдісінің мәні тұрақсыз, ауыспалы электромагниттік өрісті зерттеу. Бұл электромагниттік өріс жерге қосылмаған, генератор тізбегімен тұйықталған өткізгіш ілмек немесе ілмектегі ток, белгілі бір тұрақты деңгейден сатылы өзгеріп 0-ге дейінгі бір тұрақты деңгейге жететін ток көзімен қоздырылады. Ауыспалы процесс әдісінде ток көзі түрінде жерге қосылмаған үлкен ілмек немесе

кішкене көлемді дипольдік рама қолданылады. Қазіргі кезде жер бетіндегі жұмыстар МПП әдісінде, рамалық – ілмекті қондырғымен және беттестірілген (бірінің ішіне бірі) орналасқан ілмек қондырғыларымен жүргізіледі.

Рамалық – ілмек қондырғысында ток көзі болып үлкен, жерге қосылмаған төрт бұрышты ілмек (Пт) қабырғалары бірнеше жүз метрден 1–2 км болады. Жер бетіне таратылып (жайып) салынады. Тұрақсыз өрісті тіркеуші (өлшегіш) рамамен (МППР-ілмектің ортасында орналасқан) профиль бойымен жылжытып, орындайды.

Генератор-қоректендіруші және қабылдаушы қондырғылар, бір-бірімен беттестірілген (ілмек) түрі (бір ілмекті қондырғы). Өріс көзі болып жерге қосылмаған ілмек қабырғаларының ұзындығы ондаған метрден алғашқы жүз метрге дейін қолданылады. Тұрақсыз өрістің тіркеушісі (датчик) ретінде де осы ілмек қолданылады. Керек мезгілінде генератордың сигнал шығатын клеммасы ажыратылып, қосылады. Бұл модификацияны МППО – деп атаймыз. МППО-ның елеулі артықшылығы – өрісті бір рет өлшеп, ілмекпен шектелген органың геоэлектр қимасынан алынған информация болады (жұмыс өнімділігі). Осыған қарамай МППО, МППР-мен далада зерттеу жұмыстарын жете түсірумен салыстыруға болады. Ауыспалы МПП процесінің әдісі – физикалық табиғаты жағынан индукциялық. Оның төменгі жиілігі гармониялық әдіске қарағанда ерекшелігі гармониялық емес, импульсті өріс. Генератор тізбектері сияқты жермен тұйықталмаған ілмек немесе жақтаулы антенна қолданылып, оларға қысқа уақытты үнемі ток импульсі жіберіліп отырады. Сол ілмекте немесе басқасында ауыспалы процесс өлшеніп, яғни электр қозғағыш күші E_0 , t уақытының 1-50 м/с аралығында әр импульс соңында өлшенеді. Ауыспалы процесс әдісінің нәтижесінде – E_0/J графиктері және графиктер карталары құрылады, J –ток амплитудасы. Олар әр нүктеде тереңдіктен мәліметтер береді. Ауыспалы процесс әдісінің аномалиясы МПП мен кенорындары пайдалы қазбаларды іздеу мен барлауда әр түрлі масштабта түсірілім жұмыстарын жүргізу үшін қолданылады.

Аэроэлектрлік барлау мәліметтерінің көмегімен ұңғымада

жүргізілетін индуктивтік әдіспен 40–100 м тереңдіктегі кен табылып, электрөткізгішті бағаланып, кеңістіктегі орны анықталады. Аэронұсқамен дипольдік индукциялық профиль деу кезінде генератор тізбегі (іلمек, антенна), яғни тік ұшаққа немесе ұшаққа горизонталь түрінде (бекітіп) орналастырып, импульсті периодты токпен тұйықталады. Ток ажыратылған мезгілдерінде H_x , H_z магнит өрісінің құраушылары көп каналды аспаптармен тіркеліп, э.қ.к. графиктері әр түрлі уақытқа сәйкес салынады.

Ауыспалы процесс әдісінің аэронұсқада генератор тізбегі тікұшақта орналасқан, ал 50 м тросс кабелі гондолада $E(t)$ -ны өлшеуге арналған қабылдағыш тізбегі орналасқан. АПӘ әдісінде ілмек өлшемдері екінші ұшақта немесе тікұшақта орналасады. Ұшу биіктігі 50–250 м, профиль ара қашықтығы 100–500 м, жиілігі 0,2–3 кГц. Автоматты жазу нәтижесінде графиктер немесе графиктер карталары салынады (тұрғызылады). Әдіспен зерттеу тереңдігі 100 м. Ұшу биіктігі 50–100 м, профильдер арасындағы ара қашықтық 100 м. $E(t)$ нәтижесінде графиктер немесе графиктер карталары құрылады. Барлау тереңдігі 100 м.

Жалпы аэроэлектрлік барлау, дала әдісіне қарағанда терең емес, бірақта тез орындалады.

5.2. Дала жұмыстарының технологиясы

МПП әдісінің дала жұмыстары екі кезеңде (этапта) жүргізіледі. Аландарды картаға түсіріп іздеу әдісімен және тиянақты (детальные) зерттеулер. Барлау (іздістіру) түсірілімі кезінде жақсы өткізгіш геологиялық құрылым аландарын бөліп шығару. Бұл ауыспалы процестер өзінің үдемелі (қарқынды), аномальді ауытқу созылымдарымен (ерекшеленеді) білінеді. МППО әдісімен барлау жұмыстарын жүргізгенде квадратты ілмектерді қолданады. Қабырғалары 2–3 есе, болжамалы руда жатқан тереңдіктен ұзын болуы керек. Іс жүзінде бұл тереңдік ондаған метрде алғашқы жүз метрге дейін болады. Барлау ауданын ілмек тораптарымен (системалары) толтырып жабады. Ілмектерді электробарлауға арналған кедергісі төмен сымдардан

ГПСМПО жасалады. Қоректендіруші ілмектің әрбір жатқан орнында ауыспалы процестің амплитудасы өлшенеді. Бір немесе бірнеше уақыт кідірістерінде аппаратураның мүмкіншілігіне қарай толық түсірілімді, МППО әдісімен және басқа геофизикалық әдістермен анықталған ауытқу зонасында жүргізіледі. Бұл түсірілімдерді автономды тіркеуші өлшеуіш ілмектермен жүргізген жөн (МПП).

Индуктивтік әдістердің нәтижелерін талдау. Түсірілімнің нәтижесінде амплитуда графигі тұрғызылады, амплитудалардың қатынасы немесе фазалар ығысуы, графиктер картасы және өріс амплитудасының изосызықтары салынады. Жоғары жиіліктегі өлшемдерді – графиктер картасы немесе өрістің изосызықтары түрінде, әр түрлі жиілікке арнап салады. Өріс ауытқуларының (аномальді) мәнін графиктерден алып, солардан ауытқулардың

жиілік сипаттамасы салынады. Өлшенген $|H_z|, |H_y|, \left| \frac{H_z}{H_y} \right|, \frac{a}{b}$ немесе α параметрлерінен (ЭП әдісіне ұқсас) сәйкестеу көрінерлік ρ_k параметрін, P -параметрін бұдан мынандай қорытынды шығаруға болады: кез келген компонентін өлшеп, P -параметрін табуға болады.

$$P = 2.81 * r \sqrt{\frac{f}{\rho}}.$$

Өрістердің бақыланған өлшемдерін есептеуді жеңілдету үшін номограммалар қатынастары $\frac{\rho}{l^2 f}$ қолданылады.

Өлшенген параметрлер арқылы меншікті кедергіні анықтау палетканы пайдалануға болады.

Ауыспалы өрістің нәтижелерін талдау (интерпретациялау). АПӨ (МПП) процесінің (ЭҚК) амплитудасының (қоректендіруші ілмектегі импульспен қамтамасыз ететін) I токқа қатынасы.

Егер тіркеу (өлшеу) уақыттың бірнеше кідірісінде

орындалса, онда әрбір ілмектің ортасында график тәуелділіктері бейнеленеді. $\frac{\varepsilon(t)}{I} \left(\frac{mKB}{A} \right)$ – ның t (мс) уақытқа тәуелділігі. Кейде

уақыттың әр түрлі сәтінде тіркелген сигналдар $\frac{\varepsilon(t)}{I}$ амплитудасының графиктер карталары мен изосызықтар карталары салынады. Толық, жете түсірілім нәтижесінде – профильдер бойымен ауыспалы өріс сигналдары амплитудасының графиктері, әр түрлі уақыт сәтіне арнап салынады.

Ауытқу зонасының ортаңғы нүктелеріне ауыспалы сипаттама параметрлерінің уақытқа тәуелділігі график түрінде салынады. $\frac{\varepsilon(t)}{I}$ және γ_k .

Индуктивтік әдістердің қолданылуы:

- а) жақсы өткізгіш руда денелерін барлауға;
- б) онша терең емес геологиялық карталауға;
- в) массивті мыс колчеданды, мысты-никельді және полиметалды рудаларды іздеу, барлауға өте қолайлы.

5.3. Индукциялық зондылау

Индукциялық зондылау әдістері және мағынасы

Индукциялық зондылау әдістері физикалық негізі бойынша екі топқа бөлінеді: жиілікпен – уақыттық зондылау және геометриялық. Жиілікпен – уақыттық зондылауда скин эффект принципі қолданылып, олар өткізгіш қималарды ғана зерттейді.

Өткізгіштік қасиетке қарағанда, геоэлектрлік қиманың магниттік қасиеттері жиілікпен – уақыттық зондылаудың нәтижелеріне аз дәрежеде ғана әсер етеді. Бұл зондылау көмегімен жоғарғы оңды магнитті қималар, мүлдем зерттелмейді. Магнитті қималарды зерттеу үшін геометриялық зондылау қажет, онда өрістің даладағы өріс көзі мен бақылау

нүктесі арасындағы ара қашықтыққа тәуелділігі зерттеледі. Оның негізділігі мынада – бақылау (өлшеу) нүктесі өріс көзінен алыстаған сайын қиманың беттік магнитті бөлігінен туындаған өрістің мөлшері азайып, оның тереңде орналасқан бөлігінің туынды өріс мөлшері артады, екінші туындысы индукциялық магниттелуден, құйынды токтан және қиманың әр түрлі электр өткізгіштік жоғарғы қабаттарының беткейлік зарядталуынан пайда болған. Геологиялық қиманың магниттік қасиетін зерттегенде – көбірек қызықтыратыны, индукциялық магниттелуіне байланыстылығы.

Өріс түрлерінің мұндай бөлінуі, өрісті өлшенетін компоненттеріне сәйкес арнаулы бағыттағы өріс жиілігін таңдауына болатындық мүмкіндігі. Кейде тек абсолюттік магниттік компоненттер өрісін (бір тік компонентін) бір төменгі жиілікте өлшемдерді жүргізу ғана жеткілікті.

Қолданылатын өріс көзіне байланысты электромагниттік өріс геометриялық, индукциялық зондылау көзі – дипольдік индукциялық зондылау және мөлшері өзгеріп отыратын тік бұрышты, квадратты ілмекті индукциялық зондылау түрлеріне бөлінеді. Егер дипольді зондылау кезінде тереңдік зерттеуін жоғарылататын болса, онда қабылдағыш және генераторлы дипольдар арасындағы ара қашықтықты өзгертеміз. Сол сияқты квадратты және тік бұрышты ілмектермен зондылау кезінде де ілмек мөлшерін үлкейту арқылы міндетті шеше аламыз.

Магнитті қималарда дипольдік зондылау тәжірибе жүзінде сирек қолданылады, себебі тереңдеген сайын өріс ($1/h^3$) – қатынасы заңымен тез басылуынан және беттік қабаттың бірдей болмауы қатты әсер етеді. Сондықтан, негізгі назар – ілмекті индукциялық зондылау әдістемесіне аударылып, олар үлкен тереңдікпен сипатталып және ілмектің өрісі тереңдеген сайын ($1/h$ қатынасына жақын заңдылықпен басылады) және дипольға қарағанда беттік қабаттың бірдей болмауы аз ғана әсер етеді.

5.4. Тік бұрышты ілмекпен тік индуктивтік зондылау

Тік бұрышты ілмекпен тік индуктивтік зондылау магнетит кен байлықтарын барлауды жан-жақты, жете және алдыңғы кезеңдерінде тексеруге негізделген. Ол мына жағдайларда, егер жеке профиль бойында және магнит массаның қимадағы жайылу көлемін барлауға байланысты толық зерттеп, кеннің морфологиялық ерекшелігін, яғни ферромагнитті минералдарды кенді дененің көлсі анықталады. Алаңның топографиялық дайындығына байланысты магистраль профильдерге бөлініп, бақылау профильдерін пикеттеуге негізделеді. Ілмектің ұзын жақтары бірдей, ал қысқалары екі коэффициентпен геометриялық прогрессия бойынша өсіп отырады. Мысалы, 1000 м-лік ұзын жағына тік бұрышты ілмектің қысқа жағының келесі өлшемдерін қоюға болады, олар – 50, 100, 200, 400, 1000 м. Екі ілмектің (рама-жақ) нақты орналасуы – магистраль бойымен өлшеген соң анықталады. Бақылаудың алдында бригадалар екі магистраль бойымен катушкадан сымдарды таратып жаяды, ортаңғы профильден неғұрлым алыс, төрт профиль бойынша бір уақытта сымдарды шешіп таратады да, осылайша екі ұзын ілмек дайындалады. Ілмек жақтарының бұрыштарын осы ауданда триангуляцияндық торапқа бекітіп, генератор тобын ортаңғы профиль қиылысында геологиялық және электромагнит бөгеуілдері аз деңгеймен сипатталатын магистральдің біреуіне шкалаға бөліктеу ілмегін орнатады. Бұл сапалы (градировканы) шкалаға бөліктеу, генератор тобын ілмектен тыс жақын ауданда орнатады. Алдымен, ең үлкен ілмек түзетін сымдар қосылады. Ал келесі ілмек сымдарды алыс магистральдің магистральді сымдарына жалғанады. Жұмыс барысында әр ілмекті кезекпен магистральді сымдарға жалғап отырады. Өлшеу реті қолданылатын аспаптың түріне байланысты.

5.5. ИКС-1 және ИМА-1 микровольтметрлерімен зондылау

ИКС-1 микровольтметрлерін қолданғанда негізгі жұмыс жиілігі – 22,5 Гц, ал ИМА-1 – де 78 Гц.

Дала бригадасы төрт адамнан тұрады, шкалаға бөліктеуге арналған (градуирлік) ілмекті шешіп, бір уақытта үлкен ілмекті де шешіп, аспаптарды жұмысқа дайындайды. Бөліктеу ілмегі 20x20 м, 30x50 м қашықтықта жайылады.

Шкалаға бөліктеу ілмегіне – 80 м ұзындықтағы сым (20 м сайын белгісі бар) қолданылады. Шкалаға бөліктеу ілмегінің ортоганальді жағы буссоль арқылы бақыланады. Негізгі және шкалаға бөліктеу ілмектері және генератор тобы бифилияр арқылы ретпен қосылып шкалаға бөліктеу, оны алдын ала қосымша шкалаға бөліктеу сақинасы бар токты бөлгішке қосады. Шкалаға бөліктеуге арналған ілмекті 20x20 м-ден тек екі рет дала мезгілінде қолданылып, алдымен $B_{гк}$ үнемі ток бөлгішті және мезгіл соңында үнемі шкалаға бөліктеу жүйесінің өлшем бірлігін анықтау үшін бақыланады. Соңында шкалаға бөліктеу ілмек құрылымы сұлбасынан істен шығып, токты бөлгіш және шкалаға бөліктеу орамасы ғана қалады.

Генератор тобының және генератор тізбегін дайындау кезінде 30 – 40 минутқа қыздыру үшін генератор қосылады. Ток 0,2 – 0,8 А-ді құрайды, 22,5 Гц және 78 Гц негізгі зерттеу кезінде топтар тізбектері мен микровольтметрлерді 15 минут қыздырған соң токты бөлгіште, шкалаға бөліктеу – орам қабылдағышын қосу арқылы қондырғыда алғашқы шкалаға бөліктеу орындалады. Осы кезде оператор (6 – 8) тіркеу қатарын I_1 және I_2 әр түрлі ток таңбаларымен полярлануын жазып алады. Π_1 - қосқыш арқылы полярлық таңбасын қояды.

Мезгіл басында $B_{гк}$ мен үнемі ұқсастығын (аналогты) анықтау үшін 20x20 метрлік шкалаға бөліктеуге арналған (градуирлік) ілмек қатары қолданылады. Бұл әдістеме әр түрлі полярлы шкалаға бөліктеу орамдарын қосып, шкалаға бөліктеуші ілмекті генератордағы үлкен орамды ілмектен шкалаға бөліктеуге арналған орам ілмегі кеңістігінен дала эффектісі бөліп тұрады. Мысалы, градуировка кезінде алынған бірінші (отчет) тіркеу – I_1 . B^o – даланың қалыпты ілмегімен, B^a -синфазды туынды дала қосындысына, $B_{гк}$ -шкалаға бөліктеуге арналған орамды қосқанға тең болады.

$$B_1 = cU_1 = B_{гк} + (B^o + B^a). \quad (5.1)$$

мұндағы c – қабылдағыш рамканың сезімталдығы.

II-ді туынды ток фазасының шкалаға бөліктеу (градуир) орамына қосқанда 180° -қа ауысып, МИД U_2 – шығысындағы сигнал өлшеу кеңістігімен байланысты болады.

$$B_2 = cU_2 = B_{гк} - (B^o - B^a). \quad (5.2)$$

Осы екі формуладан магнит индукциясының шкалаға бөліктеуге арналған орамынан $U_{гк}$ -ны табамыз.

$$B_{гк} = (B_1 + B_2) / 2 = 2 = c(U_1 + U_2) / 2. \quad (5.3)$$

$$U_{гк} = (U_1 + U_2) / 2. \quad (5.4)$$

Бұл тұжырым (3) және (4) екеуіне де аналогты сондай-ақ, $B_{гк}$ және $U_{гк}$ -ны бөлу үшін 20×20 м шкалаға бөліктеу ілмегімен бөлінеді.

Сезімталдықтың басында C_1 және аяғында C_2 табу үшін шкалаға бөліктеуге арналған орамға қосып (U_{11} , U_{12} , U_{21} , U_{22}) бақыланады. Егер ол белгілі болса онда C_1 және C_2 келесі формуламен анықталады.

$$C_i = 2B_{гк} / (U_{1i} + U_{2i}) \quad i=1,2. \quad (5.5)$$

мұндағы $B_{гк}$, I – генератор тізбегіндегі ток. $B_{гк}$ тізбекте өзгермейтін токты бақылауға арналған тізбек құрамындағы генератор, шкалаға бөліктеуге арналған ілмек және шкалаға бөліктеуге арналған жабдық кіретін жүйе арқылы анықталады. Әр түрлі полярлы орамдар жұбын шеше отырып U_1 және U_2 4–5 рет, шкалаға бөліктеуге, арналған орамды және 20×20 м шкалаға бөліктеуге арналған ілмекте $1A$ токта барлық жүйеде түзілетін шкалаға бөліктеуге арналған орамды анықтайды. Тік бұрышты ілмек формуласы.

$$B_z^{\circ} = \mu_0 I \sqrt{A^2 + B^2} / \pi * AB \quad (5.6)$$

мұндағы I - ілмектегі ток, $2A$ және $2B$ – 2 жақ өлшемі, м. Егер $2A=2B=20$ м және $I=1$ А болса, онда магнит индукциясы – $56,52$ нТл тең болады. Оны біле отырып, біз (5)-ден C_1 – сезімталдықты анықтаймыз. C - ні және $U_{гк}$ - ны біле отыра, (3) және (4) - ден $B_{гк}$ - ны анықтай аламыз.

Орталық профиль бойынша ілмек пішінінің абсолютті B_j өлшемі әр нүктеде мына формула бойынша есептеледі:

$$B_j = c_j * U_j; \quad (5.7)$$

өлшемі өзгеріссіз қалады.

$$B_j = \frac{2B_{зк}}{(U_1/I) + (U_2/I)} \frac{U_j}{I} = \frac{2IB_{гк}}{U_1 + U_2} \frac{U_j}{I} \equiv C_j U_j. \quad (5.8)$$

Жоғарыда сипатталған әдістеме – ілмектегі токтың абсолютті өлшемін өңдеген де қолданылып тіркеу міндетті емес. Бастапқы шкалаға бөліктеуді арнаулы жабдықтармен қамтамасыз еткен соң, белгіленген қадаммен (5–10 м) профиль бойымен бақыланып, 100 м қадаммен профиль бойынша кері қайтуды c_j дрейфі бойынша бақылап тез орындауға болады. Сол мақсатпен – әр ілмек үшін қосымша тірек байланысын құрап, ол генератор ілмегі–қабылдағыш рамка жүйесіне микровольтметрді қоса алады. Бұл график нәтижелерін алдын ала өңдеу үшін қолданылады. Әр ілмекте шкалаға бөліктеу қайта-қайта жасалып, нақты коэффициенті табылады.

Бақылау циклының аяқталысымен бір ілмектің генератор тізбегін (тобын) балласты кедергіге қосып, осыдан соң жақын магистральда оператор командасымен өшіреді, магистраль сымының соңындағы ілмекті алып, келесі ілмекке қосады. Содан соң генератор тізбегін жаңа ілмекке қосып, 10 мин өткен соң келесі аналогты цикл профиль бойымен орындалады. Бақылау кезінде орау бригадасы босаған сымдарды техника

қауіпсіздігін сақтай отырып, келесі жаққа орналастырады. Кейде зондылау ең кіші ілмек өлшемдерімен аяқталады, ал егер тек магниттік қасиетін ғана зерттеп қоймай, сондай-ақ электр өткізгіштігін анықтау керек болса, онда көп жиілікті бақылау қолданылады. Жасалған жұмыс бойынша Таулы – тасты жерлерде көп жиілікті зондылау қолданылады. Ол үшін тікбұрышты ілмектер және екі аспап – ауысуы қолданылып, бір жиілікте 5–6 сағ. жұмыс жүргізіледі.

5.6. Индукциялық жарықтандыру

Ұңғыма жанындағы кеңістікті зерттеу үшін өткізгіш рудалы кен денелерін табу мақсатында әр түрлі ұңғымалық электромагниттік (индуктивтік) әдістер қолданылады, оның физикалық мағынасы жағынан қолданылатын аппаратурасы және талдау (интерпретациялау) принципі бойынша НЧМ және МПП әдістеріне ұқсас немесе ұңғымаларды зерттеуге арналған индуктивтік әдістердің көп тараған бір түрі, төменгі жиіліктегі гармониялық және қалыптаспаған өріс әдісі болып, жерге қосылмаған ілмекпен орындалып, параметрлері ұңғымада өлшенетін (НПС-АФИ, НПС-МПП) және дипольді электромагниттік профильдеу ұңғыма әдісі (ДЭМПС- НЧМ, ДЭМПС- МПП) болып табылады.

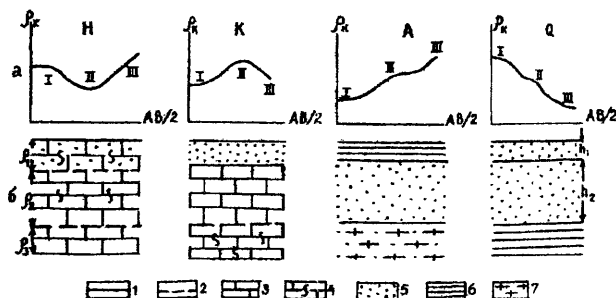
Электромагниттік зондылауды талдау және оның геологияда қолданылу ерекшелігі. Геофизиканың басқа әдістері сияқты электромагниттік зондылауды талдауының сапалық және сандық кезеңдері бар. Сапалық талдау кезінде материалдарға көз салып талдау жасалып, келесі сандық талдау үшін физикалық – геологиялық жуықтауға арнаулы (априорлы) модель таңдалады. Ол есептеу немесе физикалық – математикалық бөлімімен және нәтижелерді геологиялық – геофизикалық талқылаудан бастайды. Электромагниттік зондылауды талдау үшін әдістемелік оның барлық түрлеріне бірдей, ал геологиялық – геофизикалық талдау, қолдану облысына байланысты әр түрлі.

5.7. Электромагниттік зондылаудың мәліметтерін сапалық талдау

Электромагниттік зондылау нәтижесінде кедергі әсерінен бізге белгілі қисықтар пайда болады. КС ($\rho_k \otimes$, $\rho_r(\sqrt{T})$, $\rho_\omega(\sqrt{T})$, $\rho_t(\sqrt{2\pi t})$) немесе тереңдік параметрлерінен $\eta_k(r)$ ПГ ($AB/2=r$, $\sqrt{T}$, $\sqrt{2\pi t}$). Сапалық талдау кезіндегі көзбен көріп (визуальді) талдап, қима қабатының саны қисықтардан анықталады. КС қисығының қабат саны бойынша МЭК - сі қатынасына сәйкес жіктеледі.

Үшқабатты қисықтар ВЭЗ және МЭК-УЭС қатынасы келесі типтерге бөлінеді.

- 1) Н- минимумы ортасында ($\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$).
- 2) К- максимумы ортасында ($\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$).
- 3) А- МЭК өсуінде ($\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$).
- 4) Q- МЭК төмендегенде ($\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$).



5.2-сурет. ВЭЗ-дің үш қабатты қисығы: а) КК графигі;
б) геоэлектрлік қима; 1 және 2 литологиялық және гидрогеологиялық шекара; 3 және 4 әктас массивтер және жарылымдар; 5- құмдар; 6- саздар; 7- графит

Осы 5.2-суретте геологиялық - гидрогеологиялық қималар және осыған сәйкес келетін қисықтар суреті келтірілген. Мысалы, келтірілген электрлік қималардағы өзгерістер (I, II, III)

литологиялық түзілімдер жапсарларына сәйкес (А қисығы) немесе гидрогеологиялық (Н және Q қисығы) мен таужынысының физика – механикалық өзгеруіне байланысты қисықтары.

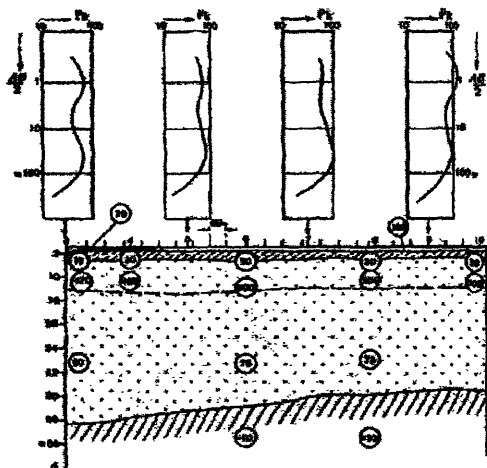
Тәжірибе жүзінде көп қабатты қисықтар алынады. Оларды әріппен белгілейміз. 5.3-суретте ВЭЗ – ДЭЗ бес қабатты қисығы келтірілген. Электромагниттік зондылау үшін гармониялық немесе импульсты режимде қисықтар түрінің жалпы аты сақталады. Алайда олардың ерекшеліктері бар, сол жақ ассимтотада қосымша экстримум, ал оң жақ ассимтотада максимум т.б. Сапалық талдау үшін ауданды зерттеу әдісіне ВЭЗ қисығының түрі карта қолданып, кейде абсцисса және ордината нүктелерінің максимумы, минимумы қолданылады.

Профиль бойынша қиманың кедергісі (ρ_k), өткізгіштігін ($S_k = \tau / \rho_k$) қабаттың жақсы өтетін немесе көлденең кедергісі үшін ($T_k = \tau \rho_k$) қабаттың нашар өткізгіштігі үшін. Көлденеңінен бұл қиманы құрағанда ВЭЗ нүктелері қойылады, ал тігінен тереңдік параметрі (τ , АВ/2) қойылып ρ_k , S_k немесе T_k изосызықтары салынады. Бұл материалдың анализі тереңдігі бойынша және қиманың геоэлектрлік сатысының өзгеруі туралы жалпы сипаттама бере алады. Қимадағы изосызықтар бір-біріне параллельді, көлденең қабатты болып табылады. ВЭЗ және ДЭЗ нүктелерінде бір өлшемді модельдерін талдауға болады. Изосызықтар қатты бүгілген жерлерде таужыныстардың литологиялық ауысу жапсарлары бар. ВЭЗ және ДЭЗ қисықтары 2 немесе 3 ретгі модель жақтауларында және оның сапалық талдау жасауға болады, олар аздап бұрмаланған. Аналогты карталар және зондылаудың қималары, басқа да зондылау әдістері түрлерінің мәліметтері пайдаланып салынады.

5.8. Электромагниттік зондылау мәліметтерімен геологиялық-геофизикалық сандық талдау

Жоғарыда айтылып кеткендей, электромагнитті зондылаудың (ЭМЗ) кері шешімі әр түрлі эквиваленттер шешіміне әкеледі. Қалың емес қабат үшін оның қалыңдығын беткі қабаттың

қалыңдығына байланысты анықтаймыз, олар h_i және ρ_i талдау әдісіне сүйенбей-ақ өсе беруі мүмкін.



5.3-сурет. а) ВЭЗ қисығы; б) Геоэлектрлік қима;

Павольжа ауданының көрсетілімі:

- 1) нүктесі; 2) қабаттың электрлік меншікті кедергісі;
- 3) литологиялық шекара; 4) грунд суының деңгейі; 5) малтатас;
- 6) құмдар; 7) саз

Сондықтан, арнайы номограммалар арқылы эквивалент принципінің әсер ету шегін бағалап, h_i және ρ_i -дағы ғана емес сондай-ақ, өткізгіштің $S=h_i/\rho_i$ және көлденең кедергі $T_i=h_i*\rho_i$ қабаттарының физикалық ауытқуларын анықтайды. Төмен дәлдікті есептеулерде (h_i , ρ_i) ВЭЗ – ДЗ қисықтары үшін, мысалы S_i төменгі ом қабаттарында жоғарғы дәлдік алынады. Осылайша, қиманың әр түрлі қабаттарында нақты параметрлер бар, олар ЭМЗ-ды талдаудың физика – математикалық негізгі құрылысына байланысты (формальді) нәтижесі болып табылады. Олардан геологиялық – гидрогеологиялық сипаттама алу үшін таужыныстарында қолданады.

6. РАДИОТОЛҚЫНДЫҚ ӘДІСТЕР

6.1. Радиотолқынмен жарықтандыру әдісі

Радиотолқынмен жарықтандыру электромагниттік барлау әдістерінің модификациясы 0,15–40 МГц жиіліктеріндегі радиотолқындарды пайдалануға негізделген. Ұңғымалық электромагниттік барлауда (СРП) СРЖ радиотолқынмен жарықтандыру, ұңғымалардың арасында және ұңғыма мен жер бетінің араларында орналасқан таужыныстарының блоктарын, рудалық денелерді зерттеуге қолданады. Ол үшін радиотолқын таратқыш ұңғыма ішінде ал, қабылдағыш келесі ұңғымада орналастырылады. Егер толқындардың жолында өткізгіштігі жоғары дене орналасса, онда осы дененің артында энергияның жұтылуына сәйкес радиосигналдың әлсіреуінен радиокөлеңке пайда болады.

Осы радиокөлеңке бойынша рудалық дененің нұсқасы анықталады. Генератор мен қабылдағыштың орындарын өзгерте отырып, ұңғымалар арасындағы жыныстарды радиотолқындармен «жарықтандыруға» болады. Нәтижесінде, органың электромагниттік қасиеттерімен сәйкес болып келетін тасымалдағыш-қабылдағыш толқындардың бойымен таужыныстарымен, яғни нақтылап айтқанда, жұтылу коэффициентін анықтауға мүмкіндік туады.

Өткізгіштігі жоғары болатын кен денелерінің бар болуы – энергия жұтылуының өсуіне және радиокөлеңкелердің пайда болуына әкеліп соғады. Бұл радиокөлеңкелер бойынша рудалық денелерінің шекарасын белгілеуге және ондағы барлау жұмыстарын дұрыс бағыттауға мүмкіндік пайда болады. Радиотолқынмен жарықтандыру қашықтығы бірнеше жүз метрден аспайды. Олай болса, бұл әдістердің негізгі қолдану аймағы, рудалық міндеттерді шешуге арналған.

6.2. Дипольдік индуктивтік профильдеу және радиотолқынмен жарықтандыру

Дипольдік индуктивтік профильдеу (ДИП) әдісі және радиотолқынмен жарықтандыру (РТЖ) электрлік барлау

әдістерінің айнымалы токпен, яғни ауыспалы өрісте қолданылатын электрлік барлау әдіс тобына жатады. Сонымен ДИП төменгі жиіліктегі, ал РТЖ жоғарғы жиіліктегі әдістер қатарына жатады. Солай болғандықтан, ДИП және РТЖ жүргізілетін аймақ таужыныстарының өткізгіштігіне қаншалықты көбірек сезімтал болса, онда қабылдағыштан алынған мәліметтерді өңдеп, талдап есепті шешу де сонша жеңілдейді.

Гармониялық электромагниттік өріс теориясынан негізгі түсінік

Гармониялық электромагниттік өріс дегеніміз – уақытқа тәуелді синусоидалық заңымен өзгеретін өрісті айтамыз. Оны қарастырғанда символикалық әдіс қолданамыз. Ол өріс мына түрде берілген:

$$\vec{E}(t) = \text{Re}(\vec{E}e^{-i\omega t}), \quad \vec{H}(t) = \text{Re}(\vec{H}e^{-i\omega t});$$

мұндағы $\vec{E}(t)$ және $\vec{H}(t)$ – электр және магнит өрісінің кернеулігі, E , H және олардың комплексті амплитудасы, тербелістің айналу жиілігі, t – уақыт.

Гармониялық әдіс электробарлау әдістерінің көп түрлерінде қолданылады. (ДИП және РТС, т.б.) Сонымен қатар, кез келген уақыт бойынша ауыспалы өріс гармоника арқылы берілуі мүмкін. Ол Фурье түрлендіруі көмегімен құрылады. Төменде біз комплексті амплитуда E және H құраушыларымен өрісті көрсетеміз. Гармониялық электромагниттік өріс біртекті ортада Гельмгольц теңдеуін қанағаттандырады.

$$\begin{cases} \Delta \vec{E} - k^2 \vec{E} = 0; \\ \Delta \vec{H} - k^2 \vec{H} = 0. \end{cases}$$

мұндағы k – толқындық сан. Ол былай анықталады:

$$k = \sqrt{-(i\omega\mu\gamma + \omega^2\mu\varepsilon)},$$

мұндағы γ – таужыныстарының өткізгіштігі, ε – диэлектрлік өтімділік, μ – ортаның магнит қабілеттілігі. Магнит қабілеттілігі түбір астындағы толқындық сан құрамына және түбір астындағы 2 қосылғышқа да кіреді, мұндағы қабілеттілік жиілікке пропорционал қосылғышқа кірсе, ол диэлектрлік өтімділікпен жиілік квадратына пропорционал қосылғышқа да енеді.

Электрлік барлауда таужыныстарының магнит құрамды әдетте ескерілмейді, сондықтан алдағы уақытта біз магнит қабілеттілігін μ вакуумның магнит қабілеттілігіне тең деп аламыз.

Комплексті сандағы квадрат түбірі – екі белгілі функция, онда алынған теңдеу үшін бір түбір белгісін аламыз. Бізде керекті бөлігі оң таңбалы толқындық сан алынады.

Электромагниттік өрістің таралу сипаты таужыныстарының өткізгіштігі ток тығыздығының ығысу қатынасына байланысты.

Таужыныстарының өткізгіштігі және ток тығыздығының ығысуы, электр өрісі келесі қатынастармен байланысты:

$$\vec{J}_{mk} = \gamma \vec{E}, \quad \vec{J}_{bl} = -i\beta\omega\varepsilon \vec{E}.$$

Өткізгіштіктің ток тығыздығының ығысуына қатынасы, айналу жиілігіне және ортаның электрлік құрамына (физ. қасиетіне) байланысты:

$$\left| \vec{J}_{om} \right| / \left| \vec{J}_{bl} \right| = \gamma / (\omega\varepsilon).$$

Ток тығыздығының ығысуы, төменгі деңгейдегі өткізгішпен жоғарғы жиіліктегі толқынға жуықтау жүреді. Бұл жағдайда толқындық сан мынаған тең:

$$k = \sqrt{-\omega^2\mu_0\varepsilon}.$$

Өріс толқын сияқты анықталады. Оның жылдамдығы $V = 1/\sqrt{\mu_0 \varepsilon}$, ұзындығы

$$\lambda = 2\pi v / \omega = 2\pi / \sqrt{\omega^2 \mu_0 \varepsilon}.$$

Толқындық санның модулі $|k| = 2\pi / \lambda$, кеңістіктегі жиілік түрінде қарастырылуы мүмкін.

Квазипотенциалға жуықтау, яғни жоғарғы өткізгіште және төменгі жиілікте токтың өткізгіштік қасиеті артады. Олай болса $k = \sqrt{-i\omega\mu_0\gamma}$. Өрістің таралуы диффузиялық сипатта және электромагниттік толқынның мағынасы болмайды. Тербелмелі процесс ток көзіндегі таңбаның өзгеру есебінен болады. Алайда, «толқын», «толқын ұзындығы» термині қолданылады және бұл жағдайда толқын ұзындығы $\lambda = 2\pi / \text{Im}(x) = 2\pi\sqrt{2} / |k|$.

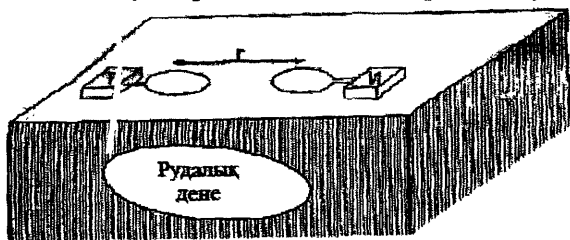
Тереңдігі $\delta = 1/\text{Re}(x) = \sqrt{2} / |k| = \lambda / (2\pi)$ скин-қабат қалыңдығы деп аталады. Скин-қабат қалыңдығы ортада квазистационарлы өрістің өшу тереңдігі және (е) санына тең өшетін өріс тереңдігін сипаттайды.

Өрісті жасанды туындату (қоздыру) кезінде электромагниттік өріс сипаты санаралық қашықтық $|kr|$ шамасымен анықталады, мұндағы r – өріс көзіне дейінгі ара қашықтық. Егер $|kr| \gg 1$ – алыс зона, $|kr| \ll 1$ – жақын зона – деп аталады.

6.3. ДИП – әдісінің негізгі теориясы және әдістемесі

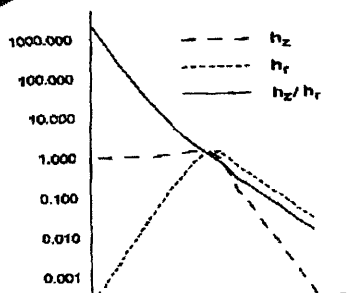
ДИП әдісімен жұмыс жасау үшін (6.1-сурет) бір – бірінен r қашықтықта орналасқан, диаметрі l_m шамасында 2 ілмекті қондырғы қолданылады. Генератор ілмегі 100 Гц-тен 100 кГц – диапазонына дейінгі берілген жиілікпен (f) қосылады. Профильдеу әдістеріндегі сияқты ДИП – әдісінің орналасу геометриясы ұқсас болады (r – генератор мен қабылдағыштың центрлерін қосатын ара қашықтық). Бақылау нүктесі,

өзгерілмейді. Жазу нүктесі (г) тұзуінің ортасында орналасқан. Генератор ілмегі көлденең тегістікте орналасады (6.1-суреттегі сияқты). Ара қашықтық (г) ілмек диаметрінен бірнеше рет көп болады, оның өрісі тік магниттік диполь өрісіне эквивалентті болуға тиісті. Өлшеуге арналған ілмекке перпендикуляр.



6.1-сурет. ДИП әдістемесі мен жұмыс жасауға арналған қондырғы

ДИП әдісінің әдістемесі де профильдеу әдістемесі сияқты профиль бойымен барлық өлшеулерде – өзгермей тұрақты болып қалады.



6.2-сурет. ДИП әдістемесіне арналған қондырғы және H_z өзгерісі бойынша кенді денені карталау

Ілмек қабылдағыш (датчик) есебінде болғандықтан, оның бетіне ортогональ магнит өрісінің компоненті H_z компоненті

1-ші жағдайда өлшенеді, 2-ші жағдайда H_r (цилиндрлік координатасы бастапқы жүйенің қоректендіруші ілмектің ортасында орналасқан, ось Z төмен қарай бағытталған, ось H_r , r -мен жер бетіне көлбеу бағытталған) генератор ілмегі өрісінің жиынтық қарқындылығы және қабылдаушы ілмекте өлшенетін потенциалдар айырмасымен кернеулік өрісін байланыстырылатын коэффициент генератордың айналу санына сәйкес пропорционал болады.

Электрлік барлауда (сонымен қатар, ДИП) төменгі жиіліктегі әдістерді қарастырғанда квазистационарлы жуықтасу қолданады. ДИП теориясының негізіне біртекті жартылай кеңістікте гармониялық магнит диполі магнит өрісінің есебін төте жолмен шешу жатады. Бұл есепті шешу жолы көп, сондықтан оның нәтижесін ғана келтіреміз. Магнит өрісінде 2 компонент (тік және радиалды) болады. Ол былай өрнектеледі:

$$H_z = -\frac{M}{4\pi^3} h_z ; \quad H_r = -\frac{M}{4\pi^3} h_r .$$

мұндағы h_z және h_r – магнит саны. Олар былай есептеледі:

$$\begin{cases} h_z = \frac{2}{k^2 r^2} \left[9 - (9 + 9kr + 4k^2 r^2 + k^3 r^3) e^{-kr} \right] \\ h_r = k^2 r^2 (I_1 k_1 - I_2 k_2) \end{cases} \quad (6.1)$$

мұндағы M – қоректенуші диполь моменті ($M=SNi$),

S – қоректенуші ілгек ауданы, N – осы ілмектегі буманы құрайтын сымдардың саны, I – істелінген ток күші, k – толқындық сан, I_1, I_2, k_1, k_2 – Бессельдің кешенді аргументіндегі $kr/2$ 1-ші және 2-ші түріндегі функциясының модификациясы. Магнит саны h_z және h_r сан аралық kr параметрінің функциясы болып табылады.

(1) – формуланы есептеу нәтижесінде магнит санының модулі график түрінде 6.3-суретте көрсетілген. Жақын зонада

$(|kr| \ll 1)$ қарастырылып отырған өріс құрылымы тұрақты магнит диполіне сәйкес келеді. Бұл жағдайда h_z өзінің абсолютті шамасы h_r -ден едәуір артық. (1) – формула жақын зонада асимптотикалық жағдай үшін едәуір жеңілдетілген:

$$\begin{cases} h_r \approx 1 \\ h_r \approx -\frac{k^2 r^2}{4} \end{cases} \quad (6.2)$$

Жақын зонада h_r жартылай таралуы толқындық сан k -ға тәуелді еместігі байқалады.

Алыс зонада таралу әрекетінде $(|kr| \gg 1)$ картина өзгереді және h_r , h_z -тен бастап көтеріледі. Онда (1)-ші формула келесі түрде жазылады: 2 магнит саны, толқындық сан k -ның таралуы жартылай өткізгішке тәуелді.

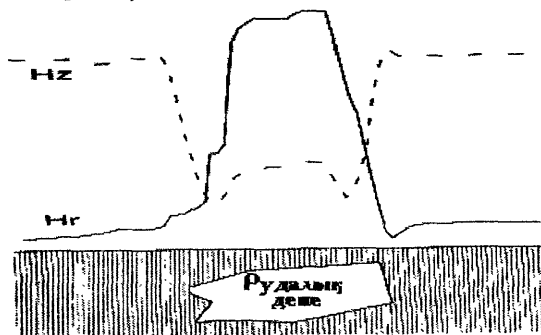
ДИП әдісімен жұмыс өткізу кезінде жиілігі және

ара қашықтығы r тандап

$$\begin{cases} h_z \approx \frac{18}{k^2 r^2} \\ h_r \approx \frac{6}{kr} \end{cases} \quad (6.3)$$

алынып, рудасыз аудан кезінде жақын зона шарты орындалады, ал рудалы денеде – алыс зона шарты. Бұл жағдайда H_z және H_r өзгерістері бойынша кенді денені карталауға болады. Мысалы, рудалы денеден алыста $|kr| = 0.1$ ал рудалы денеде $|kr| = 100$ (6.3-сурет), ал рудасыз ауданда H_z компоненті H_r көрсеткіші жоғары болады, сол уақытта рудалы денеде кері жағдай бақылануы мүмкін. Қарастырылған H_z және H_r компоненттерінің үйлесімділігі, зерттеулердің тиімділігін

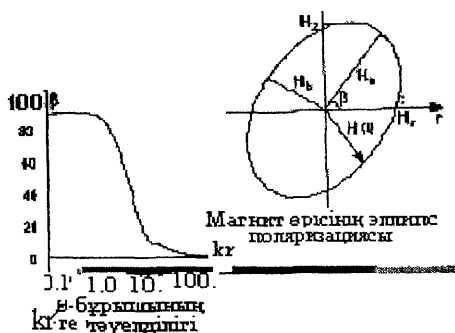
көтереді. H_r жеке өзіне әр түрлі сан аралық қашықтық $|kr|$ қолданылуы мүмкін, ал H_z жеке өзі, $|kr|$ аз бөлігіне тәуелді емес. Сондықтан, ыңғайлы параметр болып $H_z / H_r = h_z / h_r$ $|kr|$ функциясының азайған қатынасы табылады. Бұл қатынас келтірілген кедергіні ρ сипаттайды.



6.3-сурет. H_z және H_r графиктері, рудалық денені профиль бойымен қиып өткен

Шынымен де, график көлемімен әрбір өлшенген H_z / H_r қатысты салыстырылуы мүмкін, содан кейін келтірілген кедергі $\tilde{\rho} = w\mu_0 r^2 / |kr|^2$ формуласы бойынша есептеледі. Келтірілген кедергі электрлік барлаудың басқа әдістеріндегі кедергі сияқты мағына береді. Біртекті жарты ортада $\tilde{\rho}$ таралуда, осы ортада жартылай таралудың нақты кедергісіне тең.

Жиілік және ара қашықтық r зерттеу тереңдігін анықтайды. Тереңдігі r бойымен өсіп, жиілік бойымен төмендейді. Анықтап айтқанда, ол осы 2 санның кішісіне тең ($r/2$ және h_g). ДИП әдісін тұрақты токпен электрлік профильдеу (ЭП) әдісімен салыстырғанда 2 айырмашылығы бар:



6.4-сурет. Магнит өрісінің поляризацияланған эллипсі және β -ның kr -ге тәуелділігі

ДИП әдісімен жұмыс жүргізілетін ауданда жоғары кедергілі таужыныстары тосқауыл бола алмайды.

1) Осыған байланысты іздеу және барлау кезінде жақсы өткізгіш рудалы дене ДИП графиктерінде, ЭП графигіне қарағанда көрнекті және экран асты қабаттарынан мәліметтер алуға болады.

ДИП әдісінде жерге қосылмаған ілмектерді пайдаланып жұмыс жүргізілетін болғандықтан, іздеу мен барлау ауданында кездесетін скарнды және тоңазыған таужыныстары орналасқан жерлердің қабаттарын, автомобильмен самолетпен түсіріп карталауға мүмкіндік береді.

Магнит өрісінің поляризациялану эллипсі. ДИП әдісінде жиі магнит өрісінің поляризациялану эллипс элементі қарастырылады. Егер ортаның құрамы r бағыты бойынша өзгермесе, онда тік магнит диполь гармониялық өрісінде r және z -ке параллель 2 сыңарымен сипатталады.

Осыған сүйеніп, кез келген нүктеде поляризациялану эллипсі көмегімен магнит өрісін сипаттауға мүмкіндік береді.

Айнымалы магнит өрісі кернеулігінің компоненті t уақыт мезетіндегі шамасы $h_r(t)$ және $h_z(t)$ келесі формулаға сәйкес тербеліс амплитудалары арқылы H_z және H_r өрнектеледі:

$$\begin{cases} H_r(t) = H_r \cos(\omega t + \varphi_r) = H_r \cos(\varphi + \varphi_r); \\ H_z(t) = H_z \cos(\omega t + \varphi_z) = H_z \cos(\varphi + \varphi_z). \end{cases} \quad (6.4)$$

Мұндағы $\varphi = \omega t$ – тербеліс фазасы, φ_r және $\varphi_z - r, z$ осі бойынша тербеліс фазасының бастапқы мәні. Бастапқы фаза есебі үшін әдетте, ток көзі фазасына сәйкес келетін 1-ші өрістің тербеліс фазасы қолданылады. (4) – өрнек элементтің параметрлік теңдеуі болып, ол поляризациялану эллипсі деп аталады.

Кез келген t уақыт мезетінде $\varphi = \omega t = \text{const}$ фазасының анықталатын $H_r(t)$ және $H_z(t)$ өріс кернеуліктерінің лездік мәндерін поляризациялану эллипсі сипаттайтын (1- формула) және ω жиілігімен айналатын $H(t)$ векторының кеңістіктегі лездік координаттар ретінде қарастырады. Мұндағы $\vec{I}_r$ және $\vec{I}_z$ -координата осьтері бойынша бағытталған вектор.

Поляризациялану эллипсі нақты H_z , H_r және $\varphi_z = \varphi_r - \varphi$ параметрлерінің көмегімен координата осьтері бойынша өріс компоненталарының амплитудалары және осы фазалар айырмашылығы немесе H_α , H_β және β параметрлері көмегімен (эллипстің жарты осьпен және үлкен жарты осьте еңкею бұрышы) өрнектеледі. 1-ші параметрлер 2-ші параметрлермен келесі қатынаспен байланысқан:

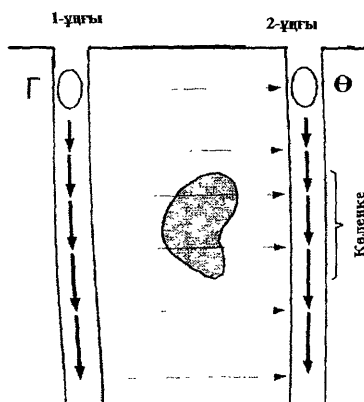
Көбінесе қарастырылып отырған тәсіл тек бір параметрді β ақырындап анықтайды, өйткені ол кенді денелерді табуға және шектеуге мүмкіндік береді. Шынымен де, $H_r \geq H_z$ (алыс зона кезінде) $\beta = 0^\circ$, ал $H_r \leq H_z$ (жақын зона) кезінде $\beta = 90^\circ$. 1-ші зонадан 2-ші зонаға өткенде β ақырындап өзгереді (6.5-сурет).

Осылайша кенді ауданда β - нің шамасы аз, ал кенсіз ауданда көп шамаға сәйкес келеді. Бұл жағдайда β H_z / H_r қатынасына эквивалентті.

$$\begin{cases} H_z^2 = H_a^2 \cos^2 \beta + H_b^2 \sin^2 \beta \\ H_z^2 = H_a^2 \sin^2 \beta + H_b^2 \cos^2 \beta \\ \operatorname{tg} \varphi_{\pi} = \frac{H_b}{H_a} (\operatorname{tg} \beta + \operatorname{ctg} \beta) / \left(1 - \frac{H_b^2}{H_a^2} \right) \end{cases} \quad (6.5)$$

H_a , H_b және β қабылдау рамкасын өлшеу үшін z және r осьтерімен тұрақты жазықтықта бағытталған нормальды өз осьтерінен айналдырады. Бұдан рамканың сигналдық максималды дәрежесіне жауап беретін орнын табамыз.

Бұл жағдайда рамкаға нормаль және көлденең арасындағы бұрыш β -ға тең, ал сигналдың өзі H_a -ы береді. Содан кейін рамканы 90° -қа бұрып H_b -табады.



6.5- сурет. Параллель бақылау схемасы

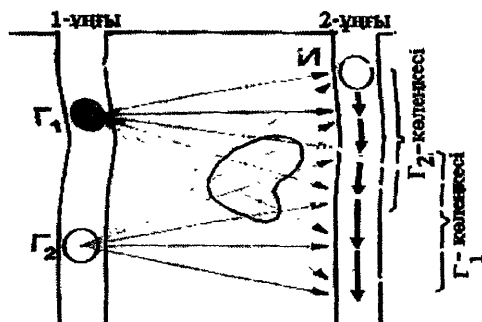
H_z және H_r компоненттерін өлшеуге қарағанда β -ні өлшеу біршама артықшылықтар қатарына ие. Біріншіден β

көбінесе қарастырылып отырған тәсіл тек бір параметрді β анықтайды.

Әдістеме аспаптарға аз талаптар қойылады. Генератордың тұрақсыздығы және өлшеу тәсілінің әр түрлілігі қауіпсіз. Себебі, компонент шамалары емес, олардың арақатынасы өлшенеді.

6.4. РТС әдістемесі және негізгі теориясы

РТС әдісі — электрлік барлаудың жерасты әдісіне жатады. Ұңғыма аралық кеңістіктегі кенорындарын зерттеуге негізделген. РТС-та жоғарғы жиілікті (0,15–40 МГц) қолданылады. Осының арқасында электромагниттік өрістің таралу процесін сипаттау үшін геометриялық оптика заңын қолданылады. Соған тән РТС-ті қолдану, мысалы болып ұңғыма арасында орналасқан рудалы денені шектеу және іздеуге болады. 1 ұңғымада — генераторлы антенна, 2-ші ұңғымада — өлшеуіш антенна орналасқан.



6.6-сурет. Антенналы генератормен параллель бақылау схемасы

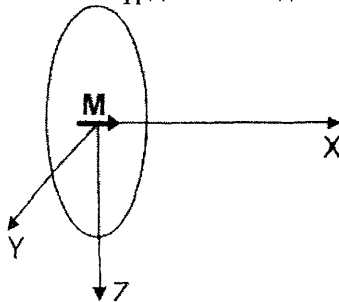
Дұрыс бақылау схемасын қолданғанда бекітілген жағдайда ауыстырып, ал өлшеуіш ұңғыма бойынша араласады. Антенналы генератордан өлшеуішке бағытталған сәуле кенді қиып өтетін аудандарға сигнал қарқындылығын минимумы сәйкес келеді. (6.7- суреттегі Γ_1 және Γ_2). Бақылаудың параллельді

схемасын қолдану кезінде генераторлы және өлшеуге арналған антенна синхронды ауысады. Мұндай бақылау схемасы аз ақпаратты, бірақ өнімді.

РТС әдісімен өрісті өлшеу, яғни өрістің құрылымын анықтауда электрлік және магниттік антеннаны қолдану. Осылайша ДИП және РТС әдісінде өрісті өлшеу, оны туындату тәсіліне байланысты өтеді.

РТС-та қолданылатын жиілікте токтың ығысуы басым. Өрістің құрылымы және сипатына тығыздық σ ғана әсер етпейді, диэлектрлік өтімділік ε сонымен қатар, толқындық санды k -ны толығымен қарастыру қажет. РТС әдісінде антенналы генератор жер бетінде ғана емес, ұңғымада орналасқан, РТС-тің теориясының негізгіне біртекті ортада, жоғарғы жиіліктегі гармониялық диполь өрісін шешудің төте есебі жатады.

Қоректендіруші магнит диполі жүйенің координата басында орналасқан, ал оның моменті ось x -ті бойлай бағытталған (6.7-сурет), онда магнит өрісінің компоненті H_x кез келген нүктеде мына түрде жазылады:



6.7-сурет. РТС әдісіндегі антенналы генератор

Жақын зонаға жуықтау деп есептейміз. Аналогиялық асимптотика алыс зонада $(|kr| \gg 1) H_x = k r e^{-kr}$ -ны береді. Магниттік санның H_x модулінің есеп нәтижесі 6.8-суретте келтірілген. Жақын зонада H_x тұрақты мәнді қабылдайды.

Ұңғымалар арасындағы ара қашықтық 50–800 м-ді құрайды, ал РТС-та қолданылатын жиілік жоғары болады, яғни әдеттегідей өріс алыс зонада өлшенеді. Дегенмен H_x мөлшері – а, сол себепті H_x алыс зонада k_{Γ} -дің өсуіне байланысты шұғыл төмендейтін болады (6.4-сурет) олай болса ортаның өтімділігі жоғарылаған жағдайда, Γ -ның өсуіне бірден-бір әсер ететін, соңғы нәтижесінде H_x – ті төмендететін болады. Мұны 6.7, 6.6-сурет рудалық дене артында көлеңке туындатады.

РТЖ әдісінің негізгі кемшілігі – оны жоғары кедергілі таужыныстарымен араласқан ауданда ғана қолдану.

6.5. ДЭМП – СЧ аппаратурасы

Өлшеуіш және генераторлы ДЭМП-СЧ 20, 40, 80, 160, 320, 640 және 1280 кГц жиіліктегі жұмысқа арналған. Зертханалық жұмыста 160 кГц жиілік қолданылады.

Генератор ДЭМП-СЧ негізгі 5 блоктардан құралады: кварцты генератор, жұмысқа қосылу схемасы, тригермен жиілікті бөлгіш блогы, алдын ала кең жолақты күшейткіш пен қуатты күшейткіш. Кварцты генератор 2560 кГц тіректі жиілікте сигнал шығарады. Оның шығуында кернеу схемаға түсіп, ол сигнал күшейеді. Тригер бөлгішінен шығу алдында, алдын ала кең жолақты күшейткіште жұмыс жиілігінің сигналы күшейеді. Өлшеуіш ДЭМП-СЧ қабылдау диполінде сигналдарды тіркеуге арналған. Ол 6 блоктан тұрады: жұмыс жиілігін алдын ала күшейтуі, сыртқы генератор, детектор және индикатор. Өлшенген сигнал алдын ала күшейткішпен күшейтіліп, екінші сигнал (19, 84375, 39, 6875, 79, 375, 158,75, 317,5 және 1270 кГц) сыртқы генератордан араластырғышқа беріледі.

Кейбір терминдердің түсіндірме сөздігі

АМПЛИТУДА -- толқындардың ең жоғарғы не төменгі тербеліс шегі, яғни толқын жотасының биіктігі немесе оның ойысының тереңдігі.

АНОМАЛИЯ-АНОМАЛИЯ Белгілі бір құбылыстың қалыпты жағдайдан ауытқуы деген ұғымды білдіретін термин.

АНАЛИЗ – талдау. Геофизикалық мағлұматтарды әр түрлі тәсілдермен талдау.

ЭЛЕКТРЛІК АНОМАЛИЯ – электромагниттік өріс мәнінің сол нүктеде қалыпты өріс мәні шамасынан ауытқуы.

ГЕОЭЛЕКТРЛІК ҚИМА – Қимадағы таужыныстары мен руданың электрлік, электромагниттік қасиеттерімен сипатталуы деп түсінуге болады.

ГРАДИЕНТ– векторлық шама физикалық дененің, белгілі бір бағыттағы жылдамдық өзгерісін, сипаттайтын.

ГОДОГРАФ – теллурлық годограф, Е; Магниттік годограф, Н – векторларының соңғы нүктесімен, біраз уақыт аралығында сызылатын қисық.

ДИЭЛЕКТРЛІК ТҰРАҚТЫЛЫҚ – материалға электр өрісі әсер еткенде электр зарядын сақтау қабілетінің өлшемі.

ДИАГРАММА – ДИАГРАММА. Геофизикалық өрістердің геологиялық қабаттармен байланыстарын сипаттайтын сандық көрсеткіштерді, сызбалық түрде кескіндеу нәтижесінде алынған нұсқалар.

ДИАПАЗОН – ДИАПАЗОН. Өлшенетін геофизикалық шамалардың аумағы.

ДИПОЛЬ – ДИПОЛЬ. (Қосөріс) Бір-бірімен тым жақын орналасқан тең мөлшерлі зарядтары бар, әр түрлі таңбалы екі нүктелік өріс жүйесі. Шымыр жыныстармен қалқанған мұнайгаз шоғыры.

Инверсия – Бір құбылыстың керісінше айналуы немесе айналы бейне.

Интерполяция – Бірқатар өлшенген шамалар бойынша олардың аралық мәндерін табу.

Интерпретация – интерпретация, талдау түсіндіру. Геофизикалық мағлұматтарды геологиялық тұрғыдан тұжырымдау.

Импульс электрический – Кернеуліктің немесе токтың, кейбір тұрақты. Импеданс – электрлік, толқындық кедергі, (толық кедергі сияқты) шамадан қысқа мерзімдік ауытқуы.

Плазма – электрондардан, протондардан, атом қалдықтарынан тұратын тұтас, ұдайы өзгерісте болатын орта.

Потенциал – физикалық өрістердің (электр, магнит гравитация) немесе жалпы физикалық шамалардың векторлық өрістерін сипаттайтын шама.

Поляризация – ортада өзара байланыста болатын электр зарядтарының реттеліп орналасқан бағыты, әр түрлі жағдайлармен анықталады.

Поле нормальное – Біртекті изотропты ортадағы нүктелік ток көзінің өрісін қалыпты өріс деп атайды.

Скин-эффект – (беттік эффект) Айнымалы токтан туындаған электромагниттік өрістің геологиялық қимамен біркелкі таралмауы. Жоғарғы жиіліктегі өрістер геоэлектрлік қиманың жоғарғы қабаттарынан мәліметтер әкелсе, төменгі жиіліктегі өрістер геоэлектрлік қиманың терең қабаттарынан мәліметтер береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Жданов М.С. Электроразведка. Учебник для вузов. -М.: Недра. 1986. 316 с.
2. Якубовский Ю В., Ренард И.В. Электроразведка. 3-е изд. М.: Недра. 1991.
3. Хмелевской В. К. Основной курс электроразведки. 2. изд. Ч.1. М.: Изд-во МГУ. 1984. 300 с.
4. Хмелевской В.К. Основной курс электроразведки. Ч.1. М.: Изд-во МГУ. 1970. 245 с.
5. Нұрмағамбетов Ә. Нүсіпов Е. «Геофизикалық барлау әдістерінің негіздері» Оқу құралы. Алматы: «Ғылым» ғылыми баспа орталығы, 2003. 280 б.
6. Электроразведка. Справочник геофизика. М.: Недра. 1989.
7. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (Петрофизика): Справочник геофизика М.: Недра. 1984.
8. Хмелевской В.К. Основной курс электроразведки. Ч.2. М.: Изд-во МГУ. 1970.
9. Дахнов В.Н. Электрическая разведка нефтяных и газовых месторождений. М.: ГОСТОПТЕХИЗДАТ. 1953. 497 с.
10. Электроразведка: Справочник геофизика. Кн.1,2. М.: Недра. 1980.
11. Бердичевский М.Н., Жданов М.С. Интерпретация аномалий переменного электромагнитного поля Земли. М.: Недра. 1981.
12. Электроразведка. Справочник геофизика. Кн.1,2. М.: Недра. 1979. 518 с.
13. Матвеев Б.К. Электроразведка при поисках месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1982.
14. Бобровников Л.З., Орлов Л.И., Попов В.А. Полевая электроразведочная аппаратура: Справочник. М.: Недра, 1986.
15. Якубовский Ю.В., Ляхов Л. Л. Электроразведка. 3-е изд. М.: Недра. 1974, 376

16. Әлмұханбетов Ж.Ә. Электробарлау. Оқу құралы – Алматы: 1999.
17. Корниенко В.П. Руководство к практическим занятиям по электроразведке: Учеб. пособие. – М.: Недра 1980.
18. Нұрмағамбетов Ә. Нүсіпов Е. «Геофизикалық барлау әдістерінің негіздері». Оқу құралы. Алматы: «Ғылым» ғылыми баспа орталығы, 2003. – 280 б.
19. Әлмұқанбетов Ж. Электромагниттік зондылау. Алматы: Қазақ академия баспасы, 1972.
20. Электроразведка. Справочник геофизика. М.: Недра, 1980.
21. Семенов А.С. Электробарлау. «Табиғи электр өрісі әдісі». М. Недра 1981.
22. Якубовский Ю.В. Электрлік барлау. М.: Недра 1973, 1978.
23. Физические свойства горных пород полезных ископаемых. М.: Недра. 1980.
24. Электрлік барлау. Анықтама М.: Недра жер 1980.
25. Бобровников Л.З. и Полевая электроразведочная аппаратура. М.: Недра 1986.
26. Бердичевский И.М. Магнитотеллурлық профильдеу әдісімен электрлік барлау т.б. 1968 ж.
27. Пылаев А.М. Тік электрлік зондылау материалдарын талқылау жөніндегі нұсқау. Жер 1968.
28. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). Справочник геофизика – М.: Недра, 1984.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	3
1	ТҰРАҚТЫ ТОКПЕН ЖҰМЫС ІСТЕУГЕ	
	АРНАЛҒАН ЭЛЕКТРЛІК БАРЛАУ ӘДІСТЕРІ.....	8
1.1.	Электрлік барлау әдістері	8
1.2.	Тұрақты электр өрісі	13
1.3.	Дипольдің электр өрісі	19
2.	КЕДЕРГІ ӘДІСТЕРІНІҢ ТОБЫ	23
2.1.	Кедергі әдістері туралы жалпы түсініктер	23
2.2.	Электрлік профильдеу әдісі	26
2.3.	AMNB симметриялық қондырғымен профильдеу.....	33
2.4.	Екі өлшемді симметриялық AA' MN B' B қондырғысымен профильдеу	38
2.5.	Жермен тұйықталған, қозғалмайтын AB электродтарымен профильдеу.....	40
2.6.	Құрастырып (ұластырып) профильдеу.....	45
2.7.	Дипольдік профильдеу	48
2.8.	Шеңбер бойымен айналдырып профильдеу. (ρ_k полярлық диаграммаларды түсіру)	52
2.9.	Электрлік профильдеу әдісінің мәліметтерін интерпретациялау	56
2.10.	Тік электрлік зондылау – ТЭЗ (ВЭЗ).....	61
2.11.	ТЭЗ мәліметтерін теориялық қисық сызықтар палеткасымен салыстырып талдау және нәтижелерін бейнелеу.....	71
2.12.	Заряд немесе зарядталған дене әдісі.....	80
3.	ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ӨРІСТЕР.....	88
3.1.	Табиғи электр өрісі (ЕП) әдісі	88
3.1.2.	Диффузиялық өріс	93
3.1.3.	Сүзілу (фльтрация) өрісі.....	94
3.1.4.	Уақытқа тәуелді өзгертін өріс.....	98
3.1.5.	Дала жұмысының әдістемесі мен техникасы.....	99
3.1.6.	Потенциал тәсілімен түсіру.....	101
3.1.7.	Градиент тәсілімен түсіру.....	103
3.1.8.	Нәтижелерін өңдеу және талдап бейнелеу.....	105

3.1.9.	Табиғи өріс (ЕП) әдісін геологиялық мақсаттарда қолдану.....	110
3.10.	Жасанды поляризация ЖП (ВП) әдісі	111
3.10.1.	Дала жұмысының технологиясы	123
3.10.2.	Бақылау нәтижелерін өңдеу және талдау (интерпретациялау)	125
3.10.3.	Поляризацияланған қисықтардың контакт тәсілі	142
3.10.4.	ЖП әдісінің қолданылуы	146
4.	АЙНЫМАЛЫ ТОКПЕН ЖҰМЫС ІСТЕУГЕ АРНАЛҒАН ӘДІСТЕР.....	149
4.1.	Айнымалы электромагниттік өріс теориясынан түсінік	149
4.1.1.	Уақытқа тәуелді косинус заңымен өзгеретін гармониялық және импульстік өрістер	153
4.1.2.	Айнымалы электромагниттік өрістің негізгі сипаттамасы	154
4.1.3.	Жасанды электромагниттік өрістерді туындату тәсілдері.....	159
4.1.4.	Электрлік және магниттік дипольдерге түсініктеме ..	161
4.2.	Электромагниттік зондылау.	162
4.2.1.	Жиілікпен зондылау әдісі.	163
4.2.2.	Біртекті ортадағы қалыпты өрістер	165
4.2.3.	Дала жұмыстарының методикасы	170
4.2.4.	Өріс қабылдағыштар (датчиктер)	172
4.2.5.	ЖЗ әдісінің қондырғы түрлері	173
4.2.6.	ЖЗ мәліметтерін өңдеу және талдау	176
4.2.7.	ЖЗ әдісінің қисықтарын талдау	179
4.3.	Электромагниттік өрісті қалыптастырып зондылау... ..	184
4.3.1.	Электромагниттік өрісті қалыптастырып зондылау (ӨҚЗ) әдісі	184
4.3.2.	Жақын және алыс зоналар	190
4.3.3.	Жақын зонада өрісті қалыптастырып зондылау	194
4.3.4.	ӨЖҚЗ мәліметтерін өңдеу мен талдау	199
4.3.5.	Қиманың жалпы параметрлерін анықтау.....	201
4.4.	Магнитотеллурлық зондылау МТЗ әдісі.....	206
4.4.1.	Магнитотеллурлық өріс	208

4.4.2.	Дала жұмыстарының әдістемесі	214
4.4.3.	МТЗ нүктелеріндегі жұмыс технологиясы	215
4.4.4.	МТЗ өрісінің мәліметтерін өңдеу.	217
4.4.5.	МТЗ қисықтарын интерпретациялау	221
4.4.6.	МТЗ қисықтарын қалыптастыру және талдау.....	223
4.4.7.	Сандық интерпретациялау	226
5.	ИНДУКТИВТІК ӘДІСТЕР	229
5.1.	Индуктивтік профильдеу.....	230
5.2.	Дала жұмыстарының технологиясы	237
5.3.	Индукциялық зондылау. Индукциялық зондылау әдістері және мағынасы.....	239
5.4.	Тік бұрышты ілмекпен тік индуктивтік зондылау.....	241
5.5.	ИКС -1 және ИМА -1 микровольтметрлерімен зондылау.....	241
5.6.	Индукциялық жарықтандыру	245
5.7.	Электромагниттік зондылаудың мәліметтерін сапалық талдау.....	246
5.8.	Электромагниттік зондылау мәліметтерімен геологиялық-геофизикалық сандық талдау	247
6.	РАДИОТОЛҚЫНДЫҚ ӘДІСТЕР	249
6.1.	Радиотолқынмен жарықтандыру әдісі.....	249
6.2.	Дипольдік индуктивтік профильдеу және радиотолқынмен жарықтандыру.....	249
6.3.	ДИП – әдісінің негізгі теориясы және әдістемесі	252
6.4.	РТС әдістемесі және негізгі теориясы.....	260
6.5.	ДЭМП – СЧ аппаратурасы	262
	Кейбір сөздердің түсіндірме сөздігі	263
	Әдебиеттер тізімі.....	265

Оқулық басылым

Габдильжапар Габдулхамитұлы Самарханов

ЭЛЕКТРЛІК БАРЛАУ ӘДІСТЕРІ

Оқу құралы

РБ бастығы

Редакторы

Компьютерде беттеген

З.А. Губайдулина

А.И. Бейсебаева

Л.Т. Касжанова

Басуға 31. 12. 2010 ж. қол қойылды.

Пішімі 60/84 1/16. №1 баспаханалық қағаз. Шартты баспа табақ 15,6.

Көлемі 16,8 есепті баспа табақ. Таралымы 500 дана.

Тапсырыс №1016. Бағасы келісімді.

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық
университетінің басылымы,

Қаз ҰТУ-дың Ғылыми – техникалық баспа орталығы.

Алматы, Ладыгин көшесі-32